

Universitat de Lleida

Repoblación y gestión forestal en España desde el siglo XIX hasta la actualidad. Estudio de su desarrollo, fases históricas y resultados

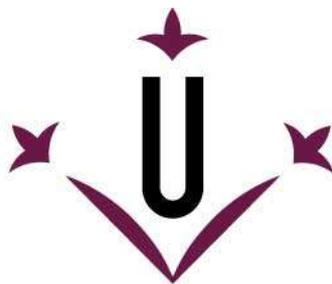
Enric Vadell Guiral

<http://hdl.handle.net/10803/675509>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Universitat de Lleida

TESI DOCTORAL

**Repoblación y gestión forestal en España desde el
siglo XIX hasta la actualidad. Estudio de su desarrollo,
fases históricas y resultados**

Enric Vadell Guiral

Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la Universitat de Lleida
Programa de Doctorat en Gestió Forestal i del Medi Natural

Directors

Dr. Jesús Pemán García

Dr. Sergio de Miguel Magaña

Tutor

Dr. Jesús Pemán García

2021

*Al Doctor Vadell,
el de veritat,
el meu pare.*

Agraïments

Si en aquest llarg viatge que ha estat aquesta tesi he de fer un agraïment sincer, aquest és als professors, i *mestres*, del Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal de l'ETSEA. Quan hi vaig aparèixer ja farà uns quants anys, tants que fa vergonya escriure'ls, amb la intenció de cursar el doctorat, lluny de desanimar-me, em van donar el seu suport. Recordo les converses amb Álvaro Aunós i Ricardo Blanco per tal de centrar una tema per la tesi. Finalment va ser Jesús Pemán, ànima inquieta en els afers forestals, qui va accedir a tutorar els meus estudis al voltant de la història forestal, especialment de les repoblacions. Cada viatge seu a Madrid suposava nova documentació, rescatada de la foscor i l'òblit dels arxius d'altres èpoques, però que expliquen molt bé no només la història forestal sinó la realitat forestal actual. Aquesta visió històrica que té del món forestal li dona un valor a la seva docència que transmet a tots aquells que hem estat alumnes seus. La segona figura capdal per arribar a bon port ha estat Sergio de Miguel, amic, company d'aventures, que s'ha llaurat una carrera científica de primer nivell lluny de casa per tornar a l'ETSEA a dirigir la meva tesi, encara que ell no en sigui conscient, era el destí Sergio.

En tot aquest temps hi hagut temps per casar-se, tenir un fill i una filla, que no acaben d'entendre que el seu pare encara estudiï, i als quals agraeixo la seva paciència durant aquest temps, els dec unes quantes hores de joc.

I a qui més he d'agrair la tesis, és sens dubte al meu pare i a la meva mare, els quals sempre ens van inculcar als quatre germans el valor de l'esforç i la constància, "sin prisa però sin pausa" sempre deia la meva mare, tot i que potser en aquest cas he tingut poca presa i moltes pauses. Al meu pare li hagués fet molta il·lusió veure aquesta tesis finalitzada, va anar de poc, per això li dedico a ell, el veritable Doctor Vadell.

CONTENIDO

<i>Resumen</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iv</i>
<i>Resum</i>	<i>v</i>
1. Introducción	9
1.1. Motivaciones históricas de las repoblaciones forestales.....	9
1.2. Factores que condicionan la repoblación	14
1.3. Los planes de repoblación forestal en España desde finales del siglo XIX.....	16
1.4. Las repoblaciones en los inventarios y mapas forestales.	18
1.5. Evolución de la gestión forestal	19
2. Objetivos	27
3. Resultados	33
<i>Chapter 1. Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: a historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics</i>	<i>33</i>
Abstract	33
1. Introduction.....	34
2. Materials and methods	36
3. Results	38
4. Discussion.....	46
5. Conclusions.....	55
<i>Capítulo 2. La repoblación forestal en España: las especies utilizadas desde 1877 a partir de las cartografías forestales</i>	<i>63</i>
Resumen.....	63
1. Introducción	64
2. Material y métodos	66
3. El uso de las especies forestales en el tiempo	68
4. El uso de las especies forestales a través de la cartografía forestal	72
5. Características del uso de las especies forestales.....	74
6. Conclusiones.....	83
<i>Capítulo 3. La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra</i>	<i>93</i>
Resumen.....	93

1. Introducción	94
2. Material y métodos	94
3. Resultados y discusión	95
4. Conclusiones.....	110
<i>Chapter 4. Historical development of forest management and practice in Spain</i>	<i>115</i>
Abstract	115
1. Introduction.....	116
2. Materials and methods	118
3. Results	120
4. Discussion.....	138
5. Conclusions.....	143
4. Discusión	155
4.1 Evolución histórica de las repoblaciones en su contexto social y político.....	155
4.2 Las especies utilizadas en relación al objetivo de las repoblaciones.....	159
4.3 Las políticas adoptadas frente los factores que condicionan las repoblaciones	161
4.4. Lecciones aprendidas frente iniciativas de repoblación a gran escala.	164
5. Conclusiones.....	173

Resumen

La humanidad se ha caracterizado por su capacidad de transformar los usos del suelo en beneficio de su supervivencia y desarrollo. Los procesos de deforestación para la transformación de tierras agrícolas o para la obtención de leñas y madera han sido profundamente estudiados. El proceso contrario, el de la repoblación o forestación, no se ha dado a gran escala hasta la época moderna, con objetivos económicos, sociales o ambientales. El objetivo principal de la tesis doctoral es analizar las repoblaciones forestales realizadas en España desde final del siglo XIX a través de las principales variables que explican cómo se han desarrollado. El ejemplo de España es un caso de repoblaciones a gran escala, del cual no se han dado muchos casos en el mundo. Se ha estudiado la génesis de las repoblaciones, su desarrollo y ejecución territorial, y su influencia sobre el paisaje y la gestión forestal.

En base a las repoblaciones realizadas se han identificado tres períodos: i) desde 1877 hasta 1939; ii) desde 1940 hasta 1984; iii) desde 1984 hasta la actualidad. El primer período no destacó por el volumen de las repoblaciones, pero sentó las bases ideológicas de las repoblaciones. El segundo período fue el más prolífico, con los factores limitantes de la disponibilidad de tierra y el presupuesto. El último período se caracteriza por el protagonismo del Programa de Forestación de Tierras Agrarias de la UE (Capítulo 1). Las especies más utilizadas han sido los pinos autóctonos, y a partir de 1993 se generaliza el uso de frondosas, especialmente las del género *Quercus*, gracias al Programa de Forestación de Tierras Agrarias. Las especies exóticas se han utilizado con fines productivos, sobre todo los eucaliptus, y el pino de Monterrey (*Pinus radiata*) (Capítulo 2). El Programa de Forestación de Tierras Agrarias ha supuesto un cambio ideológico, ya que el objetivo principal no era forestal, y ha tenido impacto sobre los propietarios privados. Su impacto sobre el paisaje ha sido limitado por la reducida superficie media de las forestaciones (Capítulo 3). Las principales prácticas forestales han evolucionado gracias a los avances tecnológicos, como el uso de la maquinaria o la preparación del suelo, por motivos legales como el uso de agentes químicos y otros se han mantenido estables a lo largo del tiempo como los métodos de regeneración, los turnos o los tratamientos silvícolas (Capítulo 4). En un contexto de cambio global dónde las repoblaciones se erigen como solución a la fijación de carbono, los resultados pueden ayudar a la planificación de repoblaciones a gran escala.

Palabras clave: repoblación, forestación, restauración forestal, plan de repoblación, usos del suelo, prácticas forestales, cartografías forestales

Abstract

Humankind has been characterised by its capacity to transform land uses for its benefit, survival and development. The processes of deforestation for the transformation of agricultural land or for firewood and timber harvesting have been extensively studied. The opposite process, reforestation or afforestation, has not occurred on a large scale until modern times, with economic, social and/or environmental objectives. The main objective of this thesis is to analyse the reforestation carried out in Spain since the end of the 19th century together with the related challenges and development of forest management practice through key indicators describing their evolution. The example of Spain is a paradigmatic case of large-scale reforestation, of which so far there have been a limited number of cases worldwide. The genesis of afforestation, its development and territorial implementation, and its influence on the landscape and forest management have been studied.

Three main periods have shaped the historical large-scale reforestation process: i) from 1877 to 1939; ii) from 1940 to 1984; iii) from 1984 to the present day. The first period was not remarkable in terms of the amount of reforested area, but it established the ideological basis for afforestation. The second period was the most prolific, with the limiting factors of land availability and budget. The last period is characterised by the Programme for the Afforestation of Agricultural Lands (Chapter 1). The most widespread species used have been native pines and, from 1993 onwards, hardwoods became widespread thanks to the Programme for the Afforestation of Agricultural Land, especially the genus *Quercus*. Exotic species have been used for productive purposes, especially eucalyptus and Monterey pine (*Pinus radiata*) (Chapter 2). The Farmland Afforestation Programme was an ideological change, as the main objective was not forestry, and it had an impact on private agricultural landowners. Its impact on the landscape has been limited by the small average area of afforestation (Chapter 3). As a result of the historical socioeconomic and forest development in Spain, forest management has been progressively adapted to meet societal demands. The main forestry practices have developed as a result of technological advances, such as the use of machinery or soil cultivation, for legal reasons such as the use of chemical agents, and others have remained unchanged over time, such as regeneration methods, tree maturity or cutting regimes (Chapter 4). In a context of global change where afforestation is emerging as a solution to carbon sequestration, the results of this PhD thesis can help in the planning of large-scale afforestation.

Keywords: reforestation, afforestation, forest restoration, reforestation planning, land-use, forest management practice, forest mapping

Resum

La humanitat s'ha caracteritzat per la seva capacitat de transformar els usos del sòl per al seu sosteniment i progrés. Els processos de desforestació per a la transformació de terrenys agrícoles o per proveir-se de llenya i fusta s'han estudiat en profunditat. El procés invers, el de la repoblació o aforestació, no ha succeït a gran escala fins l'època moderna, amb objectius econòmics, socials o ambientals. L'objectiu principal de la tesi és analitzar les repoblacions forestals realitzades a Espanya des de final del segle XIX estudiant les principals variables que expliquen el seu desenvolupament. L'exemple d'Espanya constitueix un cas de repoblacions a gran escala, del qual no hi ha gaires casos a nivell mundial. S'ha estudiat la gènesi de les repoblacions, el seu desenvolupament i execució al territori, i la seva influència sobre el paisatge i la gestió forestal.

En relació a les repoblacions realitzades s'han identificat tres períodes: i) des de 1877 fins 1939; ii) des de 1940 fins 1984; iii) des de 1984 fins el present. El primer període no va destacar pel volum de repoblacions, però va generar les bases ideològiques de les repoblacions. El segon període va ser el més exitós, amb la disponibilitat dels terrenys i els pressupostos com factors més limitants. En l'últim període el Programa d'Aforestació de Terres Agrícoles de la UE va ser el protagonista (Capítol 1). Les espècies més utilitzades van ser els pins autòctons, i a des de 1993 es va generalitzar l'ús de les frondoses, sobretot les del gènere *Quercus*, degut al Programa d'Aforestació de Terres Agrícoles. Les espècies exòtiques es van utilitzar amb finalitats productives, destacant els eucaliptus, i el pi insigne (*Pinus radiata*) (Capítol 2). El Programa d'Aforestació de Terres Agrícoles va implicar un canvi ideològic, l'objectiu principal ja no era forestal, y va tenir impacte sobre la propietat privada. La seva influència sobre el paisatge ha estat limitada perquè la superfície mitjana de les repoblacions és reduïda (Capítol 3). Les principals pràctiques forestals han evolucionat gràcies als avenços tecnològics, com l'ús de la maquinària o la preparació del sòl, per motius legals com l'ús de substàncies químiques, y altres s'han mantingut estables com els mètodes de regeneració, els torns o els tractaments silvícoles (Capítol 4). En un context de canvi global on les repoblacions semblen una solució per a la fixació de carboni, els resultats poden ajudar a la planificació de repoblacions a gran escala.

Paraules clau: repoblació, aforestació, restauració forestal, pla de repoblació, usos del sòl, pràctiques forestals, cartografies forestals

1.- INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1. Motivaciones históricas de las repoblaciones forestales

La aparición de la agricultura en el neolítico ha sido uno de los avances tecnológicos que más ha condicionado el desarrollo de la humanidad. El adquirir la capacidad de producir la alimentación, permitió a los grupos humanos abandonar la vida nómada y establecer comunidades en las que se gestó la estructura social que hemos conocido hasta nuestros días. Este proceso de sustitución de comunidades vegetales, estudiado en profundidad por diversos autores (García 2002; Stenvenson y Harry 1992; Carrion et al. 2001), se basó en el aprovechamiento del recurso tierra, que a medida que las poblaciones crecían se hacía más necesario. Por tanto, el uso de este recurso para la agricultura se fue arrebatando paulatinamente a otros usos naturales de la tierra, como los pastizales, las zonas húmedas y los bosques, cambiando de esa manera el paisaje forestal.

No obstante, era vital para la supervivencia mantener cierto equilibrio entre los diferentes usos, ya que los bosques también han sido necesarios para obtener materias primas como la madera o combustibles como las leñas (Ferme y Huerta 2014; Obea et al. 2011) que fueron los predominantes hasta bien entrada la época moderna. Cuánto más aumenta la población, sobretodo en economías de subsistencia, más presión se produce sobre el bosque, ya que más superficie agrícola se necesita y mayor cantidad de leñas se demandan. Es evidente pues, que para poder repoblar antes se debe producir un proceso de deforestación por causas antrópicas o naturales, y que este obedece a diferentes causas en función del territorio dónde se produce (Allen y Barnes 1985; Bauer 1980). La Real Academia Española define deforestar como la acción de despojar un terreno de plantas forestales, y podríamos encontrar al largo de la historia tantas motivaciones para deforestar como usos de la tierra ha necesitado la humanidad.

Los procesos de reforestación y forestación no se han estudiado de una forma tan amplia como las deforestaciones y los cambios en las formaciones vegetales. Los estudios existentes se han centrado más en los aspectos técnicos, ecológicos y los políticos se han centrado en los países en desarrollo (Malther 1993; Clement y Amezaga 2009). La diferencia entre el uso de los términos reforestación y forestación radica en el uso de la tierra previo a la instalación de una masa forestal. En el *World symposium on man-made forests and their industrial importance* (FAO 1967) se definió forestación como el “establecimiento artificial de bosques en terrenos que previamente (dentro de la

memoria de una generación o 50 años) no sostenían bosques”. Parecida es la definición que recoge la Ley de Montes de 2003 al considerar la forestación como la “replacación, mediante siembra o plantación, de un terreno que era agrícola o estaba dedicado a otros usos no forestales”. Por otro lado, en el citado simposio se definió la reforestación como el “establecimiento artificial de bosques en terrenos que previamente sostenían bosques, reemplazando la masa previa por otra de diferente producción”. Este último matiz sobre el objetivo de la nueva masa forestal creada no se ha tenido en cuenta en las definiciones más actuales, como la actual Ley de Montes, que define la reforestación como la “reintroducción de especies forestales, mediante siembra o plantación, en terrenos que estuvieron poblados forestalmente hasta épocas recientes, pero que quedaron rasos a causa de talas, incendios, vendavales, plagas, enfermedades u otros motivos”. Para estos dos términos, el Diccionario Forestal (SECF 2005) coincide con lo dispuesto en la legislación básica forestal.

Aunque en España a partir de mediados del siglo XVIII se empieza a tomar conciencia de la necesidad de mantener los bosques, y también de repoblar, no es hasta la segunda mitad del siglo XIX cuando la restauración de los bosques pasa a ser un tema de debate en la agenda política, social y económica (Urteaga 1987; GEHR 2002). Esta necesidad se enmarca en el contexto de las preocupaciones regeneracionistas (González 2014; González 1913; Mallada 1989; Costa 1912) que conecta de forma estrecha la redefinición de identidad nacional con una nueva mirada hacia la naturaleza y el paisaje (Álvarez 2013). Y es este el periodo al que se ha prestado más atención en el estudio de las repoblaciones en España, desde la segunda mitad del siglo XIX, tanto por ser del que se dispone de más datos, como el más importante en cuanto a repoblaciones realizadas.

Es importante conocer cuáles son las motivaciones que llevan a una sociedad a repoblar parte de su territorio, para poder entender los procesos que los han conducido. En el caso de España, la coincidencia de una serie de necesidades propició el fenómeno repoblador en el periodo estudiado, destacando las siguientes:

a) Protección frente la erosión.

Los procesos de deforestación y el uso intensivo de la tierra en España provocaron que los fenómenos erosivos se incrementaran hasta el primer tercio del siglo XX. El clima mediterráneo con lluvias torrenciales, facilitó grandes arrastres de tierras y avenidas. En las zonas montañosas con presencia de cuencas torrenciales, con grandes cabeceras receptoras, y pendientes pronunciadas, la deforestación para el aprovechamiento ganadero puso al descubierto grandes zonas de terrenos sueltos. Ximénez de Embun y Ceballos

(1938) estiman en su Pla de Repoblación Forestal de España que es necesario repoblar 3,5 M ha por motivos de protección frente la erosión.

b) Producción de materias primas.

Las materias primas de origen forestal son diversas. La más común es la madera, que en la Península Ibérica encuentra buenas estaciones en áreas geográficas cercanas al mar y con clima suave, como son la cornisa cantábrica, zonas del suroeste, y riberas de ríos dónde las especies de ribera como el chopo adquieren crecimientos importantes. Más allá de la madera existen productos que han tenido importancia en épocas recientes, como la resina en zonas de la Meseta, los piñones, o productos de ámbito de producción restringida como el corcho o la producción de trufas, muchas de las cuales han basado su producción en las repoblaciones.

c) Fijación de dunas. Las repoblaciones para la fijación de dunas tienen en España algunos de los ejemplos más representativos a nivel mediterráneo. Desde las dunas de Guardamar de Segura (Alicante), hasta la fijación de las dunas de l'Empordà (Torroella de Montgri, Girona), las técnicas utilizadas consistentes en una aceleración de los procesos naturales de colonización han servido de ejemplo para muchas otras zonas de la cuenca mediterránea (Artigas 1908, Mira 1929, Codorniu 1908, Pipió 2013). Para algunos autores, el éxito en la fijación de dunas mediante repoblación llevó a pensar que era una solución universal que fue aplicada tanto en sitios dónde era necesario como en los que no (Van der Meulen y Salman, 1996).

d) Mejora de la biodiversidad. Cuando Ceballos y Ximénez de Embun (1938), plantean en el Plan de Repoblación Forestal de España las sucesiones como camino para que los bosques climáticos ocupen su distribución natural, trazan ya la línea ideológica de potenciar la biodiversidad una vez alcanzado el clímax. Las plantaciones pueden jugar un papel importante para la conservación de la biodiversidad, siempre que no sustituyan un ecosistema natural (Elmarsdottir, 2008), o cuando su diseño permita aumentar la biodiversidad del ecosistema (Derhé et al. 2016; Krista et al. 2020). En el caso de España una parte importante de las repoblaciones se realizaron sobre terrenos degradados con el objetivo de restaurar la cubierta forestal con especies autóctonas. Actualmente las repoblaciones de enriquecimiento buscan aumentar la diversidad de los bosques, ya sea como mejora ambiental, o como parte de proyectos más amplios, como la plantación de frutales en zonas oseras (Allen 1997; Millet et al. 2013; Alonso et al. 2020; Mateo et al 2013).

- e) Forestación de tierras agrícolas marginales. Los procesos de cambio de uso de la tierra, por regla general, han supuesto la roturación de superficies forestales para usos agrícolas y ganaderos. Sin embargo, existe una importante excepción en el contexto de la Unión Europea propiciado por la Reforma de la Política Agrícola Comunitaria en 1992. Dentro de esta reforma se propuso un régimen de ayudas forestales, enmarcadas en unas medidas de acompañamiento, que tenían por finalidad la forestación de terrenos agrícolas marginales (tierras ocupadas por cultivos herbáceos y/o leñosos, barbechos, eriales a pastos, huertos, prados y pastizales y montes abiertos). Estas medidas dieron lugar a lo que se conoce como el Programa de Forestación de Tierras Agrarias, que constituye un caso necesario de estudio, ya que su motivación político – económica se basa en la retirada de tierras agrarias y la forestación como medida para compensar las pérdidas de rentas. Por esta razón, se dedica un capítulo a su análisis. Los resultados del programa han sido muy desiguales en las diferentes regiones de España, y también entre los diferentes países europeos (Picard 2001, Gómez_Jover y Jiménez Peris 1997). Según se analiza el cumplimiento de objetivos agrícolas o forestales, los análisis y valoraciones sobre su efectividad pueden variar incluso dentro de una misma área geográfica (Molina y Martín 2004).
- f) Motivos sociales. En la economía precaria y rural de la preguerra y postguerra civil española, una de las herramientas para paliar la falta de trabajo fue la generación de jornales en trabajos de repoblación, ya que era una actividad con una gran demanda de mano de obra (Elorrieta 1934, Bernal 1935, Ortuño 1990, Vadell et al. 2017). Otros planes de repoblación, como el acometido por Noruega después de la II Guerra Mundial también buscaban el efecto multiplicador sobre la ocupación, considerando que un puesto de trabajo en el sector forestal podía generar 1,3 – 1,9 empleos indirectos (Oyen y Nygård 2007).
- g) Restauraciones ambientales. La creciente concienciación sobre la protección del medio ambiente ha propiciado el afán de recuperar aquellas zonas naturales degradadas por la actividad humana, ya sea como consecuencia de su destrucción para una actividad económica, como la minería o por la creación de diferentes infraestructuras, o por un aprovechamiento intensivo de los recursos naturales que han derivado en su degradación, como la destrucción de muchos bosques de ribera (Valladares et al 2011, Magdaleno 2008). La mayoría de restauraciones ambientales tienen como objetivo la implantación de una cubierta vegetal, con la finalidad de reconstruir un ecosistema de referencia previo a la degradación, lo que ha venido a denominarse como restauración ecológica

(Navarro-Cano et al. 2017, Mola et al. 2018), y en la que alguna de las técnicas utilizadas en la restauración forestal tradicional han cobrado especial relevancia bajo el confuso concepto de técnicas de bioingeniería (Schiechl y Stern 1996). La restauración ambiental y la lucha contra la erosión era el objetivo de la mayoría de repoblaciones planeadas a finales del siglo XIX, y principio del XX en España.

- h) Lucha contra el Cambio Global. Desde que apareció el concepto de Cambio Global provocado por la emisión de los Gases de Efecto Invernadero, la repoblación a gran escala como medida de captura de CO₂ se vislumbró como una medida para la mitigación. Así quedó patente en el Reglamento (CE) 74/2009, cuando se incorporaron las repoblaciones como medida de mitigación para el cambio climático. Las estimaciones de la capacidad de absorción de la restauración de las superficies forestales han confirmado a esta medida como una de las más eficientes para la mitigación (Gricom et al. 2017; Bastin et al. 2019). Una de las medidas más utilizadas por las empresas y las instituciones para compensar la huella de carbono es la de restaurar las masas arboladas capaces de absorber el CO₂ generado. Existen empresas que prestan el servicio y ofrecen tierras para tal actividad. No obstante, no hay que olvidar que las repoblaciones, al igual que la gestión forestal, deben ser planificadas territorialmente pensando en la sostenibilidad y la multifuncionalidad. Plantar árboles para absorber CO₂ sin considerar que función y uso tendrá el futuro bosque formado, o sin planificar en que zonas esa repoblación tendrá más sentido desde la planificación territorial puede llevar a repetir los errores cometidos en algunas repoblaciones del Programa de Forestación de Tierras Agrarias. Un factor muy importante a tener en cuenta es que el recurso tierra es finito, y que cada hectárea que dedicamos a fijar carbono tiene consecuencias sobre el resto de usos, especialmente sobre la producción de alimentos. Mientras que las repoblaciones a gran escala pueden ser una solución significativa para la fijación de carbono, pueden también conducir a un aumento del precio y disponibilidad de alimentos (Kreidenweis et al. 2016, Doelman et al. 2020). Los resultados y análisis históricos abordados en la tesis pretenden ser una herramienta para mejorar planificaciones de repoblaciones a gran escala.
- i) Otros. La motivación para repoblar puede ser tan diversa como objetivos tenga la sociedad que los realiza, ya tengan una finalidad económica, ambiental, social o recreativa. La repoblación es una herramienta, no un objetivo.

1.2. Factores que condicionan la repoblación

Los procesos de repoblación realizados a gran escala, como el caso estudiado, necesitan de una serie de factores y logística que deben operar de forma coordinada para llegar a cumplir los objetivos fijados.

El factor indispensable es la necesidad de repoblar para conseguir alguno de los objetivos o funciones mencionados anteriormente. Además, hay que disponer del recurso tierra para ser repoblada, ya que la necesidad de la repoblación y la disponibilidad del terreno no van siempre de la mano, sobre todo cuando los actores de ambos lados no son coincidentes. Los mecanismos para disponer de la tierra cuando no se es propietario son diversos, y suelen variar en función del régimen político, legislativo y social de los países. Thomas et al. (2009) detectaron un fracaso de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, contemplados en el Protocolo de Kyoto, basados en las repoblaciones, por la dificultad de disponer de grandes superficies de terreno. En Israel, por ejemplo, el proceso de adquisición de terrenos destinados a la repoblación es un proceso largo (Zaadi et al. 2001) y necesita de numerosos trámites administrativos. En España, cuando las repoblaciones no se realizan por iniciativa de los propietarios, los mecanismos más utilizados han sido la adquisición de terrenos, los acuerdos a través de consorcios, los incentivos y ayudas, y, en menor medida, la expropiación.

Una vez obtenida la disponibilidad de los terrenos es necesaria la financiación. En repoblaciones protectoras, que no están ligadas a una actividad productiva, y planificadas para períodos largos, suele ser uno de los principales limitantes. Es imprescindible cierta estabilidad si se tiene en cuenta que hay que coordinar y planificar todas las fases de una repoblación, desde la producción de planta, la preparación del terreno y la plantación. Por tanto, desde que se toma la decisión de repoblar, y se empieza a producir planta, hasta que se efectúa la plantación pueden pasar entre tres y cinco años. Cuando el ritmo de plantación es el del periodo estudiado, con decenas de miles de hectáreas anuales, la seguridad de la financiación es fundamental para el éxito de la empresa. No solo hay que financiar las repoblaciones en sí, sino toda la estructura administrativa y técnica necesaria para planificar y ejecutar.

Las repoblaciones forestales empiezan en los viveros, o si se va un paso antes, en los propios bosques dónde se recolectan las semillas. Si se tiene en cuenta que las plantaciones protectoras modernas oscilan entre las 1.200 – 1.500 plantas por hectárea, y a mediados del siglo XX se situaban alrededor de las 2.000 plantas por hectárea (Vadell et al. 2016), cuando la superficie que se pretende repoblar es de miles de hectáreas es imprescindible planificar de forma detallada la producción de toda la planta

necesaria. La obtención de la semilla es un proceso clave, por lo que una mala elección de sus características y origen puede arruinar todas las operaciones posteriores. En este sentido, tanto la obtención de la semilla como la producción de planta es seguramente una de los logros más desconocidos de todo el proceso repoblador en el período estudiado. La semilla se puede obtener tanto por la recolección directa, como por compras internas o externas al país. En un contexto de cambio global, esta elección todavía cobra más importancia, ya que no se debe buscar una especie, o genotipo, adaptado al clima actual, sino al que vendrá, ya que, al margen de las repoblaciones de turno corto, el resto están planificadas para crecer durante varios decenios. La producción de la propia planta también conlleva decisiones importantes en la planificación. Más allá de la incorporación de las mejoras tecnológicas que aparecen en el mercado, y que se ven reflejadas en los resultados de las repoblaciones, hay que decidir cómo y dónde se produce la planta. La primera elección es si la producción de planta se deja en manos del mercado privado, o si se realiza desde el ámbito público. Respecto dónde producir la planta, existen dos modelos, el de producir planta en viveros centrales de gran producción y distribuirla por todo el país, o instalar viveros volantes lo más cercano posible a las zonas de plantación. El primer modelo tiene la ventaja de la facilidad de crear instalaciones fijas muy mecanizadas y con tecnología que primen la calidad de la producción de planta. Por el contrario, es necesario que el país o zona en cuestión disponga de una buena red de transporte, sobretodo carreteras para distribuir rápidamente la planta sin que pierda su calidad. Además, la planta no siempre se producirá en condiciones climáticas similares a las del sitio de plantación, y en algunos casos puede condicionar el éxito. Los viveros volantes presentan la ventaja de que la planta se produce en condiciones similares a las de plantación, y que su distribución puede ser rápida. Las condiciones de desarrollo de las diferentes partes de España desde finales del siglo XIX, condicionaron la decisión sobre el modelo de producción de planta en cada momento, coexistiendo los dos en función del desarrollo de cada región.

Las especies escogidas para la repoblación es la decisión más importante a escala territorial, de paisaje, y en cierta medida a escala económica. En la decisión de la especie tendrá un peso fundamental el objetivo o motivación para realizar la repoblación, dentro de las limitaciones de la propia estación y el estado del suelo. En procesos de repoblación a gran escala se solía simplificar el número de especies por una cuestión logística y económica. El escenario del cambio global tendrá otra vez un papel decisivo en las repoblaciones presentes y futuras. Debemos escoger las especies y su procedencia no solo analizando las condiciones actuales, sino las condiciones que existirán durante el resto del siglo XXI. La diversidad genética es la mejor herramienta

para afrontar los cambios ambientales, tanto entre poblaciones como entre árboles de la misma población (Ledig y Kitzmiller 1992). Esta cuestión lleva a un debate que supera el ámbito académico, ya que decidir que especie ocupará los bosques en un clima cambiante implica ampliar la lista más allá de las especies autóctonas, o de las procedencias locales, y lleva a conceptos como los de migración asistida (Taïbi 2014). Hasta la actualidad las especies no autóctonas se solían utilizar para fines productivos, ya sea en plantaciones intensivas como los eucaliptos, o en plantaciones naturalizadas como el abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*). En un entorno social y político donde la conservación de la biodiversidad está en el centro de muchas decisiones, el planteamiento de cambiar las especies o sus variedades porque algunas de las que se consideran autóctonas no podrán sobrevivir en un futuro cercano es un debate necesario. El estudio de las repoblaciones históricas puede aportar mucha información a este debate.

En repoblaciones a gran escala como las que se tratan en esta tesis la disponibilidad de mano de obra era otro de los factores importantes hasta al menos el último tercio del siglo XX. El objetivo de generar empleo en zonas deprimidas se ha esgrimido como uno de los factores que motivaron las repoblaciones en España. Aunque en las provincias en las que el esfuerzo repoblador fue más intenso no se han encontrado relaciones con su tasa de paro (Pemán et al. 2009), la política de repoblación tuvo un gran impacto socioeconómico a través de la generación de millones de jornales (Vadell et al. 2016).

1.3. Los planes de repoblación forestal en España desde finales del siglo XIX

A mitad del siglo XIX los bosques en España ocupaban una superficie reducida en relación al potencial de la superficie forestal, se estima que los bosques cubrían aproximadamente seis millones de hectáreas (Armenteras 1903). Más allá de la destrucción de los bosques para la agricultura y la ganadería, en el siglo XIX se suceden diversas desamortizaciones con el objeto de nacionalizar bienes de la iglesia, la nobleza y los municipios, para ser vendidos a propietarios privados, en la llamada propiedad perfecta liberal (Congost 2000). Las consecuencias que tuvieron estas desamortizaciones sobre las superficies arboladas fueron devastadoras. Muchos bosques fueron cortados para obtener un beneficio inmediato, y otros fueron roturados para ganar campos de cultivo y pastos. Estas desamortizaciones tuvieron diferentes fases, las promovidas por Mendizábal y Espartero entre 1834 y 1854, y las desamortizaciones de Madoz entre 1855 y 1924. El resultado fue una descapitalización

social, económica y ecológica global, en la que se causaron daños irreparables al patrimonio natural (del Corral 2016).

En este contexto se inician los estudios forestales en España a partir de 1846, y una profunda conciencia de la necesidad de recuperar la cubierta forestal impregna las primeras generaciones de estudiantes. A finales de siglo aparecen las primeras leyes forestales, en 1863 y 1877 con un marcado objetivo de acometer la repoblación forestal. Tras varios intentos fallidos del que sólo cabe destacar la ambición del Plan de 1926, el único que acabó por ver la luz fue el Plan General para la Repoblación Forestal de España de 1938, redactado por los ingenieros Joaquín Ximénez de Embún y Luis Ceballos (Ximénez de Embún y Ceballos 1938). El plan se basaba en los principios ecológicos de la sucesión vegetal, y contemplaba tanto las repoblaciones necesarias para la protección frente la erosión y la restauración vegetal, como aquellas necesarias para satisfacer la demanda interna de madera en un momento de escasez. Aunque se considera la base del período posterior de máximo esplendor en las repoblaciones (1940 – 1984), existe controversia sobre si los resultados respondían a lo inicialmente recogido en el plan. Para Gómez Mendoza y Olmo (1992) no parece probable que los ejecutores de la política del Patrimonio Forestal, siguieran el Plan de Repoblación, ni siquiera que lo conocieran en el detalle de sus propuestas regionales. Cabe destacar que tanto el Plan General de Obras Hidráulicas de 1933, como el Plan General de Obras Públicas de 1938 tenía un apartado dedicado a las repoblaciones forestales, ya que el problema de la deforestación afectaba muchos ámbitos económicos y sociales más allá del agrario (Pérez-Soba y Peman 2017).

A este Plan, que se puede considerar que se inició en 1940, pretendía sucederle un segundo Plan previsto para el intervalo temporal entre 1976 y 2026 (ICONA 1973). Este segundo Plan que se redactó, pero no llegó finalmente a aprobarse, por los cambios políticos surgidos como consecuencia de la muerte del general Franco en 1975, se basaba en definir unos Núcleos de Acción Repobladora (Nares) a nivel provincial. El ritmo anual repoblador se estimaba en que no sería inferior a las 200.000 ha.

Aunque no se trate de un plan de repoblaciones como tal sí que hay que destacar el Programa de Forestación de Tierras Agrarias de la Unión Europea. El Programa, que ha tenido varios períodos como medida de acompañamiento de la Política Agraria Comunitaria entre 1993 – 1999, y dentro de los diferentes Programas de Desarrollo Rural (2000-2006; 2007-2013 y 2014 – 2020), no nació con una motivación forestal prioritaria (Gómez_Jover y Jiménez Peris 1997, MAPA 2006). En el primer periodo las forestaciones eran unas medidas agrarias de acompañamiento a la reforma de la

Política Agrícola Comunitaria de 1992, que tenían por objetivo diversificar rentas y fomentar jubilaciones anticipadas. En los siguientes períodos el programa se orientó más a medidas ambientales en el contexto de las políticas de desarrollo rural. Como tal, el programa no era un plan homogéneo, ya que su implementación fue diferente en cada comunidad autónoma, tampoco contó con una planificación previa que analizara las zonas prioritarias para la repoblación. No obstante, si definía los terrenos susceptibles de ser subvencionados para la forestación y ponía a disposición de los Estados la cofinanciación necesaria para llevarse a cabo, a diferencia de todos los planes de repoblación anteriores que nunca habían contado con financiación previa. Las diferentes Comunidades Autónomas decidían si se acogían a la medida en la aplicación del programa. Aunque no se pueda considerar un plan de repoblación como tal, es indudable su impacto en las forestaciones de las superficies privadas desde el año 1993, por lo que se dedica un capítulo de la tesis a su estudio.

1.4. Las repoblaciones en los inventarios y mapas forestales.

El estudio de las repoblaciones históricas a partir de las fuentes de información alfanuméricas utilizadas tiene la limitación de no poder contrastar los datos con la realidad, por la ausencia de una cartografía específica de las repoblaciones forestales realizadas. Una aproximación a dicha representación se podría obtener de los mapas forestales realizados en 1966 y 1997. Estos mapas, que recogen las principales agrupaciones vegetales distribuidas por el territorio, distinguen las masas de origen artificial, con la precisión que les permite su escala de trabajo.

El primer mapa Forestal de España se publicó en 1966 y fue dirigido por Luís Ceballos, realizándose a una escala 1:400.000. Se trató, sin duda, de la primera aproximación a la vegetación del dominio forestal para todo el territorio (Montserrat y Villar 2006). En el mapa, las repoblaciones quedaron perfectamente identificadas; en el caso de las especies exóticas, por su misma presencia, y para aquellas especies de carácter autóctono por llevar sobreimpresa la letra "R" (González 2004).

En 1997 finalizó el trabajo de campo del Mapa Forestal de España de Juan Ruiz de la Torre, que se realizó a una escala 1:200.000. Entre la información recogida de cada una de las agrupaciones vegetales está si las especies o comunidades proceden de repoblación, distinguiendo si la repoblación está o no integrada o si se llevó a cabo con terrazas (Martínez y Bengoa 2001).

Este análisis espacial de las repoblaciones, gracias a la digitalización de los dos mapas, constituye una buena herramienta para:

1. Analizar las diferencias existentes entre las estadísticas oficiales y su representación espacial.
2. Estudiar las especies utilizadas en las repoblaciones y su distribución geográfica.
3. Analizar la idoneidad del uso de las diferentes especies según las características de su hábitat.

Ambos mapas presentan limitaciones sobre todo por la superficie mínima cartografiable según la escala de trabajo, y por la dificultad de identificar repoblaciones antiguas ya naturalizadas. No obstante, constituyen una herramienta robusta para los objetivos de este trabajo.

Otra fuente de información podrían ser los Inventarios Forestales Nacionales que se iniciaron en España hace 60 años. La primera edición del IFN fue ideada en la década de los años 60 del siglo pasado, y su creación estuvo motivada por la necesidad de disponer de estadísticas forestales a nivel nacional. Actualmente, hay disponibles cuatro ediciones del IFN: el IFN1 (1965-1974, interpretación del vuelo americano de 1957), el IFN2 (1986-1996), el IFN3 (1997-2007) y el IFN4 (2010-actualidad) (Ruiz y García 2016). A través del IFN3 es posible también discriminar una masa artificial uniforme de otra natural (Piñero 2016), aunque son difíciles de discernir las superficies repobladas especialmente los primeros años de vida (Vallejo 2005).

1.5. Evolución de la gestión forestal

El estudio de la evolución de las repoblaciones durante un periodo de más de un siglo, implica no conocer solo cómo ha evolucionado el ámbito estricto de la repoblación, sino como ha variado a lo largo de este tiempo la gestión forestal. Es indudable que una actividad que ha tenido un impacto tan grande en el paisaje forestal, también tiene su reflejo en el resto de la actividad forestal. Los estudios realizados de la actividad forestal se han centrado sobre todo en su aspecto territorial, en cómo ha evolucionado la cubierta forestal a lo largo del tiempo (Serrat y Segura 2003; Anton 2011; Gutierrez et al. 2016). No se ha estudiado, sin embargo, como ha evolucionado desde el punto de vista de las decisiones técnicas de la gestión forestal, que serán las que conducirán la dinámica de los bosques y de sus usos. Conocer esta puede ayudar a entender la propia evolución del paisaje.

El último capítulo se dedica a estudiar cómo ha sido esta evolución desde mediados del siglo XX, que es cuando en España la actividad agraria entra en un proceso de modernización técnica, y cuando la actividad repobladora empieza a tener también un peso importante en la política forestal a nivel de resultados. En un momento de cambio

de paradigma forestal a nivel europeo, que según Mendoza y Olmo (2006) gira en torno al concepto de sostenibilidad, es interesante hacer balance del periodo previo y analizar cómo se han producido los cambios en la gestión forestal.

Bibliografía

- Allen, J. C., & Barnes, D. F. (1985). The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the association of American Geographers*, 75(2), 163-184.
- Allen, J. A. (1997). Reforestation of bottomland hardwoods and the issue of woody species diversity. *Restoration ecology*, 5(2), 125-134.
- Alonso, F. J. G., Martínez, A. G., Bausela, D. C., Kilchenmann, J. A. R., González, C. R. M., Gómez, L. F., & González, L. I. R. (2020). Actuaciones para aumentar la diversidad en repoblaciones forestales en la meseta norte. *Revista Montes*, (139), 26-31.
- Álvarez, J. G. (2013). Paisaje, memoria histórica e identidad nacional en los inicios de la política de conservación de la naturaleza en España: de Covadonga a San Juan de la Peña. *Hispania*, 73(244), 409-438.
- Antón, M. T. (2011). Las actuaciones forestales como vector de transformación de los paisajes de la Cordillera Cantábrica de León: evolución histórica y perspectivas de futuro. In *La evolución del paisaje vegetal y el uso del fuego en la Cordillera Cantábrica* (pp. 345-363). Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León.
- Artigas P, (1908). Fijación y repoblación de dunas procedentes del Golfo de Rosas. Imprenta de Ricardo Rojas, Madrid.
- Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., & Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), 76-79.
- Bauer E. 1980. Los montes de España en la Historia. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Bernal E. (1935). El problema forestal en la provincia de Cádiz y el paro obrero. En: Bernal E (ed) *Tres Conferencias*. Tipografía Ordóñez, Cádiz, pp 18–27.
- Butterfield, R. P. (1995). Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. *Forest Ecology and Management*, 75(1-3), 111-121.
- Carrion, J. S., Andrade, A., Bennett, K. D., Navarro, C., & Munuera, M. (2001). Crossing forest thresholds: inertia and collapse in a Holocene sequence from south-central Spain. *The Holocene*, 11(6), 635-653.
- Clement, F., & Amezaga, J. M. (2009). Afforestation and forestry land allocation in northern Vietnam: analysing the gap between policy intentions and outcomes. *Land Use Policy*, 26(2), 458-470.
- Codorniu, R. (1908). Las dunas de Guardamar. *Revista de Montes*, 754: 445-451.
- Costa, J. (1912). *El arbolado y la patria* (Vol. 3). Biblioteca Costa.
- Doelman, J. C., Stehfest, E., van Vuuren, D. P., Tabeau, A., Hof, A. F., Braakhekke, M. C., & van Meijl, H. (2020). Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks and trade-offs. *Global Change Biology*, 26(3), 1576-1591
- Elmarsdottir, A., Fjellberg, A., Halldorsson, G., Ingimarsdottir, M., Nielsen, O. K., Nygaard, P., & Sigurdsson, B. D. (2008). Effects of afforestation on biodiversity. *AFFORNORD. Effects of afforestation on ecosystems, landscape and rural development*. TemaNord, 562, 37-47.
- Elorrieta, O., (1934). Es necesario definir e implantar con urgencia una política forestal. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- FAO (1967). *World Symposium on Man-Made Forests and their Industrial Importance*. *Unasylya* 21(86-87). 116 p.
- Ferre, L. C., & Huerta, R. P. (2014). Landscape and forest exploitation at the ancient Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *The Holocene*, 24(3), 266.
- García, E. B. (2002). Bosques, campos y pastos: el potencial económico de la vegetación mediterránea. *SAGVNTVM Extra*, 5, 129-146.
- Gómez-Jover, F.; Jiménez Peris, F.J.; (1997). *Forestación de tierras agrícolas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- González (1913). Las opiniones de Costa. Política hidráulica y política forestal. 329-337.
- Gonzalez, J. J. (2014). Política Hidráulica e intervención estatal en España (1880-1936): una visión interdisciplinar (No. 1102-2016-91069, pp. 25-61).
- González, R. (2004). El Mapa Forestal de España, una obra secular (1868-1966) concluida por Luis Ceballos. *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, (64), 285-318.
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., & Woodbury, P. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645-11650
- Grupo de Estudios de Historia Rural. (2002). Política forestal y producción de los montes públicos españoles. Una visión de conjunto, 1861-1933.
- Gutiérrez Hernández, O., Senciales González, J. M., & García Fernández, L. V. (2016). Evolución de la superficie forestal en Andalucía (1956-2007). Procesos y factores. *Revista de Estudios Andaluces*, 33 (1), 111-148.
- ICONA. 1973b. Circular 14/1973, Normas para elaboración de un Plan Nacional de repoblación forestal. Fondo Documental del Monte.
- Kemppinen, K. M., Collins, P. M., Hole, D. G., Wolf, C., Ripple, W. J., & Gerber, L. R. (2020). Global reforestation and biodiversity conservation. *Conservation Biology*. 1221-1228.
- Kreidenweis, U., Humpenöder, F., Stevanović, M., Bodirsky, B. L., Kriegler, E., Lotze-Campen, H., & Popp, A. (2016). Afforestation to mitigate climate change: impacts on food prices under consideration of albedo effects. *Environmental Research Letters*, 11(8).
- Ledig, F. T., & Kitzmiller, J. H. (1992). Genetic strategies for reforestation in the face of global climate change. *Forest Ecology and Management*, 50(1-2), 153-169.
- Mallada, L. (1989). Los males de la patria (No. 10). Fundación Banco Exterior.
- Magdaleno, F. (2008): Manual de técnicas de restauración fluvial. CEDEX, 300 p., Madrid.
- MAPA, 2006. Forestación de tierras agrícolas. Madrid: MAPA Dirección General de Desarrollo Rural.
- Martínez-Santamaría, C., & Bengoa, J. L. (2001). Estimación de superficies forestales a partir del Mapa Forestal de España (1). In *Actas del III Congreso Forestal Español*. Granada 25-28 septiembre de 2001.
- Mateo Sanchez, Maria Cruz; Saura Martínez de Toda, Santiago; San Miguel Ayanz, Alfonso y Cushman, Samuel (2013). Mejora de la calidad y conectividad del hábitat forestal del oso pardo en la Cordillera Cantábrica: propuesta metodológica e implicaciones de gestión. En: "Actas del VI Congreso Forestal Español", Sociedad Española de Ciencias Forestales. 1-16.
- Mather, A. (1993). Afforestation: policies, planning and progress. Belhaven Press
- Mendoza, J. G., & Olmo, R. M. (1992). Actuaciones forestales públicas desde 1940. Objetivos, criterios y resultados (**). *Agricultura y sociedad*, 65, 15-64.
- Mendoza, J. G., & Olmo, R. M. (2006). Paisajes forestales españoles y sostenibilidad. Tópicos y realidades. *Áreas. Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (25), 13-29.
- Millet, J., Tran, N., Ngoc, N. V., Thi, T. T., & Prat, D. (2013). Enrichment planting of native species for biodiversity conservation in a logged tree plantation in Vietnam. *New Forests*, 44(3), 369-383.
- Mira i Botella, F. (1929). Repoblación de las dunas de Guardamar del Segura. Memoria y fotografías. Edición facsímil, Ayuntamiento de Guardamar del Segura, Gráficas Estilo SC, 15-90.
- Mola, I.; Sopeña, A.; De Torre, R.; (2018). Guía Práctica de Restauración Ecológica. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid
- Molina, C. M., & Martín, L. G. (2004). La restauración de paisajes forestales a través de la forestación de tierras agrarias. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (17), 193-198.

- Montserrat, P., & Villar Pérez, L. (2006). Aspectos teóricos y prácticos de los mapas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. Fuera de serie, 71-78.
- Navarro-Cano, J. A., Goberna, M., & González-Barberá, G. (2017). Restauración ecológica en ambientes semiáridos: recuperar las interacciones biológicas y las funciones ecosistémicas.
- Obea, L., Piqué, R., Martín, M., & Gassiot, E. (2011). The exploitation of forest resources in mountain areas during the Neolithic in the northeast of the Iberian Peninsula. *Sagvntvm Extra*, 11, 129-130.
- Ortuño, F. (1990). El plan para la repoblación forestal de España del año 1939: Análisis y comentarios. *Ecología*, (extra 1), 373-392.
- Øyen, B. H., & Nygård, P. H. (2007). 4.7 Afforestation in Norway—effects on wood resources, forest yield and local economy. *Effects of afforestation on ecosystems, landscape and rural development*, 334-342.
- Pérez-Soba, I, Pemán, J. (2017). Joaquín Ximénez de Embún Oseñalde (1882 – 1954): Coautor y principal ideólogo del Plan General de Repoblación Forestal de España de 1939. En: García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017). *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente
- Picard, O.; (2001). Evaluation of the Community aid scheme for forestry measures in agriculture of Regulation No 2080/92. Auzeville.
- Piñero, C. P. (2016). Identificación y evaluación de repoblaciones forestales mediante el Inventario Forestal Nacional español. *Revista Ecosistemas*, 25(3), 43-50.
- Pipió Gelabert, H. (2013). Els Treballs de fixació de les dunes empordaneses. *Dossiers Agraris*, (16), 191-199.
- Ruiz-Benito, P., & García-Valdés, R. (2016). Inventarios forestales para el estudio de patrones y procesos en Ecología. *Revista Ecosistemas*, 25(3), 1-5
- Schiechl HM, Stem R (1996) Ground bioengineering techniques for slope protection and erosion control. *Trans. By L. Jaklitsch*. Blackwell Scientific, Oxford.
- SECF (2005). *Diccionario Forestal*. Mundi Prensa. Madrid.
- Serrat, J. G., & Segura, J. V. (2003). La evolución del paisaje forestal de la llanura del Vallés (Barcelona) hasta el siglo XII. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (16), 167-172.
- Stevenson, A.C. and Harrison, R.J. (1992). Ancient forests in Spain: a model for land-use and dry forest management in south-west Spain from 4000 bc to 1900 ad. *Proceedings of the Prehistoric Society* 58, 227–47.
- Thomas, S., Dargusch, P., Harrison, S., & Herbohn, J. (2010). Why are there so few afforestation and reforestation Clean Development Mechanism projects?. *Land use policy*, 27(3), 880-887.
- Urteaga, L. (1987). *La tierra esquilhada: las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII* (Vol. 18). Serbal.
- Vadell, E., Miguel, S., y Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37-48.
- Vadell Guiral, E; de Miguel Magaña, S.; Pemán García, J. (2017). La actividad repobladora desarrollada a partir de 1840. Luces y sombras. En: Pemán García, J; Iriarte Goñi, I; Lario Leza, F.J. (Coords.). *La restauración forestal en España: 75 años de una ilusión*. Ministeria Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 175-222.
- Valladares, F., Balaguer, L., Mola, I., Escudero, A., & Alfaya, V. (2011). Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte.

- Vallejo, R. (2005). El mapa forestal de España escala 1: 50.000 (MFE50) como base del tercer inventario forestal nacional. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (19), 205-210.
- Van der Meulen, F., & Salman, A. H. P. M. (1996). Management of Mediterranean coastal dunes. Ocean & coastal management, 30(2-3), 177-195.
- Ximénez de Embún, J., Ceballos, L., & Ceballos y Fernández de Cordoba, L. (1996). Plan general para la repoblación forestal de España. Ceballos y Fernández de Cordoba, Luis, Tres Trabajos Forestales, Madrid, Publicaciones del Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 7-389.
- Zaady, E., Shachak, M., & Moshe, Y. (2001). Ecological approach for afforestation in arid regions of the northern Negev Desert, Israel. Deforestation, Environment and Sustainable Development, A Comparative Analysis, edited by: Vajpeyi, D, 219-238.

2. OBJETIVOS

2. Objetivos

El objetivo de la tesis doctoral es analizar la gestión forestal en España en diferentes periodos desde final del s.XIX, a través del estudio de una de las actividades que ha tenido más importancia en su desarrollo como es la repoblación forestal. Las repoblaciones y forestaciones han tenido un impacto importante no solo por la superficie forestal afectada, sino por los presupuestos que se destinaron y el desarrollo técnico y científico paralelo, y su estudio explica la propia historia de la gestión forestal en España.

En este contexto se ha estudiado la planificación y ejecución de repoblaciones a gran escala en España, como ejemplo del que extraer conclusiones y lecciones para procesos similares, en un momento en que las repoblaciones forestales se vislumbran como solución a los problemas ambientales que vive el planeta.

La tesis se ha estructurado en cuatro capítulos, en formato de artículos. Los objetivos de cada uno de los cuatro capítulos han sido:

- Capítulo 1: El objetivo del primer capítulo es profundizar en el conocimiento de aquellos aspectos que motivaron y condicionaron las repoblaciones y las forestaciones en España desde final del s. XIX, y de los cuales se tenía un conocimiento limitado. Los objetos de estudio son: i) las motivaciones hicieron necesaria las repoblaciones a gran escala; ii) la evolución de las repoblaciones y las forestaciones desde el último tercio del s. XIX; iii) la legislación y las unidades administrativas que tutelaron el proceso; iv) las inversiones y la financiación en las repoblaciones y las forestaciones; v) las especies utilizadas; vi) la infraestructura técnica y la tecnología utilizada; vii) el impacto de las repoblaciones y forestaciones a nivel de propiedad.
- Capítulo 2: El segundo capítulo profundiza en el estudio de las especies utilizadas, por la implicación que estas tienen, tanto en el paisaje actual, como sobre otros aspectos de la gestión forestal. Los objetivos son: i) estudiar las especies utilizadas en la repoblación a partir de las estadísticas oficiales desde su inicio hasta el presente; ii) completar los resultados a partir del análisis de las cartografías forestales de 1966 y 1997; iii) analizar los aspectos más controvertidos de las repoblaciones en relación a las especies utilizadas.
- Capítulo 3: El tercer capítulo analiza el impacto del Programa de Forestación de Tierras Agrarias en España, con el objetivo de analizar: i) el marco legal que ha desarrollado el programa a nivel de la Unión Europea, del Estado y de las Comunidades Autónomas; ii) el modelo de subvención y las superficies objeto de forestación; iii) la superficie forestada a nivel estatal, las especies utilizadas,

l uso previo de los terrenos forestados y la superficie media forestada por beneficiario; iv) las variables que pueden explicar la superficie forestada en cada Comunidad Autónoma.

- Capítulo 4: El cuarto capítulo se dedica al estudio de la evolución de la gestión forestal en la época moderna con el objetivo de: i) aportar información sobre un proceso que no ha sido estudiado; ii) definir las variables y prácticas representativas de la gestión forestal; iii) analizar la evolución histórica de los cambios en los indicadores clave de la gestión forestal, y de las la prácticas y las decisiones que conducen la gestión forestal a nivel nacional; vi) construir un marco narrativo de nivel nacional.

Hasta ahora se había estudiado el impacto territorial de las repoblaciones a nivel regional o provincial de forma parcial, el conocimiento amplio del proceso a nivel nacional también facilitará contextualizar y estudiar las repoblaciones a una escala local.

Los tres primeros artículos han sido publicados, y el cuarto se enviará a revisión en breve:

Capítulo 1: Vadell, E., Miguel, S., y Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37-48.

Capítulo 2: Vadell, E., de Miguel S., y Pemán, J. (2019). La repoblación forestal en España: las especies utilizadas desde 1877 a partir de las cartografías forestales. *Historia Agraria. Revista de Agricultura e Historia Rural*, (77), 107-136.

Capítulo 3: Vadell, E., de Miguel, S., Fernández Centeno, G., Robla, E., Lerner, M., & Pemán García, J. (2019). La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra. *Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales*, 45(2), 1-20.

Capítulo 4: Vadell, E., Pemán, J., Verkerk, H., y de-Miguel, S. (2021). Historical development of forest management and practice in Spain (pendiente publicación).

3. RESULTADOS

Chapter 1. Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: a historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics

Chapter 1. Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: a historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics

Abstract

Spain had not more than six million hectares of woodlands in the mid-19th century. Nowadays woodlands cover more than sixteen million hectares. During the last one hundred and fifty years, much effort was devoted to improving forest cover and, as a result, five million hectares were artificially regenerated, which represents ten percent of the whole country area. All this work required large nursery infrastructures, thousands of workers and high public investments. The outcome of these reforestation and afforestation efforts is nowadays obvious throughout the Spanish landscapes, and sometimes has given rise to controversy between supporters and opponents. Nevertheless, the process that led to the vast reforestation of Spain has not been yet studied in depth from a historical perspective. This study aims at reconstructing that historical process, by describing it through several features that help to understand the historical development of the artificial forest regeneration policy in Spain, together with its social, political and economic context. The study period comprises since 1879 to present, with special focus on the recent history, that is, since the mid-20th century. The lessons learnt from this analysis may contribute to improving the design of large-scale reforestation policies as well as their potential impacts in other parts of the world and, in the end, shed light on the debate about the possible solutions to deforestation and forest degradation.

Keywords: afforestation, plantation, forest restoration, land-use policy, rural development

1. Introduction

In the mid-19th century, Spanish woodlands covered approximately six millions hectares (i.e., 12.5% of the national territory) (Armenteras, 1903). The causes of deforestation in Spain were similar to those of most developing countries at the time (Allen and Barnes, 1985; Kaplan et al., 2009): forest clearing in order to meet the demands of the growing population, extensive grazing, timber supply for the shipbuilding industry, mining or metallurgical activities, as well as successive wars and fires. Bauer (1980) mentioned two additional causes of deforestation specific to Spain: the seizures and the inappropriate distribution of the forest ownership.

Indeed, from 1766 to 1924, successive seizures that affected 19.9 million hectares (Rueda, 1997) provoked an increase in the deforestation and forest degradation rates. Such seizure processes consisted in the nationalization by the State of properties owned by certain institutions (i.e., Church and religious orders, nobility and municipalities) in order to sell them to private owners. Its primary purpose was tax collection, although it also aimed at promoting changes in the ownership structure of agricultural land (i.e., land reform).

The impact of such process on the drastic reduction of the national forest area varies according to different authors, ranging from four to seven million hectares, that is, from sixteen to twenty eight percent of the total forest area of Spain at that time (Aranda, 1999; GEHR, 1994). According to López Estudillo (1992), ploughing, ground division, as well as sales and seizures affecting the Monarchy and municipalities, were important at the end of the 18th century and during the first half of the 19th century. In consequence, the existing public rural land experienced a sharp decrease after the beginning of the seizure process in 1855. A significant loss of forest cover was also due to forest fires and illegal logging in public forests which, in combination with the strong ploughing pressure, entailed a reduction in forest area from 29 million hectares in 1860 to 24.5 million hectares in 1926 (Sanz, 1986).

As a consequence of the degradation of the vegetation cover, successive floods occurred in different parts of Spain, as for instance the cases of Júcar River (1864), where the estimated losses were seventeen million pesetas (60 million constant €₂₀₀₆); Jiloca River in Daroca (1854, 1865 and 1877); Francolí River in Tarragona (1874), Murcia (1877, 1879 and 1884); Almería (1879) and Lérida (1907) (Cuesta, 1919; Villanueva, 1924). On the other hand, wood production in Spain was not enough to meet the demands of the national industry.

Deforestation was regarded as a major public concern at the time. In view of the gravity of forest deforestation and degradation, it was necessary to urgently undertake large-scale reforestations in order to mitigate the great impact of erosion and flooding processes on people livelihoods, as well as to meet the demand of the national market in terms of wood supply. According to Armenteras (1903), 10 to 16 million hectares of forest were required to improve this situation. The national reforestation plans of 1933 and 1938 estimated that 5 to 6 million hectares should be reforested in 100 years in order to achieve the objectives in terms of forest regeneration and timber production (Ximénez de Embún i Oseñalde and Ceballos, 1939). The national reforestation plan of 1938 constituted the main framework for the reforestations conducted between 1940 and 1984. Timber production-oriented and conservation-oriented reforestations represented, respectively, 36% and 64% of the overall reforestations. The reforestations for timber production aimed at responding to an increasing wood demand of 5 million cubic meters per year. Despite constituting the main planning framework, in reality the implementation of reforestations hardly followed the 1938 plan since the availability of funds was highly variable depending on the overall economic situation of a given year, and the availability of land for reforestation purposes (Casado, 1950; FAO Secretariado, 1958).

At the time, such a large-scale reforestation effort was rather unique in the world (Traugott, 1964), which was internationally acknowledged by appointing Spain as the host country of the 6th World Forestry Congress held in Madrid in 1966. Although almost 150 years of large-scale reforestation has contributed to some of the most relevant changes in the Spanish landscapes during the modern times, so far, its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics have not been the object of a comprehensive analysis.

The aim of this study is to shed light on the large-scale reforestation and afforestation process undertaken in Spain from the end of the 19th century to present by filling the gaps in knowledge concerning the following features: i) the reasons behind the need for reforestation in Spain; ii) the evolution reforestation and afforestation since the mid-19th century; iii) the legislation and administrative units set to carry out this activity; iv) the investment in reforestation/afforestation projects at the national level; v) the tree species used; vi) the necessary technical infrastructures and technology utilized; and vii) the impact of large-scale reforestation and afforestation on the structure of the forest ownership. In this study we use the term “reforestation” to refer to the artificial reestablishment of forest cover in a deforested land which was previously a forest, and the term “afforestation” to refer to the artificial establishment of forest cover in an area where the preceding vegetation or land use was not forest (Helms, 1998).

2. Materials and methods

In order to properly understand the reforestation pace in different periods, it is necessary to take into account the political context, the evolution of governmental administrative structures as well as the changes in the legislation along the entire historical period considered in this study (Arts and Buizer, 2009; Ayana et al., 2013). Previous research has divided the historical development of large-scale reforestations in Spain into different episodes (Gómez de Mendoza and Mata, 2002; Navarro-Garnica, 1977). In this study we have divided this historical process into the following three stages: i) since the origin of forestry knowledge in Spain until the end of the Spanish Civil War (1877 – 1939), when the first reforestations were conducted; ii) the period corresponding to Franco's dictatorship until the new democratic administrative organization (1940 – 1984), when large-scale reforestation was conducted by the public administration; iii) the current democratic period (1984 to present), when reforestation conducted by the public administration was reduced after the decentralization of forestry competences to the Autonomous Communities, and when private afforestation of agricultural land partly boosted as a consequence of the EU policies.

Thirteen variables were analysed: i) annual reforested area by the private property and by the Government between 1879 and 2006; ii) replanted area by the Government due to seedling failure between 1946 and 2006; iii) total reforested area by tree species from 1940 to 2006; iv) the area to be reforested and afforested according to alternative policy instruments; v) production of coniferous and broadleaf plants between 1940 and 2006; vi) production of coniferous and broadleaf seedlings between 1940 and 2006; vii) annual seed consumption from 1943 to 1987; viii) budget of administration units between 1896 and 1984; ix) investment in field implementation of reforestation projects between 1896 and 1984; x) sowing and planting costs per hectare; xi) plant production in the year 'n' in relation to the reforested area in the year 'n+1' in order to estimate the maximum planting density or plant consumption per reforested hectare; xii) investment in reforestation works in relation to the total governmental budget; and xiii) number of daily wages, calculated from the investment in reforestation works and the average agricultural salary of a temporary labourer. The data concerning the salaries were gathered from the historical series compiled by Carreras et al. (2005). When replanting after massive seedling failure was made the next year after reforestation, the replanting costs were estimated to be 65-75% of the reforestation ones. When replanting was delayed for more than one year, then the costs were assumed to be the same as the reforestation ones (Giménez, 1950). In addition, the following official publications were consulted in order to compile the datasets of the first eleven variables analysed: i) sowing and plantation

statistics, from 1877 up to the end of the forest year 1894-95; ii) projects and reports of the Reforestation Commissions and Forest Divisions from 1889 to 1938; iii) yearbooks of national public forests production statistics from 1922 to 1934; iv) State Forest Heritage (*Patrimonio Forestal del Estado*, PFE) reports from 1940 to 1954; v) yearbooks of the Spanish Forest Statistics from 1949 to 1965; vi) reports of the Spanish Head Office of Forestry, Hunting and Fluvial Fishing (*Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial*, DGMCyPF) from 1955 to 1971; vii) reports of the State Institute for Nature Conservation (*Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza*, ICONA) from 1972 to 1987; viii) yearbooks of the Ministry of Agriculture, Fishing and Food from 1983 to 2004; ix) yearbooks of the Ministry of Environment of 2004 and 2005; x) historical database of the Official State Gazette (BOE), for analyzing the approved budgets and regulations. The total area reforested between 1896 and 1922 has been indirectly estimated in this study based on bibliographic references (Barrachina, 1926). The evolution of reforestation costs was analysed on the basis of bibliographic references and reforestation projects.

There are no official records concerning the investments related to reforestation activities before the year 1940. Thus, the only available information before that year comes from published papers. From 1940, the annual reports of the official institutions in charge of the reforestation activity, namely the PFE (1940-1954), DGMCyPF (1955-1971) and ICONA (1972-1984), provide information about the invested budget. Thus, the set of time series data between the years 1940 and 1984 was obtained from the State's annual budgets. The updating of costs and budgets was based on data of the National Statistics Institute. All the budgets were updated to 2006 in million euros. The data concerning the period before 1940 were updated until that year based on the historical series of Retail Price Index (RPI) elaborated by Reher & Ballesteros (Maluquer de Motes, 2005). Two updates were computed from 1940 to 1954. The first one considered 1983 as the reference year using the Retail Price Index (RPI) of that time, which is calculated in a different way than the current one. For the second updating, the time series from 1940 to 1984, from 1992 to 2002 and 2005-06 were updated to 2006 in order to make them comparable.

The consistency of the historical series of each variable analysed was uneven. This is mainly due to the successive changes in the criteria used in the official statistics and records along time. As a result of such successive modifications, some variables were not collected continuously or their meanings were unclear. To avoid misleading conclusions from such heterogeneity in the original data, only those sets of time series

that were homogeneous and comparable between them were further considered in the analyses within this study.

Similarly, the data concerning the species used in reforestation and afforestation from 1940 to 2006 has some limitations: i) from 1940 to 1970 only some species were recorded every five years, namely *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. radiata*, *P. uncinata*, *P. canariensis*, “other coniferous species”, *Populus* sp., *Eucalyptus* sp., and “other broadleaf species”, ii) there were some information gaps for some years (1973, 1989-1992, 1994), and iii) some records were based on estimations but not on real measurements. Due to these limitations, in this study the classification of the reforested area from 1940 to 2006 by tree species was estimated just for seventy percent of the total reforested area in Spain.

3. Results

3.1. Reforested area

The available data for the first period (1877-1940) only cover two sub-periods: i) 8,528 ha from 1877 to 1895 (Jordana, 1896), and ii) 119,455 ha from 1921 to 1937. The total area reforested between 1896 and 1922 has been indirectly estimated in this study based on bibliographic references (Barrachina, 1926) and on reforestation projects. Accordingly, the area reforested during the first forty years of the 20th century could have reached approximately 220,000 hectares.

Between 1940 and 1984 the reforestation rate increased sharply. The total reforested area during this period amounted to 3,678,522 hectares, and the average annual reforested area was 80,000 hectares per year. The maximum reforestation rate was achieved in 1957, when 143,968 hectares were planted. Afterwards, the reforestation activity experienced a sharp reduction between 1988 and 1991, and it was re-enhanced during the 1990s. The reforested and afforested area from 1984 to 2006 can be estimated at 1,957,973 hectares, which results in an average rate of more than 63,000 hectares per year. Within this particular period, most afforestation was carried out from 1993 to 1999.

The leading role in the promotion of large-scale reforestation in Spain was assumed by the public administration and, for that reason, most reforestation projects were mainly implemented on public lands and had a restoration objective. The State reforested eighty two percent of the whole reforested area (i.e., 4.265,699 hectares), whereas private owners contributed to the remaining eighteen percent (i.e., 936,373 hectares). In total,

more than five million hectares have been reforested since 1877, which represents approximately ten percent of the whole country area and eighteen percent of the national forest area (Fig. 1).

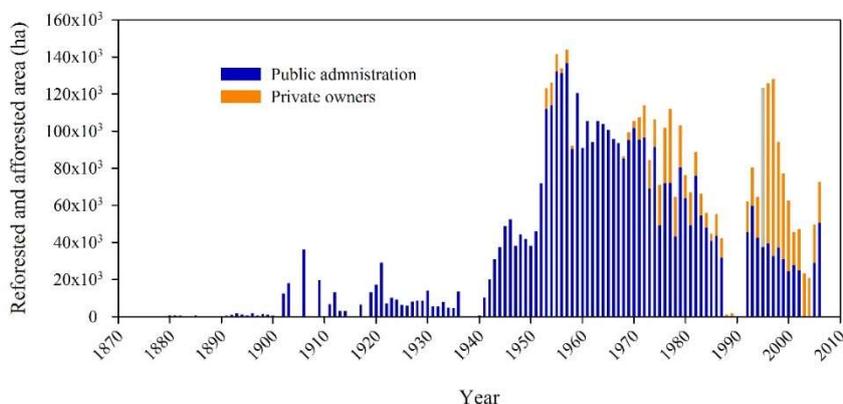


Fig. 1 Evolution of the area reforested and afforested in Spain by the public administration and by private owners since 1877 to 2006.

3.2. Replanting after massive seedling mortality

A considerable proportion of the reforested area had to be replanted afterwards due to high seedling mortality. The replanting of tree seedlings was done only when the amount of surviving plants was low enough to endanger the proper development of forest stands. Although the replanting of trees after massive seedling failure practically started at the same time as the reforestation activity, the official forest records did not register such information until 1946, when large-scale replacement of dead seedlings started as a result of the severe droughts of 1942 and 1954. Thus, the accumulated replanted area since 1946 to present can be estimated at 865,375 hectares, which represents approximately 17% of the total reforested area. The proportion of replanted area showed an overall decreasing trend along the historical period, although between 1946 and the beginning of the 1950s it sharply increased and it showed also a more erratic behaviour during the last years of the historical period the behaviour was more erratic (Fig. 2).

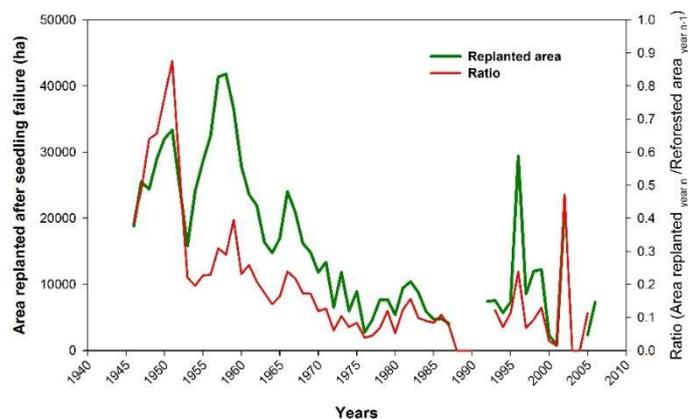


Fig. 2 Evolution of the replanted area after massive seedling mortality since 1946 to present, and of the ratio between replanted area in a given year and reforested or afforested area in the previous year.

3.3 Land availability for reforestation purposes

There are almost no data on the impact of the large-scale reforestation policy on the structure of the forest ownership before 1940. In large-scale projects for watershed and forest restoration, the State often expropriated the land after declaring the public utility or interest of such projects. However, due to the reduced reforestation activity during that period the overall impact on the structure of the ownership was rather low.

From 1940, the State applied three alternative instruments in order to develop the national reforestation policy: i) land acquisition, ii) the establishment of consortia, and iii) land expropriation. The data available for the period from 1940 to 1984 reflect the impact of applying the two first policy instruments (i.e., acquisition and consortia), which were the most used tools (Fig. 3). The consortia consisted in the establishing agreements or contracts between the State and landowners (i.e., either private owners or public ones such as municipalities). According with these consortia, the State should carry out the reforestation with no cost for the landowner in exchange for a given percentage of the future income generated by the new forest. The State was responsible for the management of the area until the recovery of the total public investment. On the other hand, landowners would benefit from getting reforested areas with no economic cost as well as from the potential share of the future income generated from timber sales. Such consortia were not very successful among private landowners inasmuch as only 18% of the land area under consortium was privately owned, whereas 82% of the area under consortium was publicly owned (Fig. 3).

The implementation of the aforesaid alternative policy instruments for increasing the availability of land for reforestation purposes made it possible for the State to have, every year from 1940 to 1984, a surplus of land to be devoted to this activity. Land acquisition followed an increasing linear trend until the 1960s, when it further increased because the land offer of marginal lands was very high. With the passage of time, the consortia with public and private landowners became the most important instrument (Fig. 3).

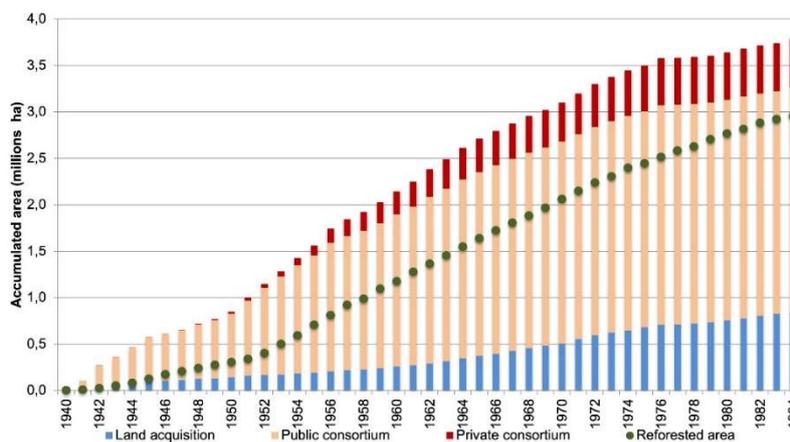


Fig. 3 Evolution of the accumulated area available for reforestation and afforestation under alternative policy instruments settled by the State, and of the area reforested by the *Patrimonio Forestal del Estado* (PFE) and *Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza* (ICONA) (i.e., not including private landowners and other administration units).

3.4. Investment in reforestation projects

A historical series of fifty-four estimates of annual reforestation costs from 1890 to 2010 was constructed (Fig. 4). The costs per hectare at the end of the 19th century ranged from 100-200 pesetas (395-790 constant €₂₀₀₆), and increased up to 400 pesetas (1.081 constant €₂₀₀₆) in the mid-1930s. The reforestation and afforestation costs may vary much according to the degree of difficulty of a given Project, which explains the considerable variability observed in Figure 4. In 1940, right after the Spanish Civil War, the average reforestation cost increased up to 2,000 pesetas per hectare (4,000 constant €₂₀₀₆). In 1968, the reforestation cost per species was 8,000 pesetas (928 constant €₂₀₀₆) per hectare for conifers, 10,000 pesetas per hectare (1,159 constant €₂₀₀₆) for eucalypts and 16,000 pesetas (1,854 constant €₂₀₀₆) per hectare for poplars. The replanting cost after seedling failure was 3,500 pesetas (405 constant €₂₀₀₆) per hectare. Nowadays, the reforestation costs are approximately 2.500 € ha⁻¹. Between 1940 and 1954, eighty per cent of the total investment in reforestation projects was devoted to workforce (Patrimonio Forestal del Estado, 1954) because the mechanization

level was very low. As a result, the reforestation policy had a great socioeconomic impact through the generation of millions of daily wages (Fig. 5).

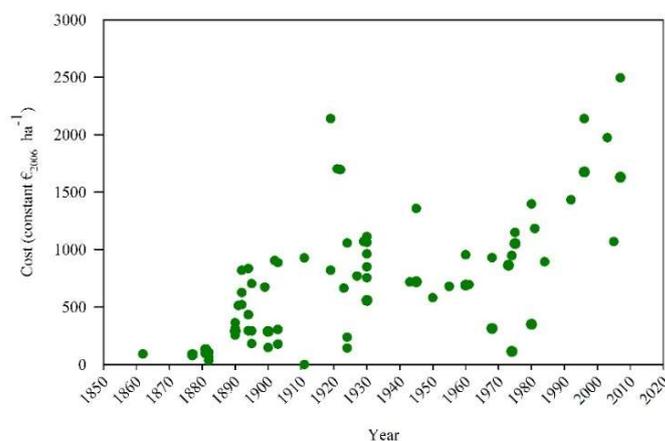


Fig. 4 Evolution of reforestation and afforestation costs (constant €₂₀₀₆) per hectare from 1890 to present.

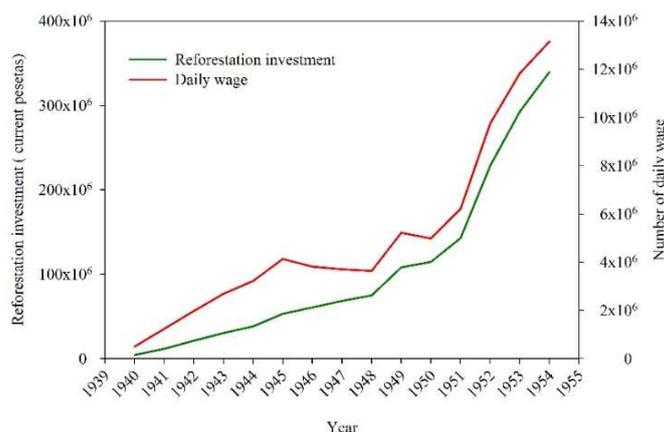


Fig. 5 Evolution of the estimated investment (current pesetas) and number of daily wages associated to the reforestation activity between 1940 and 1954.

Reforestation budgets at this stage expanded significantly. Whereas until 1900 the annual budget was 20,000 pesetas (73,600 constant €₂₀₀₆), during the first decade of the twentieth century the budget increased to 600,000 pesetas (212,500 constant €₂₀₀₆). The evolution of the annual investment in reforestation projects in the following decades was also very significant, exceeding two million pesetas (7.4 million constant €₂₀₀₆) in the early 1910s and three million pesetas (8.2 million constant €₂₀₀₆) in the 1920s (Fig. 6).

From 1940, the annual reforestation budgets experienced a sharp increase, i.e., from 6 million pesetas (12 million constant €₂₀₀₆) in 1940 to 377 million pesetas (126 million constant €₂₀₀₆) in 1953. During those fourteen years, most part of the budget was

devoted directly to reforestation works, which accounted for ninety five percent of the total budget. The remaining five percent was assigned to indirect costs and materials. The public expenditure in reforestation between 1940 and 2006 was 56,004 million pesetas (6,304 million constant €₂₀₀₆), which represented 26 percent of the public spending in forest policies (Fig. 7). The importance of reforestation budgets during these years was remarkable and was as high as 1.67 per cent of the State budget in 1957 (Fig. 7).

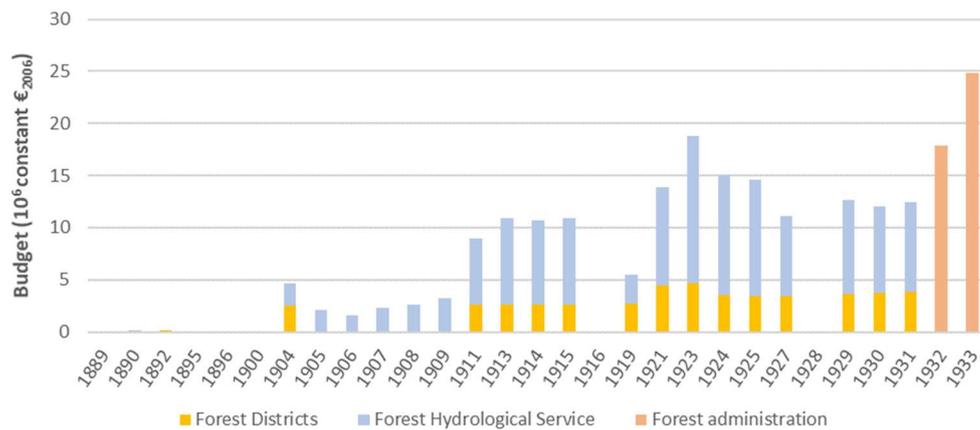


Fig. 6 Evolution of the annual budget (constant €₂₀₀₆) for reforestation works between 1889 and 1933. The annual budget values between 1889 and 1900 were 20,000 pesetas.

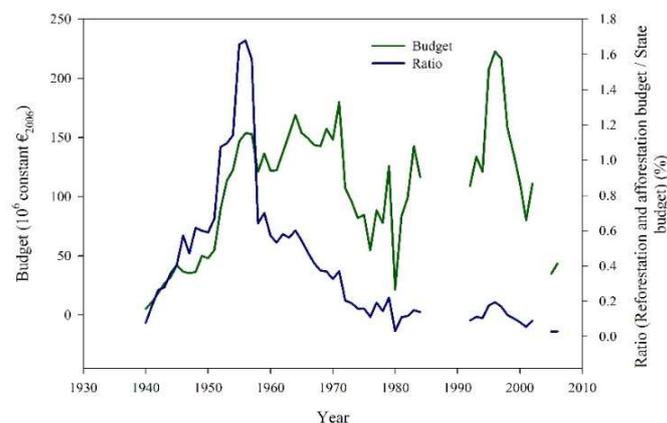


Fig. 7 Evolution of the annual budget (constant €₂₀₀₆) for forestry works and its contribution to the total national budget as defined by the ratio (in percentage) between the annual reforestation budget and the corresponding State's budget between 1940 and 1984.

3.5. Species used in reforestation and afforestation

The most utilized species in reforestation were indigenous pines, especially Maritime pine (*Pinus pinaster*) which was used in the reforestation of 870,535 hectares (Fig. 8).

The use of hardwood species, especially from the genus *Quercus*, was generalized from 1993 within the framework of the EU's afforestation programme of agricultural land. Holm oak (*Quercus ilex*) was the most commonly used species in the 1990s covering more than 185.000 hectares of monospecific and mixed afforestations. On the other hand, the total area afforested with shrub species within the above-mentioned EU afforestation programme amounted to 4,000 hectares. Regarding forest restoration, the use of shrubs and herbaceous species, such as the European marram grass (*Ammophila arenaria*) for dune fixation, was also enhanced. Some other shrub species used were: dwarf fan palm (*Chamaerops humilis*), common hawthorn (*Crataegus monogyna*), prickly juniper (*Juniperus oxycedrus*), Phoenician juniper (*Juniperus phoenicea*), mastic (*Pistacea lentiscus*), rosemary (*Rosmarinus officinalis*), Spanish broom (*Spartium junceum*), salt cedar (*Tamarix spp.*) and arar (*Tetraclinis articulata*). The accumulated reforested area with exotic species is greater than 900,000 hectares. Nowadays, eucalypts cover approximately 500,000 hectares (Toval, 1999), namely the species *Eucalyptus globulus*, *E. camaldulensis* and *E. nitens* (Ruiz et al., 2008). The second most used species in plantation forestry has been *Pinus radiata*, which nowadays covers almost 300,000 hectares in Spain. The third most utilized exotic tree species is a Euro-American hybrid poplar (*Populus x euramericana*). Nowadays, poplar plantations in Spain cover approximately 135,000 hectares.

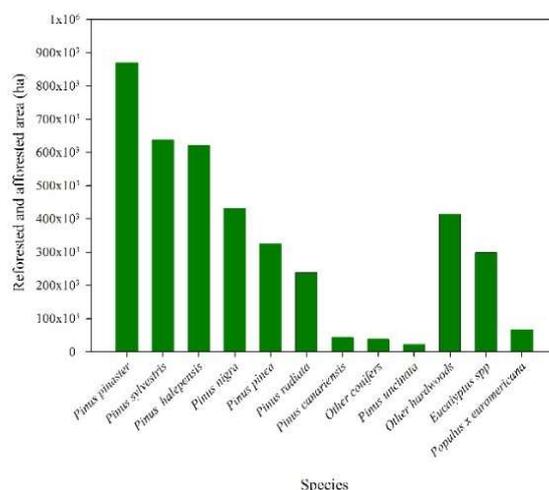


Fig. 8 Accumulated reforested and afforested area in Spain from 1940 to 2002 by tree species. The sum of the reforested area of all species represents seventy percent of the total area reforested in Spain during that period.

3.6. Forest nurseries and seed collection service

Since 1940, the increasing reforestation activity boosted the creation of tree nurseries and the collection of tree seeds for seedling production (Fig. 9). Nurseries were public and produced all seedlings that both the public administration and private owners needed. The number of nurseries increased from forty in 1940 to nearly eight hundred in the mid-1950s, and some Spanish provinces had more than forty nurseries each. Most of them were temporary nurseries established close to the areas to be reforested, as recommended by the law. In the capital of each province, a central nursery mainly produced seedlings for private owners. Nurseries were not mechanized, and their distribution throughout the national territory had the advantage of avoiding transportation costs and providing better acclimatization of seedlings due to their proximity to the target reforestation areas.

Plant production reached a peak in 1956 with 1,100 million seedlings, ninety-eight percent of which were conifers, the most commonly used trees in reforestation. The decrease of the reforestation activity over time entailed a significant reduction in the amount of nurseries and plant production. Nowadays, nurseries are permanent, moderately mechanized, mainly owned by private enterprises, and produce plant in growing pots.

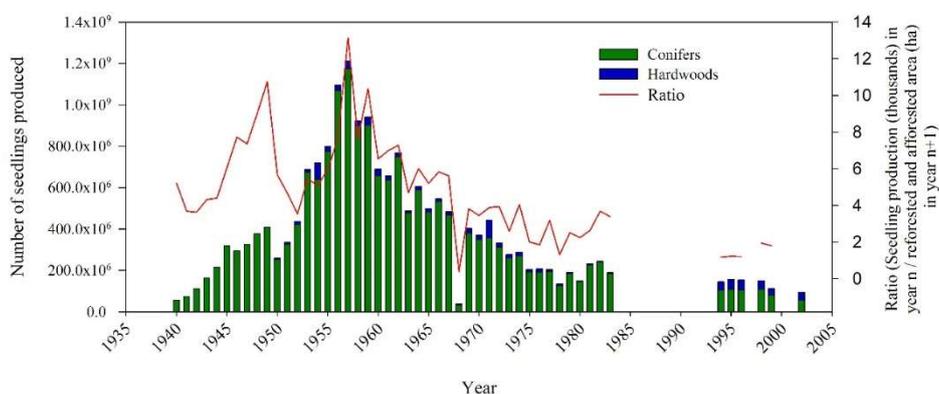


Fig. 9 Evolution of the production of conifer and hardwood seedlings, and of the ratio between the seedlings produced in one year and the area reforested and afforested in the following year.

The relationship between the amount of seedlings produced and the area reforested showed a singular evolution along time. During the 1940s and 1950s, in average, 10,000 to 12,000 plants per hectare were produced every year to be used in reforestation the following year. Such a high quantity was partly due to the high planting density used in standard reforestations, ranging from 2,000 to 3,000 plants per hectare, and to the

common practice of putting three plants in each hole in order to try to minimize the expensive replanting operations in case of massive seedling failure. In areas with high populations of rabbits, the planting density was even higher in order to minimize the damages by herbivory. Nowadays, the standard planting density is approximately between 1,000 and 2,000 plants per hectare and only one seedling is allocated in each hole.

During the first years the seed collection service focused on providing enough seeds to supply the entire national reforestation activity, which was estimated at 606,000 kilograms per year. In 1955, seed production reached a historical record of 985,000 kilograms (Fig. 10). Nowadays, due to the scant reforestation activity and to the improved germination, storage and cultivation techniques, seed consumption is not as high as in the past. Hence, seed production has currently fallen sharply to levels below 50,000 kilograms per year. The number of seeds required to produce one thousand seedlings decreased by sixty two percent from 1941 to 1984.

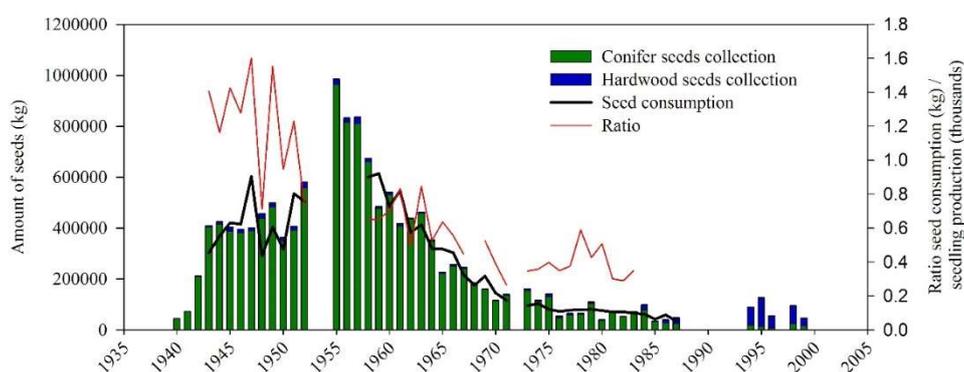


Fig. 10 Evolution of seed collection and consumption and of the ratio between annual seed consumption and seedling production.

4. Discussion

4.1. Evolution of the reforested area and associated investments

4.1.1. 1877 – 1939: the first reforestations

The reforestation activity during the last quarter of the nineteenth century was practically negligible due to the delay in the approval of laws, the lack of administrative units and technicians, and the limited financial resources. At the time, reforestation was mainly oriented towards soil protection and forest restoration in target watersheds.

The Forest Act and the law for the improvement, promotion and reforestation of public forests were published, respectively, in 1863 and 1877. The 1877's law was similar to the German, French and Swiss legislations (Artigas, 1878), but its application in Spain was limited. The first regulation clearly oriented toward forest restoration came into force eleven years later; the Royal Decree of 1888 about reforestation in headwaters of rivers. As a result, several attempts to develop reforestation plans were made, e.g., the Reforestation General Reports based on the law of 1877, and several Watershed Assessment Reports based on the rule of 1888. The development of the modern Spanish forest administration also began during this period. The first territorial administrative units, so-called forest districts, were created in 1856 and extended throughout the country in 1865 (Gómez de Mendoza and Manuel, 1999; Pemán, 2009). Special administrative divisions so-called Reforestation Committees were established to develop the forest regeneration promoted by the rules of 1888, but their capacity to undertake their commitments was very limited due to the scarcity of funding (Castell, 1888) and, in consequence, the area reforested during these years was very small (Fig. 1).

During the first forty years of the 20th century, most efforts were devoted to developing reforestation regulations and laws (Pemán, 2013), although some authors described their provisions as dead letters (Cuesta, 1919; Ximénez de Embún i Oseñalde, 1933), and to create new administrative units as the Forest Hydrological Service. This unit was created in 1901 in order to give continuity to the task initially undertaken by the above-mentioned Reforestation Committees with the aim of protecting headwaters of river basins and fixing coastal sand dunes (Gómez de Mendoza and Ortega, 1989). The creation of this service represented an increase of protective reforestations during the first forty years of the century (Fig. 1) although the political instability and reduced budgets prevented further progress of reforestation activities (Castell, 1888; Pemán and Vadell, 2009). Although reforestation budgets were scarce during this stage, they increased from 1901 in order to fund the works of the recently created Forest Hydrological Service. Although this aimed at enhancing reforestation, the ambitious reforestation goals were not fully achieved.

At the same time, several attempts to integrate reforestation into national-level forest planning were made, as for instance the proposals of national reforestation plans made in 1911, 1926, 1933 and 1938. Only the *Plan General para la Repoblación Forestal de España* (General Reforestation Plan of Spain), wrote in 1938 by Joaquin Ximénez de Embún and Luis Ceballos was partially used in the next period.

4.1.2. 1940 – 1984: the large-scale reforestation of Spain by the public administration

The end of the Spanish civil war in 1939 inaugurated Franco's dictatorship, which lasted thirty-six years (1939-1975) and was a period of great expansion of the reforestation activity (Fig. 1). The consideration of reforestation as an important national matter by the political regime also arose, at least in the beginning, from its potential to boost the economy of rural areas and to face the high unemployment rate (Ortuño, 1975). From 1940 to 1952, the so-called "autarkic period" (Navarro-Garnica, 1977), the reforestation activity was determined by the socioeconomic characteristics arising from the international isolation of Spain and its economic self-sufficiency. Since there was neither any mechanization for executing reforestation works nor for transporting workers and seedlings to the target reforestation areas, the reforestation activity was based on the utilization of a large amount of labour. During the "incipient mechanization period" (1953-1966), the budgets devoted to reforestation increased and the highest reforestation rates were achieved reaching a maximum in 1957, when 143,958 hectares were reforested (Fig. 7). During the "mechanization period" (1967-1984) manual work was mechanized and the use of crawler for soil preparation became widespread.

The key instrument to develop the reforestation policy at this stage was the public agency called *Patrimonio Forestal del Estado* (State Forest Heritage), created in 1935 but not completely active until 1940. The reforestation activity was basically conducted by the forestry administration (Fig.1), as it also happened during the previous historical phase, due to the widespread opinion that the public administration should mainly focus on forest restoration (Elorrieta, 1934). The State attempted to promote private reforestations with successive laws, some of them very innovative at the time as the Law of 1952. However, the low economic profitability of timber harvesting discouraged private investments. The area reforested by private owners represented nine percent of the total reforested area. On the other hand, the main problem of public reforestations was the lack of enough public land to be devoted to reforestation purposes. In consequence, land availability became the main bottle neck for the implementation of large-scale reforestations (Pemán et al., 2009). In many cases, the available lands were poor sites with high evidence of soil degradation that should not have been reforested with trees (Gómez de Mendoza and Mata, 1992; Ortuño, 1990), which resulted in high seedling mortality rates (Fig. 2). In view of the need for restoring the forest cover and reducing rural unemployment throughout the country, reforestation policies gave priority to quantity over quality. In consequence, although the reforested area during these decades was finally higher than expected, the final result was not always in accordance with the original objectives (Gómez de Mendoza and Mata, 1992; Ortuño, 1990).

Reforestation were developed without a proper land-use planning, which often resulted in conflicting interests with alternative land uses. Reforestation costs were very low compared to other countries (FAO Secretariado, 1958), which allowed the reforestation of large areas with the available budget (Fig. 4).

In a context of poverty, until the 60s, the State increased yearly the budgets devoted to reforestation with a clear a social objective in order to reduce the unemployment rates of the rural areas (Fig. 5). Despite the high amount of daily wages generated, the employment was temporary and precarious (García Salmerón, 1990). The period of economic self-sufficiency ended in 1953 with the signing of the economic agreements with the United States of America. In 1956, 27% of the budget was provided by this aid. Since the cost of daily wages had tripled over that period, mechanization was enhanced inasmuch as it was regarded as the solution for reducing costs and maintaining the reforestation activity with similar intensity and pace as in the past. The evolution of the budgets devoted to large-scale reforestation since the 60s was linked to the successive Social and Economic Development Plans (Fig. 7). The first two plans (1964-1967 and 1968-1971) assigned significant budgets to reforestation, especially aiming at timber production. The reforestation policy carried out from 1940 found social resistance in some places, especially in rural areas and villages with communal land or where the land was mainly used as pastureland (Fernández-Muñoz, 2002). On the other hand, the impact of large-scale reforestations on rural depopulation of mountain villages is still under discussion. The purchase of rural land by the State represented a good opportunity for some people as they moved to the cities in better economic conditions. On the contrary, in rural areas with no reforestation plan many people had to leave their villages anyway, and with no economic reward, due to the impoverishment of the mountain areas (Fernández-Muñoz, 2002; Satué, 2003). Since the 1970s, the criticisms about the way reforestations were carried out were intensified by Spanish non-governmental environmental organizations, born after the Spanish universities introduced the studies of Ecology (García Novo, 2009). The criticisms mainly focused on: i) the almost exclusive use of pines species, ii) the utilization of non-native species like eucalypts, Monterrey pines or poplar hybrids, iii) the promotion of monospecific stands, iv) the use of bench terraces with high visual and soil impact as main site preparation technique, v) the low multifunctionality of reforestations with regard to other uses such as grazing. Indeed, reforestations constituted the main focus of the criticisms of environmental organizations in Spain during those years (Castroviejo, 1978).

4.1.3. 1984 to present: Current democratic period

Spain became a democratic State again in 1978, adopting a constitution that decentralized the State into seventeen autonomous communities and two autonomous cities. Forest policy was among the competences transferred by the State to each autonomous region, a process that was completed in 1984. The reforestation activity underwent a decline until the 1990s partly due to: i) the economic stagnation caused by the 1973 oil crisis, ii) the decentralization of the competences on forest management from the central government to the Autonomous Communities and, iii) the strong social opposition led by non-governmental environmental organizations (Castroviejo et al., 1985).

The entrance of Spain into the European Economic Community in 1986 represented a crucial political and economic transformation, and some of the environmental protection and forestry measures proposed within the Common Agricultural Policy (CAP), approved in 1992, had an enormous impact on the Spanish afforestation dynamics. The approval of the programme for the afforestation of agricultural lands in 1993, with a 500 million euro budget for Spain, represented a shift in both the reforestation and afforestation rate and the techniques utilized. The afforested land during the period 1993-99 reached 460,000 hectares, with annual afforestation rates similar to the reforestations conducted during the 1950s. According to Picard (2001), afforestation during this period was mainly characterized by the following features: i) the target land types for afforestation purposes, namely marginal lands, arable land (22%), grasslands and grazed fallow land (50%), and open afforested area (28%); ii) afforestation was conducted by private landowners who were the beneficiaries of the economic support provided by the CAP (i.e., almost 22,300 beneficiaries with an average area of 16 hectares per holding); and iii) the innovation in the afforestation techniques which ranged from modernization of nurseries to new afforestation techniques and products in order to improve the success in the establishment and survival of seedlings with a lower impact on the soils and landscapes. Furthermore, in the afforestation for protection purposes, mixed stands were again preferred as compared to monospecific plantations, i.e., *Quercus* species were the most utilized in the Mediterranean area. Between 2000 and 2006, the afforestation pace reduced its intensity, which resulted in 208,000 hectares afforested during those years (Fig. 1). The impact of this afforestation programme was uneven throughout Spain. On one hand, it allowed the afforestation of private abandoned lands under high risk of erosion, which otherwise would have been further degraded. On the other hand, the resulting stands often represented rather small and isolated patches within agricultural landscapes with no connection with larger forest areas. Furthermore, in some cases, afforestation was conducted using excessively low planting densities or unsuitable slow-

growing tree species, whereas in some other cases shrub species were used in areas suitable for tree species. This contributed to the creation of highly fragmented forest landscapes (Tribunal de Cuentas, 2005). This is mainly because the CAP, to a certain extent, used the afforestation programme as an instrument to prevent marginal agricultural lands to be further cultivated. Thus, many afforested areas did not respond to forest management interests and objectives, and they have often just contributed to the fragmentation of the agricultural landscapes by inserting small forest patches lacking connectivity with the already existing large forest areas. Since the subsidies received by the beneficiaries under the CAP afforestation programme were in exchange for maintaining the afforested land for a 20-year period, the future of many of those afforestations remains uncertain.

4.2. Species used in reforestation

The use of different tree species depended on the purpose of each reforestation project. At the beginning of the reforestation activities conifers were the most utilized ones based on the idea that they performed better than broadleaves and that pines were more suitable for Mediterranean mountain areas, whereas the use of broadleaf species should be restricted to low-mountain areas, streams and wetlands (Madariaga, 1909). Indeed, the massive use of pine trees arose from the assumption of the ecological facilitation concept (Ximénez de Embún and Oseñalde and Ceballos, 1939) which suggested the large-scale use of pines, due to their adaptability to a wide range of environmental conditions, in order to facilitate the subsequent establishment of hardwood species (Gil and Prada, 1993). However, although pines were the principal species in reforestation, the resulting forest stands tended to be mixed. In contrast, in the north of the Iberian Peninsula, hardwood species such as oaks, lindens, maples, ashes, and even chestnuts and walnuts, were frequently used in forest restoration (Acebal, 1888). On the other hand, non-native fast-growing species were mainly used in reforestations oriented toward wood production. Private owners were the first to use non-native species, whereas the forest administration was more reticent based on the belief that native trees were more adapted to the Spanish environmental conditions. Although there is evidence of reforestation with exotic species such as Norway spruce (*Picea abies*) in the navy forests during the early 19th century (Michel, 2004), the veritable introduction of exotic species began during the second half of the 19th century, at the same time as in other parts of Europe (Ventalló, 1879). The species of greatest interest were eucalypts and Monterey pine (Adán de Yarza, 1913).

The protective reforestations made after 1940 continued to use pine as a target species but with the difference that the forest stands were monospecific. The use of hardwood species was negligible (Fig. 8). The massive use of these species was justified by the nature of pioneer species in forest dynamics and their economic interest compared to native hardwoods (Ceballos, 1960). Simultaneously, the use of fast-growing species, particularly eucalypts, Monterey pine and poplar was promoted. Eucalypts were the most used due to their relevance to cellulose industries, which were declared of national interest. Monterey pine was the second most commonly used fast-growing species due to its interest for timber and pulp production. Poplars were also very common, and some regulations such as the law of 1941 on riverbanks, the law of 1952 and the law of 1977 on Promotion of Forest Production and the Second Social and Economic Development Plan aimed at promoting their use. The purpose was to use poplars on the riverbanks or in new irrigated land to produce wood pulp and wood for packaging. Among the native species the most important one was *Pinus pinaster*, which was used for production purposes in northern Spain, whereas in the Mediterranean area was used as a pioneer species for forest restoration.

The impact of exotic plantations, and specially eucalypt plantations, on soil degradation, as well as on ecological, hydrological and socioeconomic dynamics have been the subject of continuous discussions (Ruiz et al., 2008). At the end of the 1950s, the area covered by eucalypts in Spain represented half of the eucalypt plantations in whole Europe (FAO Secretariado, 1958). The widespread use of pines in forest restoration and exotic species also generated strong criticisms from ecologists, mainly during the 1970s and 1980s (Castroviejo et al., 1985; Groome, 1990; Parra, 1990). Since then, such forest restoration concepts have been widely studied from the ecological point of view and have been the object of intense discussion (González-Moreno et al., 2011; Maestre et al., 2003; Pausas et al., 2004). As a result, from the 1990s the afforestation projects recovered the use of several species, mainly of the genus *Quercus* in the Mediterranean area, in order to promote mixed forests. Paradoxically, this conceptual approach is not far from the way reforestation had been designed in Spain before the 1940s.

4.3. Land availability for reforestation purposes

Land availability for the development of the national reforestation policy at large scale represented a strong potential limitation due to the structure of the forest ownership. In 1940, the forest area in Spain was approximately 24.293.000 hectares. Only 1% of the forest area was owned by the State (DGMCyPF, 1941), whereas 78% was privately

owned and the remaining 21% belonged to municipalities. Thus, the forests area owned by the State was 10 to 30 times lower as compared to most Central European countries (Fernández-Alonso, 1933).

Among the different policy instruments to increase land availability for reforestation, land acquisition mostly focused on non-wooded lands, although some areas were also acquired for conservation purposes. As a result, the forest area owned by the State shifted from 242,930 to 1,106,248 hectares. On the other hand, consortia were the most preferred tool by the State inasmuch as it did not entail any expenses for land acquisition. Moreover, forests under consortia actually became a sort of co-ownership in which the planted trees and timber production belonged to the State (Montero de Burgos, 1994).

The policy to increase land availability for reforestation caused a considerable change in the structure of the forest ownership. In turn, this had a significant impact on the rural society inasmuch as the traditional uses were limited on those areas. This resulted in strong social resistance in some places, especially in rural areas and villages with communal land or where the land was mainly used as pastureland (Fernández-Muñoz, 2002). Furthermore, land acquisition by the State, which sometimes affected whole municipalities, resulted in massive migration of people from mountain areas. The impact of large-scale reforestations on rural depopulation of mountain villages is still under discussion. Indeed, the purchase of rural land by the State represented a good opportunity for some people as they moved to the cities in better economic conditions. On the contrary, in impoverished rural areas with no reforestation plan many people had to migrate anyway with no economic reward (Fernández-Muñoz, 2002; Satué, 2003).

Most consortia are still in force nowadays, excepting those areas where consortia were established to promote reforestation with fast-growing tree species. The State is still responsible for the forest management in the areas under consortium, but some regions within Spain are currently planning alternative ways to return those areas to their owners.

4.4. Forest nurseries and seed collection service

In the late 19th century the recommendation of planting instead of sowing for reforestation establishment gained strength (Laguna, 1864), although there were conflicting opinions between experts (Acebal, 1888). Planting took long to be a generalized practice due to several reasons: i) higher costs than sowing, ii) the need for tree nurseries to produce seedlings and, iii) the absence of trained personnel to properly manage seedling production processes. The first laws regulating the installation of tree nurseries were approved in 1877 and 1888. Those rules stipulated that tree

nurseries should be established in forest districts where reforestations were planned to be implemented by planting methods. The area of a tree nursery should never exceed ten hectares. This approach intended to avoid large nursery areas and to reduce plant transportation costs (Anónimo, 1877).

From 1940, the importance of reforestation activities resulted in the creation of numerous forest nurseries and the Special Forest Seed Service in 1953, which became the responsible for the supply of seeds for reforestation. Although the need for tree seedlings was initially very high due to the high planting densities used, forest nurseries were able to produce all seedlings needed for reforestation throughout the country in a short time after their establishment (Fig. 9). Afterwards, the reduction of planting density and the eradication of the practice of planting several plants per hole, led to a significant decline in the demand for forest plants. The available data concerning the evolution of the seedling production methods (i.e., from bare root to containerized seedling production) are very scarce. Already at the time of the first reforestations, the use of containerized seedling production was recommended for reforesting areas characterized by unfavourable growing conditions. During the 1950s and the beginning of the 1960s, the most utilized seedling containers were cane tubes, wooden pots, clay pots and cardboard containers (Monzón, 1962; Pita, 1962). These containers presented several shortcomings related to the excessive weight of clay pots, the low durability of cardboard containers, root deformation problems, and whether they were removed or not when planting. At the end of the 1960s, polyethylene bags started to be utilized as seedling containers in reforestations, mainly in southern Spain, due to the influence of the French and Italian reforestation techniques (Parra, 1968; Peñuelas and Ocaña, 1996). The main problems of using plastic bags were also related to root deformation (Peñuelas and Ocaña, 1996). However, until the 1980s the bare-root seedling production method represented more than 80% of the seedlings produced (Navarro-Garnica, 1980). From 1984, public nurseries progressively disappeared as a consequence of the decrease in the reforestation activity and, nowadays, the private nurseries are the major producers of forest tree seedlings.

The creation of the Special Forest Seed Service entailed the onset of high standards to improve seed quality by certifying all seeds collected according to genetic and ecological criteria, and through the creation of seed orchards (DGMCyPF, 1957). This allowed for supplying the demand from forest nurseries in terms of forest seeds, even though the demand decreased progressively along time due to the improved techniques and efficiency in seedling production (Fig. 10).

5. Conclusions

The history of large-scale reforestation and afforestation in Spain reflects the multi-sectorial complexity that involves the development of land-use policies. Reforestation and afforestation policies were not just part of a broader national forest policy, but also important tools for agricultural and social policies. The reforestations carried out from 1877 until today responded to different national concerns regarding both socioeconomic and ecological issues. The reforestation activity also varied over time according to the changing political context of the country. Accordingly, the large-scale reforestation of Spain can be divided in three historical periods.

From 1877 to 1939, the ideological basis of the need for reforestation in order to face large-scale deforestation and forest degradation was settled. The first protective reforestations were made during that period, aiming at forest restoration by creating mixed forests, some of which are nowadays protected natural areas. However, the political instability of the time and the reduced financial resources limited the reforestation activity during that historical period. The period 1940-1984 is characterized by the boost of large-scale reforestation in Spain. The availability of public land was the key factor that explains the distribution of the reforested area at the national scale. The budget allocated to reforestation increased significantly since 1940 in order to provide a large amount of daily wages. The widespread use of pine species resulted in the creation of monospecific stands, in contrast to the mixed stands promoted during the previous historical period. Reforestations clearly oriented toward timber production with fast-growing exotic species were also promoted at the time. The high annual reforestation rate during this stage required the creation of public infrastructures throughout the country to organize the supply of a large amount of seeds and seedlings. At the end of this period reforestation started to face strong criticisms. The decentralization of forest policy coupled with the economic stagnation and strong social criticisms resulted in a decrease of the reforestation activity at the end of the eighties. The EU-funded afforestation programme of agricultural lands carried out after 1993 resulted in the reactivation of the reforestation and afforestation policy in Spain. The ambitious budgets devoted to this programme contributed to the technological renovation concerning seedling production techniques in nurseries, and the utilization of new materials to improve seedling establishment after planting (e.g., tree tubes, hydrogels, and mulch systems). However, the performance of the resulting stands and reforested areas has been uneven throughout the country, and further research should be devoted in order to conduct a comprehensive evaluation of the afforestation programme of agricultural lands in Spain.

Woodlands currently cover 65% of the Spanish forest area. The socioeconomic, political and ecological dynamics that resulted in the current national landscape cannot be fully understood without taking into account the large-scale reforestation policy conducted since the end of the 19th century to present. The lessons learnt from the analysis of the Spanish experience can contribute to improving the design of large-scale reforestation policies as well as their potential impacts in other parts of the world and, in the end, shed light on the debate about the possible solutions to deforestation and degradation in impoverished areas.

Nowadays, the stands originated from the historical large-scale reforestation process represent a challenge in terms of forest management and planning. The management of the widespread monospecific stands is the object of much debate inasmuch as many are affected by decaying processes (Navarro-Cerrillo et al., 2007; Sancho-Benages, 2006), and are highly vulnerable to wild fires (Sancho et al., 2015). The aim is to increase the resilience of those reforestations and afforestations in order to reduce their vulnerability to biotic and abiotic hazards (Andrés and Ojeda, 2002; Chapin III et al., 2009). Notwithstanding, some challenges are shared with native forests inasmuch as some problems arise from the abandonment and lack of management regardless of the origin of the forest stands. Probably, the most specific challenge affecting the widespread monospecific and coetaneous stands is the need for diversifying the stands not only by increasing species richness (Carreras, 2006; Prévosto et al., 2011), but also in terms of stand age in order to facilitate a gradual and properly planned regeneration process. On the other hand, reforestation and afforestation with fast-growing species also contributed to the sharp increase of timber production in Spain. Thus, timber production in Spain achieved 12 million m³ in 1984, and reached 17 million m³ in 2010, whereas in 1940 timber production was not higher than 1.5 million m³. For some species (i.e., eucalypts), reforestations contributed to multiply timber production by 25 as compared to 1940. Nowadays, many of those productive stands remain in sites with good growing conditions, whereas the fast-growing species growing in poorer sites or in areas with strong social opposition are gradually replaced by native forest species. This is the case for instance of Monterrey pines being substituted by *Pinus canariensis* in the Canary Islands, or the replacement of eucalypts and hybrid poplars by, respectively, native oaks and riverside forests in other parts of Spain.

References

- Acebal, R., 1888. Los trabajos de repoblación en la montaña de Covadonga. *Rev Montes* 277, 393–400.
- Adán de Yarza, M., 1913. La repoblación forestal en el País Vasco. Imprenta de la Provincia, San Sebastián.
- Allen, J., Barnes, D., 1985. The causes of deforestation in developing countries. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 75, 163–184.
- Andrés, C., Ojeda, F., 2002. Effects of afforestation with pines on woody plant diversity of mediterranean heathlands in southern Spain. *Biodivers. Conserv.* 11, 1511–1520. doi:10.1023/A:1016850708890
- Anónimo, 1877. Proyecto de Ley de repoblación de montes. *Rev Montes* 10, 217–219.
- Aranda, G., 1999. El camino del hacha. La selvicultura, industria y sociedad. Visión histórica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid.
- Armenteras, A.A., 1903. Árboles y Montes. Curiosidades artísticas e históricas. Imprenta Ricardo Rojas, Madrid.
- Artigas, P., 1878. Breves apuntes sobre repoblación y encespedamiento de montañas. *Rev Montes* 32, 225–228.
- Arts, B., Buizer, M., 2009. Forests, discourses, institutions. *For. Policy Econ.* 11, 340–347. doi:10.1016/j.forpol.2008.10.004
- Ayana, A.N., Arts, B., Wiersum, K.F., 2013. Historical development of forest policy in Ethiopia: Trends of institutionalization and deinstitutionalization. *Land use policy* 32, 186–196. doi:10.1016/j.landusepol.2012.10.008
- Barrachina, J., 1926. El nuevo Plan de Repoblación Forestal. *La Madera y sus Industrias* 74, 11–12.
- Bauer, H., 1980. Los montes de España en la Historia. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Carreras, A., Prados, L., Rosés, J.R., 2005. Renta y riqueza, in: Carreras, A., Tafunell, X. (Eds.), *Estadísticas Históricas de España: Siglos XIX-XX*. Fundación BBVA, pp. 1219–1221.
- Carreras, C., 2006. Diversificación estructural de masas forestales artificiales: resultados de ensayos en Andalucía Oriental. *Investig. Agrar. Sist. y Recur. For. FS*, 103–110.
- Casado, L.J., 1950. La repoblación forestal en España. *Montes* 337–354.
- Castell, C., 1888. El Decreto sobre Repoblación de Montes. *Rev Montes* 74, 457–460.
- Castroviejo, S., 1978. El medio rural y las repoblaciones forestales, in: Castroviejo, S., Murado, M., Silva, R., Xordo, R. (Eds.), *Ecología Y Política En España*. Ediciones Blume, Madrid, pp. 193–223.
- Castroviejo, S., García-Dory, M.Á., Martínez-Vicente, S., Prieto, F., 1985. Política forestal en España (1940-1985) ¿Producción o conservación? *Quercus* 19, 5–30.
- Ceballos, I., 1960. Repoblación forestal española en los últimos veinte años (1940-1960). *Estud. Geográficos* 497–507.
- Chapin III, F.S., Kofinas, G.P., Folke, C., 2009. Principles of ecosystem stewardship: resilience-based natural resource management in a changing world. Springer, New York.
- Cuesta, S., 1919. La repoblación forestal. Asociación de Agricultores de España, Madrid.
- De la Cruz, J., 1855. Estudios sobre el ramo de Montes arbolados en España. Imprenta José Trujillo, Madrid.
- DGMCyPF, 1941. Memoria del avance de Estadística de Producción forestal de España. Año 1940. Sección de Publicaciones Prensa y Propaganda Ministerio de Agricultura, Madrid.
- DGMCyPF, 1957. Memoria de sus actividades durante el año 1956. Ministerio de Agricultura, Madrid.

- Elorrieta, O., 1934. Es necesario definir e implantar con urgencia una política forestal. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- FAO Secretariado, 1958. El programa español de repoblación forestal. Unaysilva I.
- Fernández-Alonso, L., 1933. El problema de la restauración y repoblación forestal en España, in: Asociación Ingenieros de Montes (Ed.), Aportación a La Política Forestal de España. Memorias Premiadas En El Concurso Convocado Por La Asociación de Ingenieros de Montes. Rivadeneyra, Madrid, pp. 125–308.
- Fernández-González, F., 1986. Los bosques mediterráneos españoles. Ministerio Obras Públicas, Madrid.
- Fernández-Muñoz, S., 2002. Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara). *Eria* 58, 183–203.
- García Novo, F., 2009. La implantación de la ecología en España, in: Sánchez del Río, C., Muñoz, E., Alarcón, E. (Eds.), *Ciencia Y Tecnología*. Biblioteca Nueva, Madrid, pp. 205–242.
- García Salmerón, J., 1990. La repoblación en España. Historia, resultados procedimientos y perspectivas. *Maquin. For.* 42–55.
- GEHR, 1994. Más allá de la “propiedad perfecta”, El proceso de privatización de los montes públicos españoles (1859-1926). *Not. Hist. Agrar.* 8, 99–152.
- Gil, L., 2008. Pinares y Rodenales. La diversidad que no se ve. Real Academia de Ingeniería, Madrid.
- Gil, L., Prada, M.A., 1993. Los pinos como especies básicas de la restauración forestal en el medio mediterráneo. *Ecología* 7, 113–125.
- Giménez, L., 1950. Labor desarrollada por el Patrimonio Forestal del Estado desde su creación hasta finales de 1949. *Rev Montes* 33, 367–387.
- Gómez de Mendoza, J., Manuel, C., 1999. Las instituciones forestales en la España contemporánea, in: Madrigal, A. (Ed.), 150 Años de Aportaciones de Los Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, pp. 549–588.
- Gómez de Mendoza, J., Mata, R., 1992. Actuaciones forestales públicas desde 1940. Objetivos, criterios y resultados. *Agric. Soc.* 65, 15–64.
- Gómez de Mendoza, J., Mata, R., 2002. Repoblación forestal y territorio (1940-1971). *Eria* 58, 129–155.
- Gómez de Mendoza, J., Ortega, N., 1989. Inundaciones históricas y la génesis de la acción hidrológico-forestal en España (1855-1933), in: Instituto Universitario de Geografía-Caja de Ahorros del Mediterráneo (Ed.), *Avenidas Fluviales E Inundaciones En La Cuenca Mediterránea*. Alicante, pp. 347–364.
- González-Moreno, P., Quero, J.L., Poorter, L., Bonet, F.J., Zamora, R., 2011. Is spatial structure the key to promote plant diversity in Mediterranean forest plantations? *Basic Appl. Ecol.* 12, 251–259.
- Groome, H., 1990. Historia de la política forestal en el estado Español. Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, Madrid.
- Helms, J., 1998. *The Dictionary of Forestry*. CAB INTERNATIONAL.
- Jordana, J., 1896. Estadística de las siembras y plantaciones verificadas en los montes públicos y cabeceras de las cuencas hidrológicas desde la publicación de la ley de 11 de julio de 1877 hasta el fin del año forestal de 1894-95. Imprenta de Ricardo Rojas, Madrid.
- Kaplan, J., Krumhardt, K., Zimmermann, N., 2009. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quat. Sci. Rev.* 28, 3016–3034.
- Laguna, M., 1864. Memoria de reconocimiento de la Sierra de Guadarrama desde el punto de vista de repoblación de sus montes. Imprenta Nacional, Madrid.
- López-Estudillo, A., 1992. Los montes públicos y las diversas vías de su privatización en el siglo XIX. *Agric. Soc.* 65, 65–99.

- Madariaga, J.A., 1909. Repoblación forestal. Medios de dar valor a eriales y terrenos pobres. Imprenta Alemana, Madrid.
- Maestre, F.T., Cortina, J., Bautista, S., Bellot, J., 2003. Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations? *For. Ecol. Manage.* 176, 147–160.
- Maluquer de Motes, J., 2005. Consumo y precios, in: Carreras, A., Tafunell, X. (Eds.), *Estadísticas Históricas de España: Siglos XIX-XX*. Fundación BBVA, Madrid, pp. 1247–1297.
- Michel, M., 2004. El Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) en la historia de la Comunidad Autónoma de Euskadi. Análisis de un proceso de forestalismo intensivo. Universidad Politécnica de Madrid.
- Montero de Burgos, J.L., 1994. Actualizar los antiguos consorcios. *Rev. For. Española* 10, 6–10.
- Monzón, A., 1962. Técnicas de repoblación en Levante, in: Dirección General de Montes Caza y Pesca Fluvial (Ed.), *II Asamblea Técnica Forestal*. Madrid, pp. 493–510.
- Navarro-Cerrillo, R., Varo, M., Lanjeri, S., Hernández-Clemente, R., 2007. Cartografía de defoliación en los pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y pino salgareño (*Pinus nigra* Arnold.) en la Sierra de los Filabres. *Ecosistemas* 16, 163–171.
- Navarro-Garnica, M., 1977. Los planes para la repoblación forestal en España, in: Navarro-Garnica, M., Molia, J., Montero de Burgos, J.L. (Eds.), *Técnicas de Forestación*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid, pp. 7–9.
- Navarro-Garnica, M., 1980. El Catón de los viveros forestales del ICONA. ICONA, Madrid.
- Ortuño, F., 1975. Consideraciones sobre la política forestal en España y su relación con la protección del medio ambiente. *Rev. Montes* 181, 209–221.
- Ortuño, F., 1990. El plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y comentarios. *Ecología Fuera Serie*, 373–392.
- Parra, F., 1990. La política de espacios naturales una historia ambigua. *Rev. Cienc. urbana* 83, 67–76.
- Parra, J.L., 1968. Repoblaciones en el Sureste. Máquina para el llenado y siembra de bolsas de plástico. *Montes* 140, 109–115.
- Patrimonio Forestal del Estado, 1954. Memoria Resumen de los trabajos realizados en el cuatrienio 1950-1953. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Pausas, J.G., Blad, C., Valdecantos, A., Seva, P., Fuentes, D., Alloza, A., Vilagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J., Vallejo, R., 2004. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. *Plant Ecol.* 171, 209–220.
- Pemán, J., 2009. Evolución del servicio del ramo de montes desde 1835 hasta 1940, con especial atención a las unidades administrativas de carácter repoblador, in: Sociedad Española de Ciencias Forestales (Ed.), *5º Congreso Forestal Español*. Ávila.
- Pemán, J., 2013. La regulación y fomento de la actividad repobladora en la legislación forestal en el periodo comprendido entre 1860 y 1940, in: Sociedad Española de Ciencias Forestales (Ed.), *6 Congreso Forestal Español*. Vitoria.
- Pemán, J., Ruvireta, J., Blanco, R., 2009. Influencia de la disponibilidad de superficie en la actividad repobladora desarrollada por la Administración entre 1940 y 1973. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 30, 325–330.
- Pemán, J., Vadell, E., 2009. Reconstrucción de la estadística de la actividad repobladora desde 1879 hasta nuestros días. *5 Congreso Forestal Español* 1–14.
- Peñuelas, J., Ocaña, L., 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid.
- Picard, O., 2001. Evaluation of the Community aid scheme for forestry measures in agriculture of Regulation No 2080/92. Auzeville.

- Pita, P., 1962. Repoblaciones en general, in: Dirección General de Montes Caza y Pesca Fluvial (Ed.), II Asamblea Técnica Forestal. Madrid, pp. 325–357.
- Prévosto, B., Monnier, Y., Ripert, C., Fernandez, C., 2011. Diversification of *Pinus halepensis* forests by sowing *Quercus ilex* and *Quercus pubescens* acorns: Testing the effects of different vegetation and soil treatments. *Eur. J. For. Res.* 130, 67–76. doi:10.1007/s10342-010-0396-x
- Rueda, G., 1997. Desamortización en España: un balance (1766-1924). Arco/Libros S.L., Madrid.
- Ruiz de la Torre, J., 1993. La realización del Programa forestal del Plan Nacional de Obras Hidráulicas, in: CEDEX (Ed.), Plan Nacional de Obras Hidráulicas de Manuel Lorenzo Pardo de 1933. Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente, Madrid, pp. 79–106.
- Ruiz, F., López, G., Toval, G., Alejano, R., 2008. Selvicultura de *Eucalyptus globulus* Labill., in: Serrada, R., Montero, G., Reque, J.A. (Eds.), Compendio de Selvicultura Aplicada En España. Madrid, pp. 118–154.
- Sancho, J., Pons, A., Escrig, A., 2015. Evolución de las repoblaciones forestales en la Comunitat Valenciana y su relación con los incendios forestales. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 41, 153–164.
- Sancho-Benages, S., 2006. Aproximación dendroecológica al decaimiento de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Ibérico de la provincia de Teruel. Lleida.
- Sanz, J., 1986. La historia contemporánea de los montes públicos españoles, 1812-1830. Notas y reflexiones (II), in: Historia Agraria de La España Contemporánea. Vol. 3. Ediciones Crítica, Madrid, pp. 143–170.
- Satué, E., 2003. Ainielle. La memoria amarilla. Prames, Zaragoza.
- Toval, G., 1999. Repoblaciones Forestales, Selvicultura de los eucaliptares, in: Madrigal, A. (Ed.), 150 Años de Aportaciones de Los Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, pp. 313–339.
- Traugott, E., 1964. Media Terra. Zwischen Bosphorus und Gribaltar. München-Wien.
- Tribunal de Cuentas, 2005. Informe especial (9/2004) sobre las medidas forestales en el marco de la política de desarrollo rural, acompañado de las respuestas de la Comisión (2005/C 67/01). Bruselas.
- Ventalló, P.A., 1879. Los Gomereros de Australia. Imprenta la Industrial, Tarrasa.
- Villanueva, T., 1924. La reconstitución de los montes es problema vital para España. Europa, Madrid.
- Ximénez de Embún i Oseñalde, J., 1933. La repoblación forestal en sus relaciones con el régimen de los ríos, in: Lorenzo Pardo, M. (Ed.), Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Tomo II. Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente, Madrid, pp. 331–408.
- Ximénez de Embún i Oseñalde, J., Ceballos, L., 1939. Plan General para la Repoblación Forestal de España, in: Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ed.), Tres Trabajos Forestales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 431–445.

Capítulo 2. La repoblación forestal en España: las especies utilizadas desde 1877 a partir de las cartografías forestales

Capítulo 2. La repoblación forestal en España: las especies utilizadas desde 1877 a partir de las cartografías forestales

Resumen

La actividad repobladora moderna se considera que comienza en la segunda mitad del siglo XIX. De esta actividad se analiza el uso de las diferentes especies forestales en un periodo de tiempo que abarca desde 1877 hasta 2013, subdivido en tres etapas: i) 1877-1939, ii) 1940-1984 y iii) 1985-2013. Como fuentes documentales se han utilizado las series estadísticas forestales oficiales y las cartografías forestales elaboradas en 1966 y 1997. La superficie repoblada según la cartografía de 1966 fue de 1.572.403 ha y de 4.203.822 ha según la de 1997. Estas cifras superan en un 33 y 18%, respectivamente, a las recogidas en las estadísticas oficiales, lo que permite confirmar la importancia de esta actividad en la transformación del paisaje, así como la utilidad de las fuentes cartográficas para suplir las deficiencias y limitaciones de las series estadísticas. Las cartografías forestales recogieron, también, la rápida expansión en el territorio de las especies de crecimiento rápido, en concreto del eucalipto, el pino de Monterrey, el pino gallego y el chopo. En la cartografía de 1997, la superficie repoblada con estas especies representa el 46% de la superficie total repoblada. El resto de las repoblaciones se realizaron con las especies autóctonas del género *Pinus*, que fueron las más utilizadas en las tres etapas analizadas. Sin embargo, en la última etapa, las especies mediterráneas del género *Quercus* fueron las más usadas en las repoblaciones realizadas por los particulares. Los mapas de repoblaciones presentados pueden servir, además, para futuros análisis sobre la idoneidad y evolución de las masas forestales creadas.

Palabras clave: cartografía, especies autóctonas, especies alóctonas, forestación, reforestación

1. Introducción

La repoblación forestal moderna, entendida como el establecimiento artificial de especies forestales, generalmente arbóreas, puede decirse que comenzó con la creación del Cuerpo de Ingenieros de Montes en 1853 y con la aprobación de las primeras leyes de fomento de esta actividad en 1877¹. A partir de los datos recogidos en las estadísticas oficiales sobre las repoblaciones realizadas con financiación pública, se ha estimado, en estudios anteriores, que se han repoblado forestalmente más de seis millones de hectáreas desde 1877 hasta 2006 (Vadell et al. 2016). En unos casos, estas repoblaciones fueron realizadas directamente por las Administraciones forestales y, en otros, mediante auxilios y subvenciones a los propietarios particulares. Esta extensión representa el 11% de la superficie total del Estado y el 18% de la superficie total forestal existente en 1940, lo que justifica que esta actividad llegara a ser considerada como la mayor transformación del paisaje provocada en España por el hombre en los tiempos actuales (Gómez Mendoza y Mata 1992).

Dada la importancia de estas actuaciones, la repoblación forestal ha sido objeto de numerosos estudios, unos de carácter más global, como los realizados por Abelló (1988), Groome (1990), Rico (2002b) o Vadell et al. (2016), y otros de carácter más específico, tanto a nivel temporal como territorial². Estos y otros estudios han analizado esta actividad repobladora teniendo en cuenta numerosos aspectos, como los objetivos por ella perseguidos, las especies utilizadas, las superficies afectadas o su impacto económico, social y territorial³. De todos ellos, el que hace referencia a las especies utilizadas en la repoblación forestal, ha sido uno de los más controvertidos, sobre todo, en alguna de las etapas en las que se ha dividido la actuación repobladora en el tiempo⁴.

Siguiendo la división temporal realizada en un trabajo anterior (Vadell et al. 2016), se distinguen en la actividad repobladora, fundamentalmente, tres etapas: i) 1877-1939, ii) 1940-1984 y iii) 1985-2013. La tercera etapa termina en 2013 porque es el último año

¹ Ley 11 de julio de 1877, de mejora, fomento y repoblación de los montes públicos. La norma con la que se inició la actividad repobladora, realmente, fue el Real Decreto, de 3 de febrero de 1888, sobre repoblación forestal en las cuencas de los ríos. Por esta última norma se crearon las primeras unidades específicas repobladoras, que fueron las Comisiones de Repoblación de las cuencas de los ríos Júcar, Segura y Lozoya.

² Los periodos de tiempo estudiados de la actividad repobladora han sido diversos: Gómez Mendoza & Ortega (1989) se refieren al periodo de 1855 a 1933, Groome (1990) desde 1877 hasta 1984, Rico (2002) desde 1877 hasta 1975, Gómez Mendoza y Mata (2002) desde 1940 a 1971, Abelló (1988) desde 1940 a 1982, Ortuño (1990) desde 1940 a 1986 y García-Salmerón (1990), García Abril et al. (1989) y Sánchez-Martínez et al. (2008) desde 1940 a 1984. En cuanto al territorio, Araque & Sánchez-Martínez (2009) y Sánchez-Martínez (2009) han estudiado la actividad repobladora en Andalucía, Chauvalier (1990) en Huesca; Garzón (2009) en Málaga; Ortigosa (1991) en la Rioja y Rico (1995b) en Galicia.

³ Buenos ejemplos son los estudios de Rico (2002a), Fernández-Muñoz (2002) sobre el Alto-Sorbe, Gómez Mendoza & Mata (2002) sobre la Sierra de Filabres, Sánchez-Martínez et al. (2008) sobre Sierra Morena o Satué (2003: 87-98) sobre el Alto Gállego.

⁴ Sobre las diferentes divisiones temporales se pueden ver, por ejemplo, los trabajos de Gómez Mendoza & Mata (1992), Navarro-Garnica et al. (1977: 8-10), Ortuño (1975) o Pemán & Ruvireta (2006).

de la serie estadística disponible. Aunque se han estudiado, con mayor o menor profundidad, las especies usadas en las dos primeras etapas⁵, existe un desconocimiento completo de las utilizadas en la tercera. Por tanto, hasta la fecha, no se ha llevado a cabo ningún análisis temporal completo del uso de las especies forestales en estos 137 años de actividad repobladora. Los trabajos realizados anteriormente sobre las especies utilizadas se han basado en las estadísticas oficiales, las cuales presentan importantes limitaciones, entre las que se pueden citar: i) la ausencia de datos en numerosos años de la serie, sobre todo en la primera etapa; ii) la falta de información acerca de las repoblaciones forestales realizadas por la iniciativa particular que no ha contado con subvención pública y iii) la carencia de información sobre la superficie repoblada realmente lograda o consolidada, de la que se tiene, como única referencia, el inventario realizado por el Patrimonio Forestal del Estado (PFE) en 1970 (PFE 1976).

Para tratar de superar estas limitaciones, este estudio plantea completar el análisis de las especies utilizadas en la repoblación forestal, mediante las estadísticas oficiales, con la información recogida en los dos Mapas Forestales hasta ahora publicados: los dirigidos por Luis Ceballos en 1966 y Juan Ruiz de la Torre en 1997⁶. El análisis a través de la cartografía forestal presenta como limitaciones más importantes la escala de trabajo y el momento temporal de su elaboración. La limitación temporal responde a los dos periodos de elaboración de las cartografías, que no son coincidentes con las diferentes etapas en las que se ha dividido la actividad repobladora.

De la primera etapa (1877-1939), solo se dispone de datos de algunos años y hacen referencia a los trabajos de restauración hidrológico forestal efectuados por las unidades administrativas específicas creadas para ello. Pero, se conoce muy poco de las repoblaciones llevadas a cabo por otras unidades administrativas, que pudieron responder a otras finalidades⁷. De la segunda etapa (1940-1984), la más estudiada de las tres, se dispone de una serie estadística más completa e incluso de una estimación de las repoblaciones consolidadas hasta 1970. No obstante, no hay información de la superficie que hayan podido repoblar los particulares o entidades privadas con sus

⁵ Como ejemplos se pueden citar los trabajos de García Abril et al. (1989), Groome (1990: 147-175), Ortuño (1990) o Rico (2002b).

⁶ El mapa dirigido por Ceballos se publicó en 1966, comenzándose los trabajos de campo en 1960 (Ceballos et al., 1966). En el mapa dirigido por Ruiz de la Torre (1990) los trabajos de campo comenzaron en 1986 y finalizaron en 1997.

⁷ Hubo unidades administrativas específicas repobladoras y otras generalistas, que convivieron en el tiempo. Los distritos forestales fueron las unidades administrativas generalistas, creadas inicialmente en 1835 y posteriormente refundadas en 1859. Entre las específicas hay que citar las comisiones de repoblación, ya comentadas, y el Servicio Hidrológico Forestal creado en 1901 y que sustituyó a las comisiones. El servicio hidrológico forestal se organizó territorialmente en divisiones. Distritos y divisiones persistieron hasta 1971.

propios recursos. Esta etapa fue claramente expansionista y tuvo una vocación productora para hacer frente a una política industrial de carácter autárquico, al principio, y claramente desarrollista al final (Gómez Mendoza y Mata 1992; Rico 2011). Estuvo contextualizada en la dictadura del general Franco y fue muy polémica en algunos aspectos relacionados con el uso de las especies forestales. La hegemonía de los pinos autóctonos, el uso de las especies exóticas y de las especies de crecimiento rápido o el desinterés por las frondosas autóctonas fueron aspectos muy criticados (Abelló 1988; Groome 1990; Rico 2002b). Para superar las limitaciones que presentan las series estadísticas de las dos primeras etapas, las cartografías forestales de 1966 y 1997 pueden ser de gran ayuda. La tercera etapa (1985-2013), iniciada con las transferencias de la gestión forestal a las Comunidades Autónomas, tuvo como elemento singular el programa de Forestación de Tierras Agrarias (FTA). Este programa se inició en 1994, como consecuencia de la reforma de la Política Agrícola Comunitaria de 1992, y ha continuado, a partir del año 2000, con las medidas de actuación de los Programas de Desarrollo Regional. Esta etapa, la menos estudiada de las tres hasta la fecha, presenta notables singularidades respecto de la precedente, aunque sobre la calidad de las masas forestales obtenidas falta todavía realizar un análisis global (Fernández et al. 2016; Vadell et al. 2016).

Los objetivos que se persiguen, por tanto, con este estudio son: i) Analizar, desde el inicio de la actividad repobladora hasta el presente, las especies utilizadas en la repoblación forestal partiendo de las estadísticas oficiales publicadas, ii) Completar este análisis con los datos obtenidos de las especies empleadas en la repoblación forestal basándose en las cartografías forestales de 1966 y 1997 y iii) Analizar los aspectos más controvertidos, antes comentados, del uso de las especies forestales.

2. Material y métodos

Para el estudio de las especies utilizadas en la repoblación forestal se han consultado las siguientes publicaciones: i) Estadísticas de las siembras y plantaciones, desde 1877 hasta el final del año forestal de 1894-95 (Jordana 1896); ii) Publicaciones del Cuerpo Nacional de Ingenieros de Montes de la Inspección de Repoblaciones Forestales y Piscícolas hasta 1913 (Codorniu 1913); iii) Anuarios de la Estadística General de la Producción de los Montes Públicos desde el año 1922 a 1934; iv) Memorias del PFE desde el año 1940 a 1954; v) Anuarios de la Estadística Forestal desde 1949 a 1965; vi) Memorias de la Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial desde 1955 a 1971; vii) Memorias del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza

(ICONA) desde 1972 a 1982, viii) Anuarios de Estadística Agraria (AEA) desde 1983 a 2013 y ix) Inventario de repoblaciones logradas, hasta el 31 de diciembre de 1970, realizado por el PFE (1973). Esta última publicación recoge por quinquenios, entre 1940 y 1970, la superficie de repoblación lograda por especie. Considera como repoblación lograda la que ha obtenido una tasa de supervivencia suficiente para no precisar la reposición de marras.

Paralelamente a estos datos estadísticos, se ha explotado la información cartográfica proporcionada por los mapas forestales de 1966 y 1997, que recogen de forma expresa las masas repobladas realmente logradas. El mapa forestal de 1966 se elaboró a escala 1:400.000, por consiguiente, la superficie mínima de las repoblaciones para ser representadas tenía que ser superior a 20 ó 30 ha. Este valor no es un factor limitante para la representación de las repoblaciones llevadas a efecto por la Administración, debido a que la superficie media de las mismas lo superaba. Sin embargo, puede ser limitante para representar las repoblaciones ejecutadas por los particulares, que no solían tener una gran extensión. De este mapa se ha utilizado la digitalización elaborada por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino en el año 2009 (Banco de datos biodiversidad 2009). El mapa forestal de 1997 se ha publicado a escala 1:200.000, aunque los trabajos de campo se realizaron a escala 1:50.000. La digitalización de estos trabajos de campo realizada por el Ministerio de Medio Ambiente ha sido la base de la información utilizada. La identificación de la superficie repoblada en el mapa forestal de 1997 se ha logrado a partir del campo "modo de presencia" de la base de datos relacional. A partir de estas cartografías forestales se han elaborado los mapas de repoblaciones de 1966 y 1997.

Conocidas las especies utilizadas, se ha tratado de estimar el objetivo preferente de las repoblaciones forestales mediante un criterio de especie, como consecuencia de que el objetivo de las repoblaciones no ha sido recogido de forma regular en la estadística oficial hasta el año 1993, aunque hay datos esporádicos entre 1978 y 1984. Esta aproximación se considera válida al tener en cuenta que la finalidad de la repoblación se corresponde con la función preferente que cumple la masa forestal creada con la misma. Esta función preferente, y por tanto el objetivo de la repoblación, depende de la calidad de la estación y de la especie elegida. No obstante, hay que tener presente que determinar la función preferente de las masas forestales, que tradicional y simplificada se ha clasificado como productora o protectora, puede ser un ejercicio difícil o estéril por el carácter multifuncional de las mismas. Para la aplicación de este criterio, al que autores como Araque & Sánchez-Martínez (2009) han mostrado sus reticencias, se han utilizado diferentes fuentes de información (Elorrieta 1941;

Presidencia del Gobierno 1968). A partir de ellas, se ha considerado que las especies de crecimiento rápido (*Eucalyptus* spp., *Pinus radiata*, *Populus* spp. y otras exóticas) y alguna especie de crecimiento medio como el pino gallego (*Pinus pinaster* en el norte peninsular), tenían un objetivo claramente productor, coincidiendo con Ortuño (1990: 385-386). Se ha estimado que tuvieron un objetivo mixto las repoblaciones con *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y *P. pinaster*. En el caso de *Pinus sylvestris* y *P. nigra*, este criterio estaría justificado por ser especies que se usaban en la restauración forestal en la media y alta montaña y que tenían un aprovechamiento maderable cuando sus masas eran de buena calidad y estaban accesibles. Las expectativas económicas generadas con estas dos especies eran altas, como así lo planteaba el II Plan de Desarrollo Económico y Social (1968-1971) que proponía crear nuevos núcleos industriales en los territorios donde se utilizasen estas dos especies (Presidencia del Gobierno 1968). En el caso de *Pinus pinaster*, este criterio estaría justificado por ser una especie usada tradicionalmente en la restauración en ámbitos mediterráneos y tener como interés productor la resina. Finalmente, se ha considerado que tuvieron un objetivo preferentemente protector las repoblaciones realizadas con *Pinus uncinata*, *P. halepensis*, *P. pinea* y *P. canariensis*, aunque se reconoce que ciertas repoblaciones con *Pinus pinea* pudieron tener un carácter productivo para la obtención de piñón.

3. El uso de las especies forestales en el tiempo

3.1. Periodo de 1877 a 1939

La superficie repoblada por la administración forestal en los montes públicos, recogida en las estadísticas oficiales, fue de 128.930 ha, cifra que no concuerda con la publicada en otros trabajos (Groome 1990; Rico 2002b). Del total de esta superficie, solo se conocen las especies utilizadas en el 20% de la misma, que se corresponden con los trabajos llevados a cabo por el Servicio Hidrológico Forestal hasta 1913 (Codorniu 1913; Jordana 1986). Por tanto, se desconocen las especies empleadas por: i) este servicio desde 1913, ii) los distritos forestales, que en el periodo 1921-34 repoblaron el 51% de la superficie total y iii) otras administraciones, como las Diputaciones Provinciales o las Confederaciones Hidrográficas. Las especies habituales en estos trabajos de repoblación fueron los pinos autóctonos, aunque en sus masas se utilizaban, según la estación ecológica, otras especies que tenían un carácter acompañante como los abedules, olmos, sauces, chopos, fresnos, encinas, alcornoques o robles (Codorniu 1913; Jordana 1986). Entre las repoblaciones que usaron las frondosas como especie principal, merecen destacarse las efectuadas con *Quercus robur* y *Fagus sylvatica* en la

montaña de Covadonga, con más de 100 ha, las realizadas con *Quercus faginea* en Burgos (70 ha) o con *Quercus suber* en Cáceres (67 ha). En los trabajos de fijación de dunas, además del empleo de los pinos, merece destacarse el uso de la herbácea *Ammophila arenaria*, la mata melera (*Ononis natrix*) o la exótica *Disdharma crassifolium*. Entremezcladas con las especies autóctonas, se solían usar especies exóticas como *Pinus banksiana*, *P. strobus*, *Picea abies*, *Larix europaea*, *Cupressus* spp., *Cedrus atlantica*, *C. libani* y *C. deodora*, *Platanus orientalis*, *Eucalyptus* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Gleditschia triacanthos*, *Acacia* spp. o *Ailanthus altissima*.

Autores como Abelló (1988: 81-95), Gómez Mendoza & Ortega (1989) o Rico (2002b: 130) han determinado que el objetivo de estas primeras repoblaciones tuvo un carácter claramente protector. No obstante, al final de esta etapa, ya se empezó a plantear la necesidad de extender el uso del eucalipto, el pino de Monterrey (*Pinus radiata*) y los chopos (*Populus* spp.), para satisfacer las necesidades de la industria (Echevarría 1932). Este planteamiento estaba en clara consonancia con los cambios surgidos en el pensamiento forestal que, como recoge Gómez Mendoza (1992), implicaba «el deslizamiento de la preocupación desde la función protectora a la productora». Buen ejemplo de este cambio son las 5.000 ha repobladas por la Diputación Provincial de Pontevedra con pino gallego, en el contexto de la ley de 1926 (Torre, 2009), las 1.300 ha de chopo repobladas por la Confederación Sindical Hidrográfica del Duero (Rico, 2002b) o las repoblaciones, entre 1918-24, con *Pinus radiata* en Vizcaya (Escagües, 1961). También es un buen ejemplo de este cambio la base transitoria de la ley de 1935 de creación del PFE⁸. Las repoblaciones que tuvieron un carácter claramente protector son las de las Comisiones de Repoblación o el Servicio Hidrológico Forestal, por la propia finalidad de estas unidades y, en general, las realizadas sobre los montes públicos, como reconoce Garayo (1992) en Vizcaya: «las repoblaciones en los montes públicos, respondieron más a una consideración de interés general (cuencas hidrológicas, inundaciones, erosión) que a planteamientos de inversión y negocio económico».

3.2. Periodo de 1940 a 1984

La superficie total repoblada en este periodo, según la estadística oficial, fue de 3.678.522 ha, de la cual se conoce la distribución por especies en el 90% de la misma. Las especies más usadas fueron los pinos autóctonos (77% de la superficie repoblada),

⁸« Durante los dos primeros ejercicios económicos del PFE deberá el Consejo de éste atender con preferencia a los trabajos forestales en las regiones de mayor paro campesino, y, dentro de estas, a aquellas zonas que sean susceptibles de turno corto » (Ley 9 de octubre de 1935).

destacándose entre ellos: *Pinus pinaster*, *P. sylvestris*, *P. halepensis* y *P. nigra* (tabla 1). Las especies alóctonas representaron el 19% de la superficie repoblada, siendo las más frecuentes los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*). Debe destacarse que, a diferencia de la etapa anterior, las repoblaciones con frondosas autóctonas fueron irrelevantes. Las repoblaciones llevadas a cabo por particulares, con subvención pública, se centraron sobre todo en el uso de eucaliptos y de chopos híbridos (*Populus x euramericana*). Aplicando el criterio de especie propuesto, se ha estimado que el 32% de la superficie repoblada tuvo un objetivo productor, un 27% un objetivo protector y un 41% un objetivo mixto. Este resultado se podría considerar que no difiere en exceso del propuesto en el Plan de 1939⁹.

Tabla 1. Superficie repoblada por especies en el periodo comprendido entre 1940 y 2013 según la estadística oficial (1este término hace referencia a especies como el roble, castaño, nogal o cerezo). Fuente: Estadísticas oficiales de superficie repoblada 1877-2013. Elaboración propia.

	Superficie repoblada (ha)						
	1940-1970	1971-1984		1940-1984	1985-2013		
		Administración	Particulares	Total (%)	Administración	Particulares	Total (%)
<i>P. uncinata</i>	9.340	6.994		0,50	6.282	909	0,57
<i>P. sylvestris</i>	416.070	156.178		17,36	74.511	13.143	6,96
<i>P. halepensis</i>	330.541	165.679		15,05	102.164	33.174	10,75
<i>P. nigra</i>	268.474	119.623		11,77	36.656	16.724	4,24
<i>P. pinaster</i>	586.918	212.791		24,26	86.923	26.359	9,00
<i>P. pinea</i>	124.769	105.854		6,99	82.559	24.258	8,49
<i>P. canariensis</i>	19.707	6.791		0,80	10.652	243	0,87
<i>P. radiata</i>	107.408	63.408		5,18	46.015	37.551	6,64
Otras coníferas	10.197	16.559		0,81	13.460	8.122	1,71
<i>Populus</i> spp.	13.338	14.088	30.767	1,76	22.609	29.605	4,15
<i>Eucalyptus</i> spp.	164.066	94.618	152.032	12,46	6.288	32.859	3,11
Otras frondosas	6.994	19.970		0,82	114.442	65.786	14,32
<i>Quercus</i> spp.			1.933	0,06	134.475	162.351	23,58
Especies nobles ¹			11.250	0,34	246	11.723	0,95
Otras especies			60.700	1,84	11.272	44.924	4,47
Matorrales					799	61	0,07
Arbustos					1.333	106	0,11
Total	2.057.822	982.553	256.682		750.686	507.897	

⁹ El Plan General de Repoblación forestal de España de 1939 elaborado por Ximenez de Embún y Ceballos (1939: 368) tenía como objetivo repoblar 6 millones de hectáreas; el 64% con un objetivo protector y el 36% con un objetivo productor.

3.3. Periodo de 1985 a 2013

Teniendo en cuenta las limitaciones que presenta la serie estadística en esta etapa, puesto que está incompleta entre 1989 y 1992 y entre 2003 y 2005, la superficie repoblada fue de 1.468.980 ha, de la que se conoce la distribución por especies en un 86% de la misma (tabla 1). La FTA caracteriza esta etapa, al representar la superficie forestada con este programa el 51% de la superficie total repoblada entre 1994 y 2013. Este hecho justifica que el 40% de la superficie repoblada en esta etapa sea sobre superficie particular. Las especies utilizadas presentan un cambio muy significativo respecto a la etapa anterior, justificado por el elevado número de especies subvencionables y las diferencias en las primas compensatorias y de mantenimiento según la especie¹⁰. En este contexto, las repoblaciones con coníferas representaron el 49% de la superficie total repoblada, valor muy diferente, por tanto, al de la etapa anterior. *Pinus halepensis* fue la especie de pino más utilizada, en lugar de *P. pinaster* que lo fue en la etapa precedente. La extensión repoblada con frondosas representó el 44% del total repoblado, siendo las especies del género *Quercus* las más habituales. Conviene resaltar, también, el uso de especies no arbóreas (*Juniperus* spp., *Pistacia* spp., *Tamarix* spp., etc). La superficie repoblada con especies exóticas de crecimiento rápido (pino de Monterrey, eucalipto y chopo híbrido) representó el 14% del total de la superficie repoblada, siendo *Pinus radiata* la más utilizada de las tres, a diferencia de la etapa anterior que fue el eucalipto.

Teniendo en cuenta la serie estadística oficial de la superficie repoblada según su objetivo preferente (datos no mostrados), el 71% de la superficie repoblada, a partir de 1993, ha tenido un objetivo protector, modificándose claramente el objetivo productor de la segunda etapa. Las repoblaciones consideradas como protectoras han sido las realizadas con todos los pinos autóctonos, a excepción del pino gallego. Por otro lado, las repoblaciones consideradas como productoras han sido las ejecutadas, principalmente, con las siguientes especies: pino gallego, híbridos artificiales de *Populus*, *Eucalyptus* spp., *Pinus radiata*, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus rubra* y otras especies autóctonas como el nogal o el cerezo. Aplicando el criterio de especie propuesto en este trabajo para esta etapa, se deduce que el 66% de la superficie repoblada tuvo un objetivo protector, el 19% un objetivo productor y el 15% un objetivo mixto. La similitud de estos valores con los recogidos en la estadística oficial permitiría validar el criterio de especie propuesto. Esta validación también podría realizarse a partir de las estadísticas anuales de cortas de madera. Así, de los 14 millones m³ cortados en

¹⁰Para los pinos las primas de mantenimiento y compensación eran de 25.000 y 23.000 pesetas ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. Para las especies del género *Quercus* eran ambas de 40.000 pesetas ha⁻¹ año⁻¹.

2011, el 81% correspondió a las especies de objetivo productor, un 10% a las de objetivo mixto y el resto a las otras especies (MAGRAMA 2011).

4. El uso de las especies forestales a través de la cartografía forestal

La superficie repoblada recogida en el mapa forestal de 1966 fue de 1.572.403 ha, que representaría las repoblaciones forestales logradas durante la primera etapa y la primera mitad de la segunda etapa. Este valor excede en 400.000 ha el de las repoblaciones consideradas como logradas en el periodo 1940-65, según el inventario realizado por el PFE (1973) (tabla 2, figura 1). La justificación de esta diferencia varía según la especie y podría deberse, fundamentalmente, a las siguientes causas: i) la superficie repoblada con anterioridad a 1940 y ii) la superficie repoblada por los particulares, sobre todo en el periodo entre 1940 y 1966. La primera de las causas explicaría las diferencias de superficie en las especies *Pinus pinaster*, *P. halepensis* y *P. sylvestris*, que fueron ampliamente utilizadas en la primera etapa, de la que se sabe que como mínimo se repoblaron 128.930 ha. La segunda, explicaría las diferencias encontradas en las especies alóctonas, principalmente en el eucalipto (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*) y el pino de Monterrey. A esta última causa también contribuirían las repoblaciones llevadas a cabo por otras administraciones públicas en la primera etapa, como ya se ha comentado anteriormente.

El mapa forestal de 1997 recoge una superficie repoblada de 4.203.822 ha (tabla 2, figura 1), que representaría, básicamente, las repoblaciones forestales logradas durante las dos primeras etapas. Esta superficie excede en 651.963 ha a la aparece recogida en las estadísticas oficiales. La explicación de esta diferencia puede deberse a varias causas según la especie. En el caso de las especies *Pinus uncinata*, *P. nigra*, *P. halepensis* y *P. pinea* la menor superficie que presenta la cartografía forestal respecto a las estadísticas podría estar justificada por las marras. La cartografía representa masas consolidadas mientras que la estadística recoge solo las superficies plantadas o sembradas. Esta hipótesis puede ser bastante acertada en el caso de *Pinus halepensis*, por la mala calidad de las estaciones ecológicas donde era normalmente utilizado y el alto porcentaje de marras que registraban sus repoblaciones (Montero de Burgos 1962). En el caso de las especies de crecimiento rápido, la mayor superficie registrada en el mapa puede corresponder a las repoblaciones realizadas por la iniciativa particular con sus propios recursos. No obstante, la diferencia en el caso del eucalipto es muy notable, superando las estimaciones aportadas por los inventarios forestales (Montero y Serrada, 2013). En el caso de las especies del género *Quercus*, la menor superficie que recoge

el mapa puede justificarse por su fecha de elaboración, en la que todavía no estaban consolidadas las repoblaciones con estas especies en el marco del programa de FTA.

Tabla 2. Superficie repoblada por especie según la estadística oficial y los mapas forestales de 1966 y 1997. Fuentes: PFE (1973) y Estadísticas oficiales de superficie repoblada 1877-1997. Elaboración propia.

Especies	Repoblaciones logradas según el inventario del PFE (1940-1965)		Repoblaciones según mapa forestal de 1966		Repoblaciones según la estadística forestal (1879-1997)		Repoblaciones según mapa forestal de 1997	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
<i>Pinus uncinata</i>	4.096	0,35	3.198	0,20	18.657	0,53	13.193	0,31
<i>P. sylvestris</i>	241.966	20,42	301.716	19,19	515.857	14,52	524.329	12,47
<i>P. nigra</i>	153.306	12,94	142.414	9,06	364.145	10,25	278.615	6,63
<i>P. pinaster</i>	329.664	27,83	413.384	26,29	730.865	20,58	1.045.375	24,87
<i>P. pinea</i>	84.737	7,15	66.489	4,23	253.556	7,14	235.340	5,60
<i>P. canariensis</i>	11.690	0,99	12.943	0,82	30.576	0,86	2.002	0,05
<i>P. halepensis</i>	195.510	16,50	281.213	17,88	518.273	14,59	450.736	10,72
<i>P. radiata</i>	55.442	4,68	142.681	9,07	188.710	5,31	363.466	8,65
Otras coníferas	5.133	0,43			40.982	1,15	282.818	6,73
<i>Quercus suber</i>					55.790	1,57		
Otros <i>Quercus</i>					123.643	3,48		
Especies nobles					22.780	0,64		
Otras especies					97.102	2,73	24.273	0,58
<i>Eucalyptus spp.</i>	91.955	7,76	208.364	13,25	415.502	11,70	845.100	20,10
<i>Populus spp.</i>	6.427	0,54			93.241	2,63	123.032	2,93
Otras frondosas	4.768	0,40			82.179	2,31	15.543	0,37
Total	1.184.695		1.572.402		3.551.859		4.203.821	

Al margen de los valores de superficie por especie, el análisis de la cartografía de las repoblaciones permite deducir alguna de las características que tuvo la actividad repobladora: i) La superficie repoblada que recoge la cartografía confirma la extensión de las repoblaciones recogidas por la estadística, en contra de las dudas expresadas por algunos autores como Jiménez (2002) de que las cifras de la estadística oficial estuvieran sobrevaloradas. ii) El mapa de 1966 recoge la rápida expansión que se produjo con el uso de las especies de crecimiento rápido como el eucalipto (sobre todo en Huelva), el pino de Monterrey y el pino gallego. Estos valores justificarían el impulso

que, inicialmente, la administración forestal dio al uso de estas especies en el contexto de la economía autárquica existente tras la guerra civil. La cartografía de 1997 recoge también la expansión de estas especies y se podría explicar, en este caso, por las medidas de fomento al uso de las mismas, recogidas en los sucesivos Planes de Desarrollo Económico y Social elaborados a partir de 1964. De forma muy evidente, la cartografía forestal de 1997 recoge las consecuencias de las medidas de fomento aprobadas para el uso del chopo (Groome 1990), por la gran extensión que ocupan sus masas en los cursos de agua de las cuencas de los ríos Duero y Ebro. iii) La extensión de las repoblaciones con *Pinus halepensis* en el SE peninsular y en la costa mediterránea es mucho más evidente en la cartografía de 1997 que en la de 1966. Probablemente este hecho se justifica porque las masas que se fueron creando al amparo de la ley de 19 de diciembre de 1951¹¹ no estaban consolidadas en la primera de las cartografías. iv) La distribución de las repoblaciones con *Pinus sylvestris* por el Sistema Ibérico, Central y Penibético permite intuir el uso de esta especie en enclaves demasiado secos para la misma.

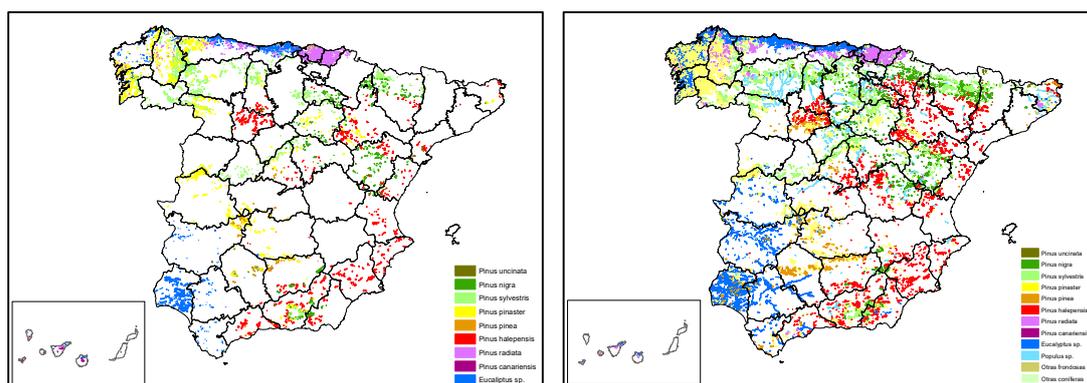


Figura 1. Distribución de la superficie repoblada en España por especie en 1966 (izquierda) y en 1997 (derecha). Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Forestal de España de 1966 de Ceballos et al. (1966) y del Mapa Forestal de España de 1997 de Ruiz de la Torre (1990).

5. Características del uso de las especies forestales

5.1. El uso de los pinos autóctonos

El uso generalizado de los pinos autóctonos (*Pinus uncinata*, *P. sylvestris*, *P. nigra* subsp. *salzmannii*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. halepensis* y *P. canariensis*) ha caracterizado la actividad repobladora desarrollada desde sus inicios, aunque con distintos matices

¹¹ Ley sobre repoblación forestal y ordenamiento de cultivos agrícolas de los terrenos integrados en las cuencas alimentadoras de los embalses de regulación.

según las etapas (Abelló 1988; García Abril et al. 1989; Gómez Mendoza y Mata 1992; Groome 1990; Rico 2002b). La justificación de su utilización generalizada reside en las características de vitalidad y desarrollo, propias de estas especies, y en su especial aptitud para ser usados en la restauración de superficies degradadas por su frugalidad, xerofilia y heliofilia (Gil y Prada 1993; Ruiz de la Torre 1993). Estas características ya eran conocidas por los técnicos forestales desde el comienzo de los trabajos de repoblación (Laguna 1864; Anónimo 1886), lo que permitió a Juan Ángel de Madariaga (1909) resumir el papel que debían desempeñar las coníferas y las frondosas en la repoblación forestal:

« como nuestro suelo es pobre, por ahora al menos, no puede pensarse en que sean base de la creación de montes altos especies frondosas de rápido crecer y aprovechar... y, por tanto, hay que dar la vez á las frugales coníferas, que con el tiempo, cambiarán la faz de nuestro territorio, aumentando la riqueza en productos maderables y en mejoramiento del suelo...habrá que aprovechar para colocar entre ellas, en los barrancos, vaguadas y en los sitios de más fondo, especies frondosas en armonía con la humedad y fertilidad del suelo, y no ofrece duda que éstas deben ser las preferidas para la repoblación en las privilegiadas regiones de España de mayores lluvias y de clima marítimo »

Este uso mayoritario de los pinos en la primera etapa no tenía carácter exclusivo, al proponerse la combinación de los mismos con otras coníferas y frondosas para la formación de masas mixtas. Esta forma de actuación se alteró en la segunda de las etapas, al convertirse el uso de los pinos en exclusivo, siendo testimonial el uso de las frondosas. Ignacio Ceballos justificó este proceder basándose en una doble vertiente: la ecológica, por el grado de degradación de los suelos, y la económica, al proporcionar los pinares productos valorados y demandados por el mercado (Ceballos 1960).

Pero ¿hay argumentos reales que avalen esta justificación?, ¿es correcta la justificación ecológica? El planteamiento ecológico se puede considerar correcto, siempre que se hable de terrenos degradados que imposibiliten el desarrollo de otras especies. De hecho, la aptitud de los pinos para ser usados en la restauración de superficies degradadas en ambientes mediterráneos, respondía al modelo clásico de restauración forestal. Este modelo lo describía Luis Ceballos en el Plan General de Repoblación de

1939¹²: «si para satisfacer las necesidades de la población, exige hoy la economía que existan grandes masas de resinosas frugales, vayamos conquistando para ellas nuevas plazas de las ahora degradadas e improductivas».

Pero si el uso de los pinos estaba justificado desde el punto de vista ecológico en los terrenos degradados, ¿por qué esa controversia?, ¿por qué no se suscitó la misma en el análisis de la etapa anterior, en los trabajos de restauración hidrológico forestal? Desde nuestro punto de vista, la crítica por el uso generalizado de los pinos en esta segunda etapa podría deberse a: i) La degradación real de los terrenos repoblados y ii) La composición de las masas. ¿Estaban tan degradados los terrenos que se repoblaban? Una buena parte de ellos lo estaban, como lo demuestra el elevado número de proyectos de restauración hidrológico forestal aprobados. También dan testimonio de esta degradación, las justificaciones recogidas en la exposición de motivos de las declaraciones de comarcas de interés forestal y de perímetros de repoblación obligatoria aprobados, aunque, como observan Gómez Mendoza y Mata (1992), estas justificaciones podrían ser rutinarias por la similitud de su redacción. Pero, sin duda alguna, otros terrenos no estaban tan degradados para justificar el uso exclusivo de los pinos. Un ejemplo de los mismos lo constituyen los terrenos donde se realizó la práctica del enresinado (Pita 1962). Esta práctica consistía en el enriquecimiento de los montes bajos de *Quercus* mediante la introducción de especies del género *Pinus*. La Administración y los propietarios lo justificaban por la baja rentabilidad de estos montes. De esta práctica se han elaborado algunos estudios, como el de Rico (2008), aunque se desconoce toda la superficie afectada por la misma. Sobre el enresinado, numerosos autores mostraron su preocupación y lo desaconsejaron, al considerar que gran parte de las funciones ecológicas que desarrollan los montes bajos se verían afectadas negativamente (Martín-Bolaños 1943; Montero de Burgos 1984; Montoya y Meson 1979).

Para valorar el cambio en la composición de las masas forestales creadas en la segunda etapa bastará compararlas con las obtenidas por los trabajos del Servicio Hidrológico Forestal en sus primeros años (de Ferrer y Reig 1905; Ayerbe 1913). La composición de las masas creadas respondía a un modelo de selvicultura más naturalista, que había comenzado a desarrollarse a finales del siglo XIX, según reconocía Luis Ceballos (1959). Ceballos indicaba que este modelo de selvicultura había quedado «anticuado y rebasado por las necesidades de una Humanidad en aumento y progreso,

¹² El Plan General de 1939 fue considerado de corte naturalista y un plan marco de actuación por autores como Pita (1962) o Martín Lobo (1965). Según estos autores, la actuación repobladora se ajustó, en sus primeros diez años, al Plan decenal redactado en 1940 por los Ingenieros de Montes Ángel Esteva y Tomás de Villanueva, que ya no tenía ese corte naturalista.

industrializada e insaciable en la demanda de productos». La «selvicultura moderna», en palabras del autor, se caracteriza por su capacidad de actuar sobre el medio para adaptarlo «a nuestras necesidades y a nuestras prisas». Vamos, dice el autor, «al cultivo de árboles, prescindiendo del antiguo concepto que teníamos de bosque». En esta línea ya había insistido este autor en 1945 al indicar: «el bosque, el verdadero bosque, el que sirve mejor a la economía nacional, está muy lejos de ser una masa regular y compacta de árboles iguales, monótona y amorfa como puede serlo un campo de trigo» (Ceballos 1945). Sobre este modelo de selvicultura moderna, Ezequiel González Vázquez (1950) alertó, también, al comienzo de la década de los cincuenta: «una experiencia de más de dos siglos nos ha enseñado que las masas puras de resinosas están muy expuestas al peligro de los incendios, a los daños de las plagas de insectos, a las enfermedades criptogámicas y a acabar empobreciendo los suelos».

Conocidas estas limitaciones de la forma de actuar a los pocos años de emprenderla, ¿qué llevó al PFE a seguir actuando de la misma manera?, ¿por qué en las repoblaciones de carácter preferentemente protector se diseñaron este tipo de masas? Nuestra interpretación es que, en algunos casos, probablemente la mayoría, la forma de proceder fue rutinaria y se justificó por la comodidad y facilidad que suponía el manejo de los pinos, ante los malos resultados que en ocasiones se tenía con el empleo de las frondosas, sobre todo en las zonas más secas. Esta interpretación vendría avalada por la descripción que realiza Navarro Garnica (1951) de los trabajos de repoblación en la Sierra de la Virgen (Zaragoza): «no fue nuestro deseo limitarnos a las repoblaciones con resinosas...se deseó, principalmente, lograr repoblaciones de encina y quejigo y no ha sido posible lograrlas, ni hay que pensar de intentarlo de nuevo por el método de siembra porque fueron lugar de cita de todas las piaras de jabalí de la sierra». Este desinterés por las frondosas, en la práctica, contrastaba con algunos hechos o planteamientos teóricos, como fue el premio otorgado por la Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial en 1958 al Plan Práctico de Repoblación Forestal de alcornoque, encinas y otras especies útiles de reproducción espontánea (Vera 1971).

Por último, ¿la razón económica justificaba el uso de los pinos? Como referencia para este análisis se puede partir de la publicación de Octavio Elorrieta (1941) sobre la ordenación económica de la producción forestal. En este trabajo, Elorrieta describió cuales eran los productos que se podían obtener de las principales especies forestales y las tasas de crecimiento esperables de las mismas (tabla 3).

Tabla 3. Crecimiento y productos esperables de las principales especies forestales en España. Fuente: elaboración propia a partir de Elorrieta (1941).

Especies	Producto
Zonas cántabra y atlántica. Crecimiento rápido: <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. radiata</i> , Eucaliptos, chopos, olmos, alisos, <i>Cupresus</i> , Castaños, <i>Pseudotsuga menziesii</i> , Robles, Nogal, Fresnos, Acacias	Madera
Zona mediterránea. Especies crecimiento lento. <i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. pinea</i> , <i>P. uncinata</i> , Robles, Haya, Castaño, Cedros, Cipreses y Sabinas, Nogal, Chopos, Olmos	Madera
Zona mediterránea. Especies crecimiento lento. <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. halepensis</i>	Jugos
Zona mediterránea. Especies crecimiento lento. Alcornoques, Robles, Pinos, Acacias	Cortezas
Zona mediterránea. Especies crecimiento lento. Encina, Alcornoque, <i>Pinus pinea</i> , Castaño, Nogal	Frutos
Zona mediterránea. Especies crecimiento lento. Robles, Castaño, Fresnos, Acacias	Otros

Según lo expuesto por Elorrieta, de la mayoría de los pinos autóctonos se podían obtener productos de interés para la industria, pero también de otras frondosas, ¿por qué, entonces, a excepción de las especies de crecimiento rápido, se focalizó ese interés solo en los pinos? La explicación puede encontrarse en los estudios de rentabilidad sobre las repoblaciones forestales que se realizaron (tabla 4) y en la demanda real existente de algunos productos por la industria. Estos valores de rentabilidad eran enormemente atractivos, aunque algunos autores en la actualidad los han calificado como de ilusorios (Gómez Mendoza y Mata 1992). Sobre la evaluación financiera de las inversiones en las repoblaciones de carácter protector, en el contexto de los proyectos de restauración hidrológico forestal, se realizaron esfuerzos importantes desde el año 1969 (López Cadenas et al. 1969; Aguiló 1976; López Cadenas 1994). Montero de Burgos (1984), en el contexto del plan de repoblación forestal de 1976 (ICONA, 1973), valoraba las tasas de rentabilidad de las inversiones en repoblaciones de carácter hidrológico forestal entre el 4 y el 18%.

A mediados de la década de los años 70 se empieza a producir un cambio de criterio en los planteamientos, a raíz del nuevo Plan de repoblación forestal que se pretendía poner en marcha en 1976. En la explicación del contenido de este plan, Mateo-Sagasta (1979) habla de que «las repoblaciones en los montes del Estado se hagan con criterios netamente ecológicos». Además, indica que se pretende «conseguir el óptimo ecológico en los montes del Estado y, en el resto, el óptimo económico que no conlleve desafuero ecológico». Los montes, dice este autor, «no son, en general, un cultivo de árboles, con un suelo idealmente desnudo o limpio. Los montes son un complejo biológico compuesto de árboles, arbustos, matorrales y especies herbáceas, a más de la vida microscópica y la vida animal que puedan albergar». Es evidente el cambio de criterio en la

administración forestal y que en ese cambio hay, sin duda, un ejercicio de autocrítica, que implicaba un reconocimiento implícito de que la consecución del óptimo ecológico pudo no ser el objetivo de las repoblaciones realizadas desde 1940. Para alcanzar el óptimo ecológico, en palabras de este autor, hay que tener en cuenta que: «un sistema es tanto más estable cuanto más diversificado sea, es decir, cuantos más nichos se ocupen, pues así sus biocenosis serán más amplias, tendiendo a que los niveles tróficos sean más completos». Estas ideas serían más tarde desarrolladas por Montero de Burgos (1987) y se plasmarían en las Circulares 1/87 y 1/89 del ICONA, sobre el impacto ambiental de las repoblaciones. En cierto modo, estos planteamientos implicaban un cambio de rumbo en la forma de actuación que hasta esos años había seguido el PFE, corrigiendo gran parte de los argumentos que habían servido de crítica de su labor. El cambio definitivo se produce con la aprobación del programa de FTA. La variedad de especies subvencionables, 75 especies arbóreas (55 frondosas y 20 coníferas) y 8 especies de arbustos y matorrales, y las diferencias, según la especie, en las subvenciones, supuso un cambio definitivo en el uso de las especies en la repoblación forestal. A partir del programa de FTA, las especies del género *Quercus* fueron las mayoritarias en las repoblaciones realizadas en el área mediterránea sobre superficie particular.

Tabla 4. Referencias sobre rentabilidad de las repoblaciones forestales. Fuente: elab. propia.

Tipo de repoblación	Rentabilidad (%)	Referencia
Repoblación con <i>Pinus pinaster</i> en la Cuenca del Lozoya	10,3	(Madariaga, 1915)
Repoblación en la Rambla de los Molinos. Destino leñas.	3,5	
Repoblación en la Rambla de los Molinos. Destino maderas	4	(Pérez-Urruti, 1916)
Repoblación con pino albar y negral en Valladolid	19,8	
Repoblaciones por siembra de <i>Pinus pinaster</i> en Cáceres. Turno 35 años	7,7	(Brañas, 1962)
Plan de repoblaciones hasta el año 1961. Los ingresos hacen referencia a los aprovechamientos en ese tiempo de otros montes. Los gastos, a la inversión realizada en repoblaciones desde 1940		
Pesetas corrientes. Créditos sin interés	3,2	
Pesetas corrientes. Créditos al 4% de interés	2,6	(Pita, 1962)
Pesetas constantes. Créditos sin interés	1,8	
Pesetas constantes. Créditos al 4% de interés	1,3	
Pesetas corrientes. Créditos al 4% de interés Previsión para el año 1974	7,8	
Repoblaciones con especies de crecimiento rápido	7-7,3	
Repoblaciones especies de crecimiento lento en estaciones de más de 500 mm de precipitación anual	3-5	(Bernad, 1963)
Repoblaciones especies de crecimiento lento en estaciones de menos de 500 mm de precipitación anual	2	

El modelo de restauración seguido en la repoblación forestal está siendo sometido, hoy día, a estudio por diferentes autores. En algunos casos se ha evidenciado su viabilidad, cuando existen fuentes semilleras de frondosas próximas, como es el caso de los trabajos de Gómez (2003), Maestre et al. (2003), Maestre y Cortina (2004), Pausas et al. (2004), Pons y Pausas (2007) o Gómez-Aparicio et al. (2009). En otros casos, sin embargo, la progresiva naturalización o diversificación del pinar no se ha conseguido, y las masas monoespecíficas, coetáneas, con una distribución regular de sus pies y, a veces, excesivamente densas, presentan en la actualidad una reducida resiliencia y una marcada vulnerabilidad a las perturbaciones, como apuntan Andrés y Ojeda (2002). En estos casos se precisa de una actuación posterior para favorecer el proceso de naturalización del pinar (Madrigal 1998; Mauel y Gil 1998; Ruiz de la Torre et al. 1996).

5.2. El uso de las especies de crecimiento rápido y de las exóticas o alóctonas

La administración forestal utilizó las especies exóticas desde los comienzos de su actividad repobladora. El objetivo perseguido entonces era experimental: analizar la capacidad de adaptación de estas especies a unas nuevas condiciones ecológicas. La administración partía, como referencia, de los ensayos de introducción realizados por los propietarios particulares en la década de los sesenta del siglo XIX. Entre estos ensayos destacaban la introducción de la especie californiana *Pinus radiata* por Adán de Yarza en Vizcaya y la de la especie australiana *Eucalyptus globulus* en Torrelavega (Cantabria) por Marcelino Sanz de Sautuola. La introducción de ambas especies había suscitado una gran expectación entre los propietarios forestales (Adán de Yarza 1913; Barreda 1961; Ventalló 1879). Sin embargo, la posición inicial de los técnicos de la administración forestal a la introducción, de forma generalizada, de estas especies no fue tan entusiasta, más bien fue reservada, corroborando lo referido por Groome (1990). Sobre el eucalipto, Ventalló (1908) llegó a indicar: «la cuestión por nosotros planteada, de verdadero interés nacional quedó relegada a la sola iniciativa particular, sin que de los centros oficiales saliera disposición alguna, que sepamos, encaminada a la práctica de ensayos de plantación en terrenos del Estado...la causa del eucalipto quedó enteramente olvidada». Algo similar ocurrió con *Pinus radiata*, según Adán de Yarza (1913).

No sería hasta la segunda década del siglo XX cuando comenzó a valorarse, realmente por la administración forestal, la necesidad de extender los ensayos de introducción y adaptación de las especies exóticas de mayor interés, coincidiendo con el cambio de pensamiento forestal antes comentado (Elorrieta 1919). El Congreso Internacional de

Selvicultura de París, en 1913, reconocía la importancia y necesidad del cultivo de las especies exóticas, y recomendaba a los Estados que estimularan a los propietarios particulares su introducción. Los forestales, según se decía en esa época, ya no se podían inhibir del cultivo de las especies exóticas (Del Campo y Peña 1923). Esta corriente de pensamiento hizo que autores como Carrera (1920), Elorrieta (1933), Echevarría (1932) y diferentes administraciones, fueran impulsando su utilización (Escagües 1961; Vandrell 1921). En esta línea, en el Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933, Ximénez de Embún (1933) proponía plantar 12.000 ha de chopos en tierras de regadío, para la producción de 400.000 m³ de madera. Años más tarde, en 1935, con la creación por la República del PFE, ya se indicaba el uso preferente de las especies de turno corto en la base transitoria antes comentada. Esta concienciación de los técnicos españoles era compartida, también, por los europeos, como lo demuestra Pavari (1947) cuando, en una conferencia sobre las bases ecológicas de la selvicultura europea, indicaba: «los eucaliptos en primera línea, algunas acacias de Australia, los pinos *insignis* [*Pinus radiata*] y *canariensis*, muchos cipreses, etc., representan instrumentos preciosos de rápida producción leñosa».

El reducido número de especies autóctonas que pudieran satisfacer las necesidades de producción de materias primas en turnos cortos¹³, generalizó el uso de especies exóticas de crecimiento rápido en la segunda etapa, fundamentalmente de las tres de las que ya se tenía un conocimiento claro de su capacidad: el eucalipto, el pino de Monterrey y el chopo. Desde el comienzo de su actuación en 1940, el PFE no dejó ningún género de dudas sobre la preferencia en el uso de las especies de crecimiento rápido. Además de transcribir literalmente la base transitoria de la ley de 1935 en su nueva ley de 1941, las primeras declaraciones de comarcas de interés forestal correspondieron al SE de Huelva, oeste de Asturias y SE de Guipúzcoa, y tenían un objetivo claramente productivo. Las plantaciones masivas de eucalipto por la administración comenzaron en los años cuarenta en la provincia de Huelva con *Eucalyptus globulus*, *E. camaldulensis* y *E. viminalis* (De la Lama 1976). El futuro del eucalipto empezó a consolidarse al declararse de interés nacional la fabricación de la celulosa textil a partir de los recursos forestales y agrícolas del país¹⁴. Esta declaración se ajustaba al modelo de economía autárquica desarrollado después de la Guerra Civil, y constituyó el primer paso para el desarrollo de una industria celulósica en España, como bien describe Rico (2011). El uso del eucalipto y del pino gallego, en los primeros veinte años de la segunda etapa, no deja lugar a dudas, como se observa en el mapa

¹³ El Reglamento de Montes de 1961 (art. 231) consideraba como especies de crecimiento rápido los álamos, alisos, chopos, eucaliptos, sauces y el pino *insignis* y *pinaster* en el norte de España.

¹⁴ Real Decreto de 15 de marzo de 1940.

de Ceballos de 1966, y reconoce Pita al reflexionar sobre el uso de las especies en los primeros veinte años de actuación del PFE (1962): «la preponderancia superior a la prevista de las coníferas, en especial de *P. pinaster* así como del eucalipto... una orientación productiva hacia las especies de crecimiento rápido, indispensable en esta primera etapa de consolidación política y económica de los trabajos de repoblación». En cuanto al chopo, los primeros pasos para su utilización comenzaron con la aprobación de la ley de 18 de octubre de 1941 sobre la repoblación forestal de los ríos y arroyos. Posteriormente, la creación de la Comisión Internacional del Álamo por la FAO en París, en 1947, supuso el reconocimiento internacional definitivo a su potencialidad. Cinco años después, en España se creó la Comisión Nacional del Chopo y se encomendó al PFE el fomento y racionalización de las plantaciones y cultivos del chopo en todo el país¹⁵. Las expectativas de esta especie se dispararon en el II Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (1968-1971) cuando se planteó como objetivo la repoblación de 60.000 ha, con las cuales se estimaba obtener 7,2 millones de m³ de madera (Presidencia del Gobierno 1968). No cubiertas estas expectativas por el II Plan, el Sindicato Nacional de la Madera y Corcho insistió, en el III Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (1972-1975), en el interés de realizar plantaciones de chopo en terrenos de regadío para reducir el déficit del mercado de madera (Sindicato Nacional de la Madera y el Corcho 1971). La Ley 5/1977 y la Orden de 9 de julio de 1982, relanzaron definitivamente el cultivo del chopo por los propietarios particulares. El interés por el pino gallego (*Pinus pinaster*) se remonta a los años 30, con los primeros estudios realizados por el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (Echevarría y de Pedro 1948). Ya entonces, se vislumbraba su enorme potencialidad en el NO español, solo superado por *Pinus radiata* y algunas especies de chopo. La utilización de *Pinus radiata* comenzó, igualmente, por iniciativa particular en el País Vasco, hasta que los servicios forestales de las Diputaciones Forales impulsaron su utilización en 1917 y divulgaron su capacidad de adaptación a las estaciones vasco-cantábricas (Michel 2004). En esa época, los resultados que se van registrando de los ensayos realizados con esta especie son muy optimistas, llegándose a considerar el cultivo del pino de Monterrey como la revelación del siglo (Elorrieta 1933). La época expansionista en el uso de esta especie comienza en los años 50, extendiéndose por Vizcaya, Guipúzcoa, Galicia y el resto del Cantábrico.

El uso de las especies exóticas en la tercera etapa fue minoritario, sobre todo en los terrenos de titularidad pública. Este hecho queda justificado por la falta de ayudas, en el contexto de la FTA, a la repoblación con eucalipto e híbridos de chopo en las

¹⁵ Orden de 25 de enero de 1952.

diferentes normas que han regulado la FTA. Las especies exóticas que inicialmente pudieron utilizarse dentro de este programa fueron *Pinus radiata*, *Cedrus* spp., *Cupressus* spp., *Platanus* spp., falsas acacias, *Pseudotsuga menziesii*, *Larix* spp., *Picea abies* y *Quercus rubra*. Esto explica que *Pinus radiata* fuera la especie exótica más utilizada en esta etapa. A diferencia del resto de las especies, las de crecimiento rápido solo podían ser subvencionadas con la prima de plantación por este programa, y no se podían acoger a la prima de mantenimiento.

6. Conclusiones

El análisis de las estadísticas oficiales sobre la superficie repoblada por especie, en el intervalo de tiempo comprendido entre 1877 y 2013, ha presentado importantes limitaciones: la falta de datos en muchos años de la serie, la ausencia de información sobre la superficie repoblada por iniciativa particular o la carencia de información sobre las repoblaciones realmente logradas. Estas limitaciones han podido ser superadas mediante el análisis de la cartografía forestal de 1966 y 1997, que registró una superficie repoblada superior en un 33 y 18%, respectivamente, a la recogida en las estadísticas oficiales. Estos valores confirman la importancia que tuvo la actividad repobladora en el territorio y que las estadísticas oficiales no fueron sobreestimadas. Las especies autóctonas del género *Pinus* tuvieron un uso mayoritario en los trabajos de repoblación a lo largo de todo el periodo estudiado. Solo a partir de 1994, y como consecuencia del desarrollo del programa de FTA, el uso de las frondosas de carácter autóctono, y sobre todo de las especies del género *Quercus* se generaliza. La composición de las masas creadas presenta características muy distintas según el periodo considerado. En el comprendido entre 1940 y 1984, las repoblaciones fueron mayoritariamente monoespecíficas y no contaron con la diversidad de especies de los otros periodos, circunstancia que puede comprometer actualmente su persistencia.

En los trabajos de repoblación también se utilizaron numerosas especies exóticas, siendo las más relevantes por su extensión el eucalipto, el pino de Monterrey y el chopo híbrido, que actualmente constituyen la base de la industria forestal. Aunque por el carácter multifuncional de las masas puede ser estéril determinar el objetivo de las repoblaciones, al aplicar el criterio de especie propuesto en este trabajo al mapa de repoblaciones de 1997, se ha podido estimar que el 46% de la superficie repoblada tuvo un objetivo claramente productor, el 19% protector y el resto un objetivo mixto. La disponibilidad de una cartografía de las repoblaciones forestales realizadas en dos

momentos de tiempo, posibilitará la realización de posteriores análisis que permitirán conocer la idoneidad y evolución de estas masas.

Agradecimientos

Unos resultados preliminares del trabajo fueron presentados en la Conferencia Internacional *Old and New Worlds: the Global Challenges of Rural History* (Lisbon, 27-30, January 2016).

Bibliografía

- Abelló, M. (1988). Historia y evolución de las repoblaciones forestales en España. Madrid: Universidad Complutense.
- Adán de Yarza, M. (1913). La repoblación forestal en el País Vasco. San Sebastián: Imprenta de la Provincia.
- Andrés, C., & Ojeda, F. (2002). Effects of afforestation with pines on woody plant diversity of mediterranean heathlands in southern Spain. *Biodiversity and Conservation*, 11(Webb 1998), 1511–1520. <http://doi.org/10.1023/A:1016850708890>
- Aguiló, J. (1976). Evaluación de inversiones en la ordenación agrohidrológica de cuencas. (ICONA, Ed.). Madrid.
- Anónimo. (1886). La repoblación de los montes de España. *Revista de Montes*, 223, 199–210.
- Araque, E. & Sánchez-Martínez, J. (2009). Repoblación forestal en Andalucía: intervenciones históricas y situación actual. Jaén: Universidad de Jaén.
- Ayerbe, B. (1913) El problema del Cuerpo de Ingenieros de Montes en la defensa de la estación y vía internacional del ferrocarril a Francia por Canfranc. *Revista Montes*, 871, 305–430.
- Banco de Datos Biodiversidad. (2009). Mapa Forestal Luis Ceballos. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino.
- Barreda, F. (1961). Los primeros eucaliptos plantados en Santander. *Altamira*, (1–3), 321–326.
- Bernad, A. (1963). Consideraciones sobre el problema de la repoblación forestal en España. *Montes*, (109), 59–66.
- Brañas, M. (1962). Repoblaciones efectuadas por siembra con la especie *P. pinaster* en la provincia de Cáceres. En: II Asamblea Técnica Forestal (pp. 482–486). Madrid.
- Carrera, A. (1920). La repoblación forestal. Un año en Galicia. Madrid: Librería Gutenberg de Ruiz Hermanos.
- Ceballos, I. (1960). Repoblación forestal española en los últimos veinte años (1940-1960). *Estudios Geográficos*, (21), 497–507.
- Ceballos, L. (1945). Tres coníferas mediterráneas de estado progresivo. *Escuela Especial de Ingenieros de Montes*, Madrid, 29.
- Ceballos, L. (1959). Pasado y presente del bosque en la Región Mediterránea. *Montes*, 90, 587–596.
- Ceballos, L., López-Vallejo, M., Pardos, A. & Úbeda, J. (1966). Mapa forestal de España. Escala 1: 400.000. (Dirección General de Montes Caza y Pesca Fluvial, Ed.). Madrid.
- Chauvalier, F. (1990). Las repoblaciones forestales en la provincia de Huesca y sus impactos geográficos. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- Codorniu, R. (1913). Efectos de algunos trabajos hidrológico-forestales realizados en España según datos de los Ingenieros de Montes que los proyectan y dirigen. (Cuerpo Nacional de Ingenieros Montes, Ed.). Madrid: Imprenta Alemana.
- De Ferrer, J. & Reig, J. (1905) Reseña de los trabajos realizados por la División Hidrológica-forestal de la Cuenca inferior del Ebro y Pirineos Orientales en 1902, 1903 y 1904. Lérida: Imprenta Sol & Benet.
- De la Lama, G. (1976). Atlas del Eucalipto. Tomo I. (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Ed.). Sevilla.
- Del Campo, M. & Peña, F. (1923). El cultivo de especies exóticas. *Montes*, (1081), 100–109.
- Echevarría, I. (1932). Repoblación forestal aplicada a la industria papelera. *Monte e Industrias*, (15), 398–402.
- Echevarria, I. & de Pedro, S. (1948). El *Pinus pinaster* en Pontevedra. Su productividad normal y aplicación a la celulosa industrial. (Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Ed.). Madrid.

- Elorrieta, J. (1933). El cultivo del pino insignis. *Monte E Industrias*, 30(IV), 141–144.
- Elorrieta, O. (1919). La introducción de especies exóticas en España. *España Forestal*, (45), 27–28.
- Elorrieta, O. (1941). Ordenación económica de la producción agraria. Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
- Escagües, I. (1961). La economía forestal de Vizcaya. (Diputación Provincial de Vizcaya, Ed.). Bilbao.
- Fernández-Muñoz, S. (2002). Consecuencias socioeconómicas y territoriales de las repoblaciones forestales en el Alto Sorbe (Guadalajara). *Eria*, (58), 183–203.
- Fernández, M., Belmonte, F., Romero, A. & Robledano, F. (2016). La forestación de tierras agrarias en la Región de Murcia a través de los Programas de Desarrollo Rural en España: Una medida con impacto medioambiental positivo en el medio rural. En T. Albert, J. Arrazola, R. Cañada, M. Frolova, M. Maryín-Lou, M. Mínguez, & M. Valenzuela (Eds.), 33 Congreso Unión Geográfica Internacional. Aportación española. Crisis, globalización y desequilibrios territoriales en España. (pp. 32–41). Beijing. <http://doi.org/10.7419/162.01.2016>
- Garayo, J. (1992). Los montes del País Vasco (1833-1935). *Agricultura y Sociedad*, (65), 121–174.
- García Abril, A., Yoldi, L. & Canga, J.L. (1989). Las repoblaciones forestales. En Adena-WWF (Ed.), *El libro Rojo de los Bosques españoles* (pp. 237–276). Madrid: Adena-WWF.
- Garzón, A. (2009). La repoblación forestal en Málaga (1940-1984). Málaga: Diputación Provincial de Málaga.
- Gil, L. & Prada, M.A. (1993). Los pinos como especies básicas de la restauración forestal en el medio mediterráneo. *Ecología*, (7), 113–125.
- Gómez-Aparicio, L., Zavala, M.A. & Bonet, F.J. (2009). Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forests? An assessment along abiotic and biotic gradients. *Ecological Applications*, 19(8), 2124–2141.
- Gómez, J. (2003). Spatial patterns in long-distance dispersal of *Quercus ilex* acorns by jays in a heterogeneous landscape. *Ecography*, 5(26), 573–584.
- Gómez Mendoza, J. (1992). Ciencia y política de los montes españoles (1848-1936). (ICONA, Ed.). Madrid: ICONA.
- Gómez Mendoza, J. & Mata, R. (1992). Actuaciones forestales públicas desde 1940. Objetivos, criterios y resultados. *Agricultura y Sociedad*, (65), 15–64.
- Gómez Mendoza, J. & Mata, R. (2002). Repoblación forestal y territorio (1940-1971). *Eria*, (58), 129–155.
- Gómez Mendoza, J. & Ortega, N. (1989). Inundaciones históricas y la génesis de la acción hidrológico-forestal en España (1855-1933). En Instituto Universitario de Geografía-Caja de Ahorros del Mediterráneo (Ed.), *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca mediterránea* (pp. 347–364). Alicante.
- González-Moreno, P., Quero, J.L., Poorter, L., Bonet, F.J. & Zamora, R. (2011). Is spatial structure the key to promote plant diversity in Mediterranean forest plantations? *Basic and Applied Ecology*, 12, 251–259.
- González Vázquez, E. (1950). Las repoblaciones forestales de España y distintos tipos de repoblaciones forestales. En Instituto de Ingenieros Civiles de España (Ed.), *II Congreso Nacional de Ingeniería*. Tomo IV (pp. 117–126). Madrid.
- Groome, H. (1990). Historia de la política forestal en el estado Español. Madrid: Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.
- ICONA. (1973). Circular 14/1973, Normas para elaboración de un Plan Nacional de repoblación forestal. Madrid.
- ICONA. (1974). Circular 5/1974, Normas complementarias a la Circular 14/1973. Madrid.

- Inspección de repoblaciones forestales y piscícolas. (1909). Breve resumen de los trabajos hidrológico-forestales efectuados por el Estado hasta fin del año 1907 y ligera idea de los que se realizan en montaña. (Cuerpo Nacional Ingenieros de Montes, Ed.). Madrid: Imprenta Alemana.
- Jiménez, J. (2002). El monte: una atalaya de la Historia. *Historia Agraria*, (26), 141–190.
- Jordana, J. (1896). Estadística de las siembras y plantaciones verificadas en los montes públicos y cabeceras de las cuencas hidrológicas desde la publicación de la ley de 11 de julio de 1877 hasta el fin del año forestal de 1894-95. Madrid: Imprenta de Ricardo Rojas.
- Laguna, M. (1864). Memoria de reconocimiento de la Sierra de Guadarrama desde el punto de vista de repoblación de sus montes. Madrid: Imprenta Nacional.
- López Cadenas, F., Victory, J. & Saez, A. (1969). Ensayo sobre estimación cuantitativa de los beneficios de los trabajos hidrológico-forestales en cuencas alimentadoras de embalses. (IFIE, Ed.). Madrid.
- López Cadenas, F. (coord.) (1994). Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. (TRAGSATEC, Ed.). Madrid.
- Madariaga, J.A. (1909). Repoblación forestal. Medios de dar valor a eriales y terrenos pobres. Madrid: Imprenta Alemana.
- Madariaga, J.A. (1915). Un caso de repoblación considerado desde el punto de vista económico. *Montes*, 933, 893-898.
- Madrigal, A. (1998). Problemática de la ordenación de masas artificiales en España. *Cuad Soc Esp Cien For*, (6), 13–20.
- Maestre, F. T. & Cortina, J. (2004). Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? *Forest Ecology and Management*, 198(1–3), 303–317. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.05.040>
- Maestre, F. T., Cortina, J., Bautista, S. & Bellot, J. (2003). Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations? *Forest Ecology and Management*, 176, 147–160.
- MAGRAMA. (2011). Anuario de Estadística Forestal 2011. Madrid: MAGRAMA.
- Manuel, C. & Gil, L. (1998). La transformación histórica del paisaje forestal en España. In Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ed.), *Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1996* (pp. 15–104). Madrid.
- Martin-Bolaños, M. (1943). Consideraciones sobre los encinares de España. (Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Ed.). Madrid.
- Martin-Lobo, M. (1965). Veinticinco años de paz octaviana en los montes españoles. *Revista de Montes*, (122), 131–145.
- Mateo-Sagasta, J. (1979). Repoblación forestal del área mediterránea. *Montes*, (194), 351–358.
- Michel, M. (2004). El Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) en la historia de la Comunidad Autónoma de Euskadi. Análisis de un proceso de forestalismo intensivo. Universidad Politécnica de Madrid.
- Montero, G. & Serrada, R. (2013). La situación de los bosques y el sector forestal en España. 2013. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Ed.). Lourizán (Pontevedra). <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Montero de Burgos, J.L. (1962). Técnicas de repoblación. En Dirección General de Montes Caza y Pesca Fluvial (Ed.), *II Asamblea Técnica Forestal* (pp. 396–400). Madrid.
- Montero de Burgos, J.L. (1984). Creación de masas. En Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (Ed.), *Asamblea Nacional de Investigación Forestal* (pp. 645–675). Madrid.
- Montero de Burgos, J.L. (1987). La regresión vegetal y la restauración forestal. *Bol Esta Cent Ecol*, 31, 5–22.

- Montero de Burgos, J.L. (1991). Evolución vegetal. Óptimo natural y óptimo forestal. *Ecología*, Fuera de s, 309–320.
- Montoya, J. & Mesón, M. (1979). Situación actual y perspectivas futuras de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Wild. *Montes*, (193), 211–216.
- Navarro-Garnica, M. (1951). La Sierra de la Virgen en repoblación forestal. *Montes*, (39), 203–211.
- Navarro-Garnica, M., Molina, J. & Montero de Burgos, J. (1977). Técnicas de forestación. 1975. (ICONA, Ed.). Madrid.
- Ortigosa, L. (1991). Las repoblaciones forestales en la Rioja: Resultados y efectos geomorfológicos. Zaragoza: Geofoma Ediciones.
- Ortuño, F. (1975). Consideraciones sobre la política forestal en España y su relación con la protección del medio ambiente. *Revista de Montes*, (181), 209–221.
- Ortuño, F. (1990). El plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y comentarios. *Ecología*, (Fuera de serie), 373–392.
- Pausas, J., Bladé, C., Valdecantos, A., Seva, J. P., Fuentes, D., Alloza, J. A., Vallejo, R. (2004). Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. *Plant Ecology*, 209–220.
- Pavari, A. (1947). Bases ecológicas de la selvicultura europea. Madrid: Escuela Especial de Ingenieros de Montes.
- Pemán, J. & Ruvireta, J. (2006). Apuntes sobre la evolución de la técnica repobladora en España. En Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (Ed.), *Forestación de tierras agrícolas. Análisis de su evolución y contribución a la fijación de carbono y al uso racional de la tierra* (pp. 20–47). Madrid.
- Pérez-Urruti, J. (1916). Una obra nacional. El dinero para las repoblaciones forestales. *Montes*, (944,945,946,947,948,949).
- PFE. (1973). Inventario de repoblaciones en 31-12-1970. Madrid: Ministerio de Agricultura, patrimonio Forestal del Estado.
- Pita, P. (1962). Repoblaciones en general. En Dirección General de Montes Caza y Pesca Fluvial (Ed.), *II Asamblea Técnica Forestal* (pp. 325–357). Madrid.
- Pons, J. & Pausas, J. G. (2007). Not only size matters: Acorn selection by the European jay (*Garrulus glandarius*). *Acta Oecologica*, 31, 353–360. <http://doi.org/10.1016/j.actao.2007.01.004>
- Presidencia de Gobierno. (1968). *II Plan de Desarrollo Económico y Social*. Comisión de Agricultura. Madrid: Imprenta Nacional del Boletín Oficial del Estado.
- Rico, E. (1995a). El rechazo de una opción conservacionista e integradora. Galicia en el plan general de repoblación forestal de España de 1939. *Noticiero de Historia Agraria*, (9), 155–173. Retrieved from <http://www.historiaagraria.com/articulo.php?id=114&num=9>
- Rico, E. (1995b). Política forestal e repoboacions en Galicia (1941-1971). Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Rico, E. (2002a). El Estado en los montes : intervención pública y respuestas sociales en torno al manejo de los recursos naturales. *Gerónimo de Uztmriz*, (19), 77–96.
- Rico, E. (2002b). Les reboisements en Espagne 1875-1975. En A. Corvol-Dessert (Ed.), *Les forêts d'Occident du Moyen Âge à nos jours. XXIV Journées Internationales d'Historie de l'Abbaye de Flaran*. Toulouse: Presses Universitaires du Mirail.
- Rico, E. (2008). Repoblación forestal y sustitución de especies en los montes de utilidad pública de la provincia de Soria, 1940-1975. *Ager*, 7, 77-108.
- Rico, E. (2011). La política autárquica y la industria de la celulosa en España, 1939-1959. En D. Lanero & D. Freire (Eds.), *Agriculturas e innovación tecnológica en la Península Ibérica. Portugal y España en perspectiva comparada (1946 – 1986)* (pp. 167–190). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

- Ruiz de la Torre, J. (1990). Memoria General del Mapa Forestal de España (1:200.000). (Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Ed.). Madrid: Instituto Geográfico Nacional.
- Ruiz de la Torre, J. (1993). Objetivos de diversidad biológica en la reforestación de tierras agrícolas. Elección de especie y densidad de implantación. *Revista de Montes*, (34), 20–30.
- Ruiz de la Torre, J., Carreras, C., García Viñas, I. & Oti, M. (1996). Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales. Sevilla: Consejería Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Sánchez-Martínez, J. (2009). La repoblación forestal en Andalucía (1940-2006): Una aproximación inicial. En E. Araque & J. Sánchez-Martínez (Eds.), *Repoblación forestal en Andalucía: Intervenciones históricas y situación actual* (pp. 71–122). Jaén.
- Sánchez-Martínez, J., Araque, E., Crespo, J. & Garrido, A. (2008). La repoblación forestal de Sierra Morena, Jaén, (1940-1984). *Anales de Geografía*, 28(1), 105–131.
- Satué, E. (2003). *Ainielle. La memoria amarilla*. Zaragoza: Prames.
- Sindicato Nacional de la Madera y Corcho. (1971). Planteamiento de una política forestal en relación con el III Plan de Desarrollo Económico Social. (AITIM, Ed.). Madrid.
- Torre, R. (2009). De la reforestación de Pontevedra. El gran proyecto de Daniel de la Sota hecho realidad 1927-1958. (Tekla, Ed.). Pontevedra.
- Vadell, E., de-Miguel, S. & Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37–48. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017>
- Vandrell, S. (1921). *Treballs de repoblació*. (Comissió de Repoblació Forestal de la Mancomunitat de Catalunya, Ed.). Barcelona: Imprenta de la Casa de Caritat.
- Ventalló, P.A. (1879). *Los Gómeros de Australia*. Tarrasa: Imprenta la Industrial.
- Ventalló, P.A. (1908). *La repoblación forestal y el eucalipto en ella*. Tarrasa: Imprenta y litografía de José Ventayol Vilá.
- Vera, D. (1971). Plan práctico de repoblación forestal de alcornoques, encinas, y otras especies útiles de reproducción espontánea. La Coruña: Imprenta Provincial.
- Ximénez de Embún i Oseñalde, J. (1933). La repoblación forestal en sus relaciones con el régimen de los ríos. En Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente (Ed.), *Plan Nacional de Obras Hidráulicas de Manuel* (Facsimil 1).
- Ximénez de Embún i Oseñalde, J. & Ceballos, L. (1939). Plan General para la Repoblación Forestal de España. En Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ed.), *Tres trabajos forestales* (Facsimil d, pp. 431–445). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Capítulo 3. La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra

Capítulo 3. La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra

Resumen

Se han cumplido 25 años del inicio del programa de forestación de tierras agrarias con motivo de la reforma de la Política Agrícola Comunitaria (PAC) en 1992. El objetivo de este estudio es realizar un análisis global, a nivel de Comunidad Autónoma, que permita identificar los elementos más característicos del programa, como paso previo a futuros análisis más detallados. A partir del conocimiento del marco normativo se analiza la superficie forestada, las especies utilizadas, el tipo de tierras forestadas y su superficie media. La superficie total forestada ha superado las 730 mil hectáreas, lo que implica que ha sido el programa de mayor impacto en España de ayudas a la repoblación a los propietarios particulares. Castilla y León ha forestado el 35% de la superficie total. El 65% de esta superficie se forestó en el periodo 1993-99 y solo un 8% a partir de 2007. El comportamiento de la superficie forestada por cada Comunidad Autónoma, en el periodo 1993-99, ha mostrado una relación con la superficie total de cultivos existentes en cada comunidad al inicio del programa. El 15% de la superficie forestada fue con especies de crecimiento rápido, el 50% de masas monoespecíficas de especies de crecimiento lento, con un equilibrio entre el uso de coníferas y frondosas y el resto correspondió a masas mixtas con un predominio de frondosas. Las tierras forestadas correspondieron, mayoritariamente, a cultivos herbáceos de secano o a eriales a pastos. La superficie media fue de 12 hectáreas, con una gran variabilidad entre Comunidades Autónomas.

Palabras clave: ayudas forestales europeas, plantaciones de frondosas y coníferas, plantaciones mixtas, plantaciones especies crecimiento rápido, eriales a pastos

1. Introducción

El Programa de Forestación de Tierras Agrarias (FTA) surgió como consecuencia de la reforma realizada por la Comunidad Económica Europea en 1992 de la Política Agrícola Común. La FTA fue una medida forestal que se insertaba dentro de unas medidas de acompañamiento y que iba dirigida principalmente a los titulares de explotaciones agrícolas. Existen diferentes estudios, en cuanto a su ámbito temporal y territorial, sobre la evolución de la FTA a lo largo de los 25 años que lleva en vigor. A nivel estatal, destacan los trabajos de Gómez-Jover y Jiménez Peris (1997), que analizaron el periodo 1993-95 o el del MAPA (2006) que analizó el periodo 1994-2006. A nivel de Comunidad Autónoma, Rodríguez-Martínez (1993) analizó el periodo 1994-2008 en Castilla-La Mancha, Álvarez (2004) estudió el periodo 1996-2002 en Galicia, González-Botía (2017) analizó las forestaciones realizadas entre 1993-99 en Murcia y Sequeda (2017) analizó el periodo 1993-2016 en Extremadura. A día de hoy, no se dispone, por tanto, de un estudio con un ámbito estatal que analice la FTA a lo largo de todo el periodo que lleva vigente.

Los objetivos de este trabajo, por tanto, son los siguientes: i) analizar el marco legal que ha desarrollado la FTA a nivel de la Unión Europea (UE), del Estado y de las CC.AA., ii) analizar el modelo de subvención y las superficies objeto de forestación y iii) analizar, a nivel estatal, la superficie forestada, las especies utilizadas, el uso previo de los terrenos forestados y la superficie media forestada por cada beneficiario.

2. Material y métodos

Se analizará la legislación dictada por los organismos europeos y los desarrollos que han tenido a nivel estatal y autonómico. Para recabar el resto de la información se consultarán los siguientes documentos: i) Anuarios de estadística forestal (MAPA, 2016), ii) Evaluation for the Community aid scheme for forestry measures in agriculture Regulation N 2080/92 (1993-1999) (Picard, 2001), iii) Informe final del Estado del Programa de Desarrollo Rural del periodo 2000-2006 (TRAGSATEC, 2008), iv) Informe final de los Programas de Desarrollo Rural de las Comunidades Autónomas para el periodo 2007-2013 (MAPA, 2013), v) Estadística de la FTA de la Junta de Castilla-La Mancha (JCLM, 2012), vi) Estadística de la FTA de la Junta de Castilla y León (JCyL, 2018), vii) Estadística de la FTA del Gobierno de Canarias (JCyL, 2018).

El análisis realizado se estructura en las siguientes etapas:

- 1) Marco legal y financiero. Se analizará su variación a lo largo de los diferentes periodos de programación y se detallará, en particular, el sistema de subvención y las superficies objeto de forestación
- 2) La superficie forestada
- 3) Las especies utilizadas en la forestación
- 4) El tipo de tierras agrarias forestadas
- 5) La superficie media forestada por beneficiario.

3. Resultados y discusión

3.1 Marco legal y financiero

La FTA ha tenido un marco legal que ha evolucionado durante los 25 años que lleva vigente, adaptándose a los objetivos perseguidos en los diferentes periodos de programación:

- Período 1993-99. Se corresponde con la Reforma de la Política Agraria Común (PAC), de mayo de 1992, que incluía unas medidas de acompañamiento que hacían referencia a tres aspectos: i) Métodos de producción agraria compatibles con las exigencias del medio ambiente, ii) Medidas forestales y iii) Jubilación anticipada de los agricultores. Las medidas forestales se concretaron en dos reglamentos europeos: i) el Reglamento CEE 2080/92 sobre un *régimen comunitario de ayudas a las medidas forestales en la agricultura* y ii) el Reglamento CEE 1610/89 por el que se establecen las *normas para la acción de desarrollo y aprovechamiento de los bosques en las zonas rurales de la Comunidad*. En España se aplicaron mediante el *RD. 378/93 régimen de ayudas para fomentar las inversiones forestales en explotaciones agrarias y acciones de desarrollo y aprovechamiento de los bosques en zonas rurales* y, posteriormente, mediante el *RD 152/96 régimen de ayudas para fomentar las inversiones forestales en explotaciones agrarias y acciones de desarrollo y aprovechamiento de los bosques en zonas rurales*. Los objetivos perseguidos con estas ayudas son que las nuevas forestaciones sean un complemento de renta para los agricultores, además de contribuir a la creación de masas forestales con una superficie mínima que permita su gestión racional.
- Período 2000-06. La Conferencia de Cork sobre desarrollo rural en 1996 planteó un sector agrícola europeo de carácter multifuncional y en un contexto social y territorial más amplio. El marco normativo lo desarrolló el *Reglamento 1257/1999, sobre ayudas al desarrollo rural a cargo del Fondo Europeo de Orientación y Garantía*

Agrarias (FEOGA-Garantía), que añadió a las tres medidas de acompañamiento del anterior reglamento dos más: el de las zonas desfavorecidas y el de zonas con restricciones ambientales. Su aplicación en España se realizó mediante 20 programas, 17 de carácter regional y 3 de carácter pluriregional. Entre estos últimos está el *Programa Horizontal de Desarrollo Rural para las Medidas de Acompañamiento*. Dentro de este programa no participaron ni País Vasco ni Navarra, debido a sus diferentes regímenes fiscales. La FTA se constituye, en este nuevo marco, en un instrumento cuyo objetivo principal era el de aumentar la superficie forestal. Las CC.AA. de Illes Balears, Comunitat Valenciana, Canarias, Cataluña y Región de Murcia no activaron la FTA. En España se reguló este instrumento mediante el *RD 6/2001, de 12 de enero, sobre el fomento de la forestación en tierras agrícolas*. Los objetivos que se pretendían con estas ayudas, como así recoge el RD 6/2001, eran: diversificar la actividad agraria, generando fuentes alternativas de renta y de empleo, contribuir a la corrección de los problemas de erosión, desertización y a la conservación y mejora de los suelos.

- Periodo 2007-13. El *Reglamento (CE) 1698/2005, del Consejo, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER)*, estableció una programación basada en un *Plan Estratégico Nacional (PEN)*, que recogiera las prioridades de esta política de cada Estado miembro. España, debido a su descentralización administrativa, decidió crear un marco planificador en el que se integraran los programas de desarrollo rural de las CC.AA. Siguiendo estos criterios, se elaboró el *Programa Nacional de Desarrollo Rural (2007-2013)* que contempló unas medidas horizontales derivadas de un *Marco Nacional de Desarrollo Rural* y otras medidas más específicas para cada CC.AA. Las CC.AA. fueron libres de elegir las medidas para el cumplimiento de sus objetivos. La FTA quedó englobada en el eje relativo a la *Mejora del medio ambiente y del entorno rural* y dentro de él en la medida relativa a la *utilización sostenible de las tierras forestales a través de ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas*. También se contemplan ayudas a la primera forestación de tierras no agrícolas. En el año 2009, como consecuencia de la aprobación del *Reglamento (CE) 74/2009, que modificaba el Reglamento (CE) 1698/2005*, la FTA aparece, también, como instrumento para la *adaptación al cambio climático y mitigación del cambio climático* y a la *protección y mejora de la calidad del agua*. La FTA, por tanto, se convirtió en una medida elegible para el cumplimiento de diferentes objetivos.
- Periodo 2014-20. El marco legal es el *Reglamento UE 1305/2013, de 17 de diciembre de 2013, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER)*. La FTA y la reforestación se contemplan

como unas medidas de especial relevancia *para restaurar, conservar y mejorar los ecosistemas dependientes de la agricultura y la silvicultura y para mejorar la eficiencia de los recursos y apoyar el paso a una economía baja en emisiones de carbono y adaptable al cambio climático en los sectores agrario, alimentario y forestal*. En España se presentó el *Programa Nacional de Desarrollo Rural*, a nivel estatal, y 17 PDR autonómicos. Paralelamente a este reglamento, la Comisión aprobó en 2014, el *Reglamento UE 702/2014, de 25 de junio, por el que se declaran determinadas categorías de ayuda en los sectores agrícola y forestal y en zonas rurales compatibles con el mercado interior en aplicación de los artículos 107 y 108 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea*. Dentro de estas ayudas se contempla la reforestación y la creación de superficies forestales en terrenos agrícolas y no agrícolas.

Hay que tener presente, al hablar del marco legal de este programa, que las CC.AA. han desarrollado particularmente cada una de estas normativas, por lo que puede haber ciertas diferencias en su aplicación territorial. Atendiendo a las normas actualmente en vigor, y que se corresponden con este periodo de programación, se puede observar que la FTA continúa siendo una ayuda elegible en el Principado de Asturias, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Diputación Foral de Álava, Región de Murcia y La Rioja.

3.1.1. El sistema de subvención

Una de las innovaciones que supuso la forestación de tierras agrarias fue su modelo de subvención, compuesto de tres elementos: i) Coste de implantación o establecimiento, ii) Prima de mantenimiento durante los primeros cinco años y iii) Prima compensatoria de renta. Esta prima se estableció inicialmente durante 20 años, para irse reduciendo a 15 (Comisión Europea, 2005) y finalmente a 12 años (Unión Europea, 2013). El Reglamento 1305/ 2013 integró la prima de mantenimiento y la compensatoria en una única prima para un periodo máximo de doce años. En el caso de que los beneficiarios fueran entidades públicas, la subvención solo cubría los gastos de establecimiento (Comisión Europea, 1999).

La prima compensatoria fue el elemento más atractivo del sistema, por su carácter de ingreso garantizado durante 20 años. Esta prima, sin duda, atrajo a numerosos agricultores, aunque luego ha sido el elemento que ha condicionado a este programa, por el coste tan elevado que ha supuesto. Su coste ha superado, en todos los proyectos financiados, el 50% del coste total del mismo, llegando, en algunos casos, a superar el 70% (Tribunal de Cuentas 2004).

El coste de estas primas dependía de las especies que se utilizaban. Así, entre 1993 y 2001 las especies se clasificaron en tres grupos:

- Anexo I: Especies arbóreas cuya plantación tenga como fin principal la producción de madera a un plazo mayor de quince años. Agrupa, entre otras, a las siguientes especies: *Pinus sylvestris*, *P. uncinata*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. canariensis*, *P. radiata*, *Cupressus* spp., *Cedrus* spp., *Larix* spp., *Quercus rubra*, *Platanus* spp., etc. Sorprende, sobremanera, el objetivo asignado a especies como *P. uncinata*, *P. pinea*, *P. halepensis* y *P. canariensis*.
- Anexo II: Especies arbóreas y arbustivas cuya plantación tenga como fin principal la restauración o la creación de masas forestales permanentes. Agrupa, entre otras, a las siguientes especies: *Abies alba*, *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*, *Salix alba*, *S. fragilis*, *Betula pendula*, *Alnus glutinosa*, *Ulmus minor*, *U. pumila*, *U. glabra*, *Acer* spp, *Tilia* spp, *Olea europea*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica*, *Q. faginea*, *Q. lusitanica*, *Q. suber*, *Q. ilex*, *Tamarix* spp., *Buxus sempervirens*, etc.
- Anexo III: Especies arbóreas y arbustivas autóctonas de interés particular en ciertas zonas por motivos de producción de maderas valiosas, endemismos, peligro de extinción, etc. Agrupa a las siguientes especies: *Juniperus phoenicea*, *J. thurifera*, *Taxus baccata*, *Juglans regia*, *Arbutus unedo*, *Tetraclinis articulata*, *Prunus spinosa*, *P. insititia* e *Ilex aquifolium*.

El RD 6/2001 clasificó las especies en 5 grupos:

- Frondosas. i) Frondosas de crecimiento lento masa pura, ii) Frondosas de crecimiento lento masa mezclada, iii) Frondosas de crecimiento rápido raíz profunda y iv) Frondosas de crecimiento rápido raíz superficial.
- Resinosas. i) Resinosas de crecimiento lento masa pura, ii) Resinosas de crecimiento lento masa mezclada, iii) Resinosas de crecimiento rápido. Por resinosas se entiende a las gimnospermas, que abarcan las coníferas y las taxáceas.
- Mezclas de frondosas y resinosas. Se distinguen: i) Crecimiento lento y ii) Crecimiento rápido.
- Otras arbóreas de crecimiento lento (laurisilva, etc.).
- Arbustivas

Las diferencias de primas según la especie fueron muy relevantes (tabla 1). En el periodo 1993-99 la prima de establecimiento para las especies del Anexo II y III fueron

un 71 y 86% superiores, respectivamente, a las especies del Anexo I. Las primas de mantenimiento lo fueron en un 33 y 100% y la prima compensatoria en 40 y 75%. Esta diferencia, sin duda influyó en las especies elegidas para la forestación, aunque hay que tener en cuenta que la elección de la especie, como otras decisiones de carácter técnico, debía contar con la aprobación de la administración.

En el segundo periodo de programación estas diferencias continuaron en las dos primeras primas y se redujo muy significativamente en la prima compensatoria. Así, la prima de establecimiento fue un 83% superior para la creación de masas puras de frondosas que para la creación de masas puras de resinosas y la prima de mantenimiento lo fue en un 60%. Sin embargo, la prima compensatoria tan solo fue un 4% superior.

Tabla 1. Primas establecidas por especie (1: Para cada titular individual, variando para titulares agrupados; 2: Se admiten mezclas con las especies del resto de los anejos incrementándose la prima en 150 € por cada 25% de presencia de estas especies. 3: si se foresta con especies de los anejos II y III en un espacio natural protegido la prima asciende a 2.404 €; 4: especies anexos II y III con un máximo del 25% del anexo I; 5: especies anexos II y III; 6: para las primeras 25 ha; 7: si se foresta con especies de los anejos II y III en un espacio natural protegido la prima asciende a 2.506 €; 8: varía según el tipo de superficie sean desde tierras de cultivos a erial a pastos; 9: varía según el tipo de superficie sean desde tierras de cultivos a pastizales; 10: varía según el tipo de superficie sea barbecho o erial a pastos; 11: agricultores o asociaciones agricultores; 12: cualquier otra persona física o jurídica de derecho privado).

Norma	Especies	Importe máximo (€ ha ⁻¹)			
		Establecimiento	Mantenimiento	Compensación	
RD. 378/93 ¹	Anexo I	1.052 ²	90	120 ⁶	
	Anexo II	1.803	120 ⁴	168 ⁶	
	Anexo III	1.953 ³	180 ⁵	210 ⁶	
	Crecimiento rápido en turno corto (< 15 años)	721			
RD 152/96	Anexo I	1.097 ²	150	138 ⁶	
	Anexo II	1.881	180 ⁴	192 ⁶	
	Anexo III	2.037 ⁷	240 ⁵	240 ⁶	
	Crecimiento rápido en turno corto (< 15 años)	751			
RD 6/2001	Fronosas de crecimiento lento masa pura	2.314	288	325 a 60 ⁸	
	Fronosas de crecimiento lento masa mezclada	2.560	288		
	Fronosas de crecimiento rápido raíz profunda	1.839			
	Fronosas de crecimiento rápido raíz superficial.	1.352			
	Resinosas de crecimiento lento masa pura	1.262	180	313 a 54 ⁸	
	Resinosas de crecimiento lento masa mezclada	1.382	180		
	Resinosas de crecimiento rápido	1.226			
	Mezclas de frondosas y resinosas de crecimiento lento	1.779	210	337 a 60 ⁸	
	Mezclas de frondosas y resinosas de crecimiento rápido	1.424			
	Otras arbóreas crecimiento lento	2.855	288	355 a 186 ⁹	
	Arbustivas	1.557	90	108 a 54 ¹⁰	
	Reglamento CE 1698/2005		70% costes subvencionables		700 ¹¹ 150 ¹²

En la actualidad, las primas que se establecen al amparo de la legislación de las CC.AA. presentan variaciones menos relevantes según la especie elegida (tabla 2).

Tabla 2. Primas establecidas por especie en la actualidad (¹:según el número de orden, ²:según tipo de beneficiario, especie y tierra objeto de forestación, ³: resto de beneficiarios, ⁴: agricultor a título principal)

Norma	Especie	Importe máximo (€ ha ⁻¹)		
		Establecimiento	Mantenimiento	Compensación
ORDEN FYM/399/2015, de la Comunidad de Castilla y León	Coníferas (< 25% frondosas)	2.300		
	Mezcladas (26% < coníferas y frondosas < 74%)	2.400	130 y 305 ¹	80 y 400 ²
	Frondosas (< 25% coníferas)	2.500		
Orden 28/2017, de 16 de febrero y Orden de 15-05-2008 de Castilla-La Mancha	Frondosas crecimiento lento densidad 600 pies ha ⁻¹			
	Frondosas de crecimiento lento micorrizadas con <i>Tuber melanosporum</i> , densidad 278 pies ha ⁻¹	1.250		
	<i>Juglans regia</i> y <i>Prunus avium</i> , densidad 278 pies ha ⁻¹	1.500	230	150 ³ ó 330 ⁴
	Frondosas de crecimiento rápido a raíz profunda sin destocoado, densidad 278 pies ha ⁻¹	1.400		
	Coníferas de crecimiento lento, densidad 800 pies ha ⁻¹	1.100		
	Masas mixtas frondosas y coníferas, densidad 700 pies ha ⁻¹	1.200		
	Especies arbustivas	1.075	145	
ORDEN de 28 de diciembre de 2015, Xunta de Galicia	Coníferas	1.853	-	-
	Frondosas	2.398		

3.1.2. Las superficies objeto de subvención

Desde el inicio del programa las superficies objeto de esta ayuda han variado (tabla 3). Así, se ha pasado del concepto amplio de tierra agraria, desde 1993 al 2005, al concepto más estricto de superficie agrícola, desde el año 2005. No obstante, desde ese año, al integrarse esta ayuda en las políticas desarrollo rural se contempla la posibilidad de forestar tierras agrícolas y no agrícolas. Este último término englobó a las tierras abandonadas, los llamados eriales a pastos, que hasta el Reglamento CE 1698/2005 se consideraban tierras agrícolas.

Tabla 3. Concepto de superficie agraria o agrícola cuya forestación estaba subvencionada.

Norma	Terrenos subvencionables
RD. 378/93 RD. 152/96	Se consideran superficies agrarias, las tierras que hayan sido objeto de una utilización agraria en el último decenio y sean susceptibles de forestación. Dichas tierras serán las comprendidas en alguno de los apartados siguientes: 1. Tierras ocupadas por cultivos herbáceos (tierras arables), 2. Barbechos y otras tierras no ocupadas, 3. Huertos familiares, 4. Tierras ocupadas por cultivos leñosos (frutales, viñedo, olivar, agrios, etc.), 5. Prados naturales, 6. Pastizales, 7. Los montes de alcornocal, 8. Monte abierto y dehesas, siempre que las copas del arbolado no cubran más del 20 por 100 de la superficie y se utilice principalmente para pastoreo y 9. Erial a pastos.
RD. 6/2001	Tierra agrícola: no estén catastradas como forestales y hayan tenido aprovechamiento agrícola o ganadero de forma regular desde 10 años de la fecha de solicitud. i) Tierras ocupadas por cultivos leñosos, ii) Tierras ocupadas por cultivos herbáceos, iii) Huertos familiares, iv) Prados naturales, v) Pastizales, vi) Barbechos y vii) Eriales a pastos
Reglamento CE 1698/2005	Tierras agrícolas y no agrícolas
Reglamento UE 1305/2013	Se contemplan ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas y no agrícolas. Tierras agrícolas (cualquier superficie dedicada a tierras de cultivo, pastos permanentes, pastizales permanentes o cultivos permanentes).

La desaparición del objetivo inicial que tuvo la FTA y la libertad otorgada a los Estados miembros en los reglamentos posteriores para determinar las superficies objeto de esta ayuda, ha permitido que las CC.AA. fijen diferentes tipos de superficie (tabla 4).

Tabla 4. Superficies objeto de forestación según la normativa de las Comunidades Autónomas

Norma	Superficies objetivo de forestación
Orden de 15-05-2008 de Castilla-La Mancha	Cultivos leñosos, huerta, tierra arable
Orden FYM/399/2015, de la Comunidad de Castilla y León	Pasto con arbolado, pasto arbustivo, pastizal, tierras arables, huerta, improductivos
Orden de 28 de diciembre de 2015 de la Xunta de Galicia	Forestal, Pasto con arbolado, pasto arbustivo
Orden 37/2015, de 16 de septiembre de La Rioja	Terrenos rústicos o montes de libre disposición

Como consecuencia de la forestación, las tierras agrarias pasan a estar calificadas a todos los efectos como monte, debiendo reclasificarse en el catastro, a excepción de las forestadas con especies de crecimiento rápido.

3.2. Superficie forestada

La superficie total forestada desde 1994 al año 2016 ha sido de 732.926 ha (tabla 5), magnitud verdaderamente relevante en el contexto de las forestaciones o reforestaciones realizadas por particulares. Como antecedente más próximo a esta línea de ayudas, estarían las repoblaciones realizadas al amparo de la L.7/1977, *de fomento a la producción forestal*, donde se repoblaron 220 mil hectáreas en el periodo comprendido entre 1978 y 1993 (Vadell, de-Miguel, & Pemán, 2016).

La evolución en el tiempo de la superficie forestada (tabla 5) muestra una tendencia claramente descendente a partir de 1999, siendo prácticamente inexistente en la actualidad. Esta tendencia está claramente marcada por el modelo de financiación adoptado, dado que las primas de mantenimiento y compensación han sido cada vez mayores y han comprometido el presupuesto para las nuevas forestaciones. Esto es particularmente evidente a partir del año 2000, como consecuencia del gran éxito que tuvo este programa en el periodo 1993-99.

Tabla 5. Superficie forestada por Comunidad Autónoma en cada uno de los periodos de programación (Fuente: Estadística Forestal. Ministerio de Agricultura).

Periodo programación	Superficie forestada (ha)				Total
	1993-99	2000-06	2007-13	2014-20	
Andalucía	120.080				120.080
Aragón	4.796	4.406	1.937		11.139
Principado de Asturias	7.737	2.380			10.117
Illes Balears	960	28			988
Islas Canarias	1.026	108			1.134
Cantabria	538	1.083	95		1.716
Castilla-La Mancha	75.021	37.226	3.541	80	115.868
Castilla y León	122.088	70.231	42.603	4.803	239.725
Cataluña	1.766				1.766
Comunidad Foral de Navarra	1.255	1.502	252		3.009
Comunidad de Madrid	6.019	3.061			9.080
Comunitat Valenciana	6.635				6.635
Extremadura	53.333	13.088	6.739		73.160
Galicia	33.749	36.830			70.579
País Vasco	29.000	23.605	98		52.703
Región de Murcia	7.893				7.893
La Rioja	1.487	5.435	100	312	7.334
Total	473.383	198.983	55.365	5.195	732.926

Haciendo referencia a los cuatros periodos de programación que ha abarcado la FTA, el periodo de mayor actividad fue el de 1993-99, en donde se forestó el 65% del total. Durante este periodo se alcanzaron valores anuales próximos a los registrados por el Patrimonio Forestal del Estado en la década de los años cincuenta y sesenta del siglo pasado (Vadell et al., 2016). No obstante, esta cifra quedó muy lejos de las previsiones realizadas de forestar 806.593 ha (Gómez-Jover y Jiménez Peris, 1997). En los siguientes periodos, la superficie forestada representó el 27%, 7% y 1%, respectivamente.

Analizando la superficie forestada por cada Comunidad Autónoma, destaca Castilla y León donde se ha forestado el 33% de la superficie total, seguida por Andalucía y Castilla La Mancha donde se ha forestado el 16% en cada una de ellas. Les siguen Extremadura y Galicia con un 10% y País Vasco con un 7% de la superficie total forestada. Las CC.AA. donde menos éxito ha tenido el programa han sido Cataluña, Cantabria, la Región de Murcia y la Comunitat Valenciana, donde solo se forestó durante el periodo 1993-99. El desinterés por esta medida en algunas CC.AA. puede deberse a que la consideraban de poca utilidad para la consecución de masas forestales, además de ser una medida difícil de gestionar y con mucha carga administrativa para los resultados que estaba dando.

Paralelamente a la medida de forestación de tierras agrícolas, el Reglamento (CE) 1698/2005 estableció otra medida que fue la forestación de tierras no agrícolas. En el periodo 2007-13 esta medida supuso la forestación de 35.251 ha (MAPA, 2013). Solo activaron esta medida cinco CC.AA., destacando la superficie forestada en Galicia con 25.479 ha y Asturias con 5.407 ha. En Andalucía, Aragón y La Rioja se forestaron menos de 2.000 ha. Las superficies forestadas, en muchos casos, fueron tierras abandonadas.

La superficie forestada en cada Comunidad Autónoma, en el periodo 1993-99, ha mostrado una correlación directa y significativa con las siguientes variables explicativas a nivel de Comunidad y Autónoma y referidas para el año 1994, año de inicio de la FTA: i) superficie total de cultivos, ii) superficie de cultivos herbáceos de secano, iii) superficie de barbecho de secano, iv) superficie de erial a pastos, v) superficie de prados y pastizales y vi) superficie forestal han proporcionado unos altos coeficientes de correlación con la superficie forestada (tabla 6).

Las variables explicativas que han mostrado una correlación significativa con la superficie forestada presentaron una fuerte correlación lineal entre ellas. Los gráficos de dispersión de la superficie forestada en cada Comunidad Autónoma con las seis

variables explicativas, con las que ha tenido una mayor correlación lineal, evidencian esta relación (Fig. 1).

Tabla 6. Coeficiente de correlación de Pearson y grado de significación entre la superficie forestada en el periodo 1994-199 en cada Comunidad Autónoma y las variables explicativas del ámbito agrario referidas al comienzo del periodo (1994) (***: $p < 0,0001$, **: $p < 0,001$, n.s: no significativo; FTA: superficie forestada periodo 1993-99, SC: superficie total de cultivos₁₉₉₄; SH: superficie cultivos herbáceos de secano₁₉₉₄; SB: superficie de barbecho secano₁₉₉₄; SP: superficie de prados y pastizales₁₉₉₄; SF: superficie forestal₁₉₉₄; SEP: superficie de erial a pastos₁₉₉₄; I: Producción agrícola₁₉₈₉; PA: población activa agraria₁₉₉₄; PT: población total₁₉₉₄; ST: SC+SP+SF) (Fuente: (MAPAMA 1994))

	SC	SH	SB	SP	SF	SEP	I94	PA94	SC/ST	SH+SB	SC+SP/S	I/SC	PA/PT	PA/S
										/ST	T			C
FTA	0,885	0,883	0,734	0,862	0,844	0,787	0,672	0,741	0,239	0,387	0,229	-	0,405	-0,250
	***	***	**	***	***	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	0,334	n.s	n.s
												n.s		

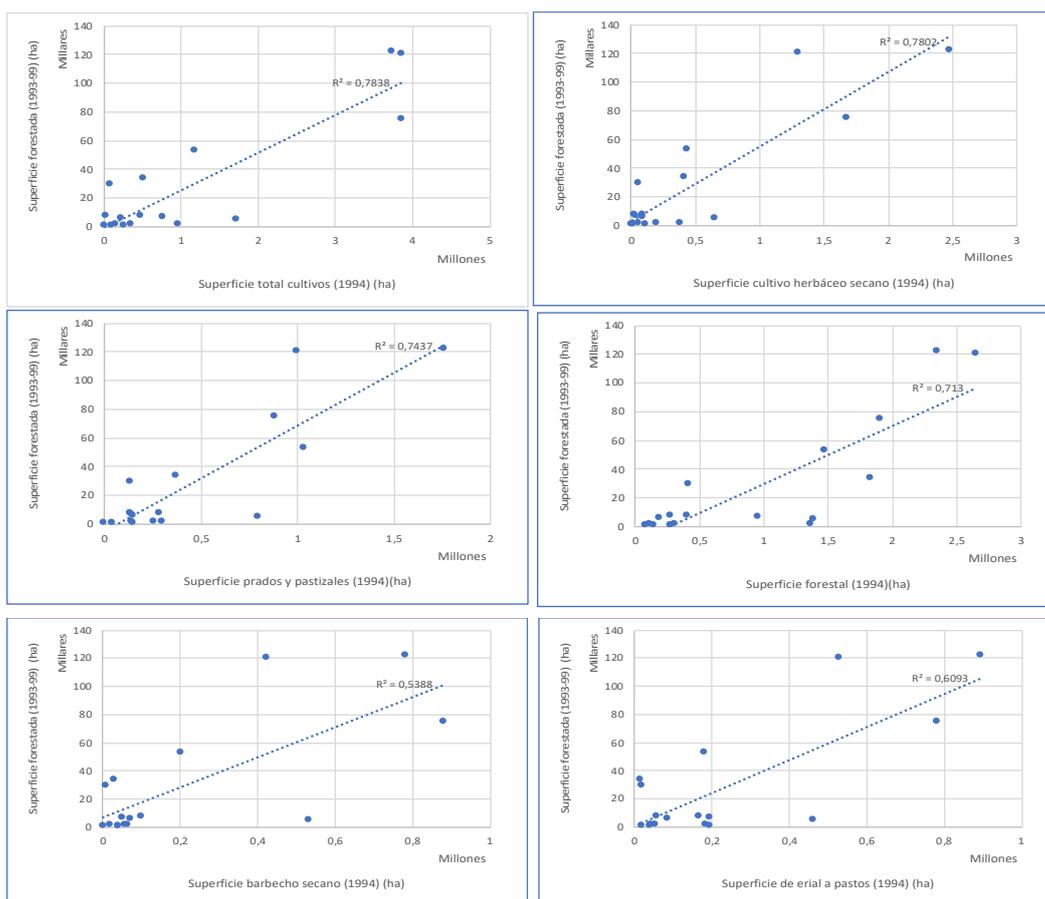


Figura 1. Gráficos de dispersión con línea de tendencia de la superficie total forestada en cada Comunidad Autónoma en el periodo 1993-99 con la superficie total de cultivos en el año 1994 (superior izquierda), la superficie de cultivos herbáceos de secano en el año 1994 (superior derecha), la superficie de prados y pastizales en el año 1994 (centro izquierda), la superficie forestal en el año 1994 (centro derecha), la superficie de barbechos de secano en el año 1994 (inferior izquierda) y la superficie de erial a pastos en el año 1994 (inferior derecha). Cada punto corresponde a una Comunidad Autónoma.

3.3 Las especies utilizadas

Las series disponibles de la superficie forestada por especies (MAPA, 2004) no coincide con las series de superficie total forestada por CC.AA., ya que alguna de las fuentes de información utilizadas para la corrección de esta no dispone de su desglose por especie. La información sobre las especies utilizadas se dispone con cierta precisión para el periodo 1993-99, pero no para el resto (tabla 7). No obstante, dado que en este periodo se forestó el 65% de toda la superficie, los resultados pueden ser extrapolables al resto de los periodos.

La primera consecuencia a destacar es el uso mayoritario de las frondosas entre las especies de crecimiento lento, tanto en la formación de masas puras y mixtas. Este aspecto contrasta con el uso mayoritario de las coníferas en el periodo 1940-84 (Vadell et al, 2016). Sin embargo, en el uso de las especies de crecimiento rápido fue mayoritario el uso de resinosas. Hay que destacar que la creación de masas puras representó el 59%, siendo el resto de masas mixtas. Por su magnitud, representó una novedad el uso de especies arbustivas o de arbóreas de carácter no dominante, al forestarse 4.543 ha.

Tabla 7. Tipo de especie utilizada en la forestación de tierras agrarias según tipo de crecimiento y composición de la masa en el periodo 1993-2013 (¹: No hay datos en el periodo 2003-05)

Crecimiento	Composición masa	Tipo de especie	Superficie forestada (ha)			
			(1993-1999)	(2000-2006) ¹	(2007-2013)	Total
Lento	Pura	Frondosas	123.743	8.179	10.233	142.155
		Coníferas	86.459	30.916	27.919	145.294
		Otras arbóreas y arbustivas	4.543	-	446	4.989
	Mezcla	Frondosas	99.394	-	11.458	110.852
		Coníferas	18.484	-	1.049	19.533
		Frondosas - Coníferas	57.075	-	20.863	77.938
Rápido	Pura	Frondosas	8.177	3.983	2.501	14.661
		Coníferas	46.049	13.640	6.105	65.794
	Mezcla	Frondosas - Coníferas	7.264	-	-	7.264
Total			451.188	56.718	80.574	588.480

Entre las frondosas destacó el uso de *Quercus ilex*, con el que se forestó cerca de 175 mil hectáreas, formando masas puras y mixtas (tabla 8). Entre las coníferas destacó el uso de *Pinus halepensis* con más de 35 mil hectáreas de masas puras. Entre las especies de crecimiento rápido destacó el uso de *Pinus radiata*.

Tabla 8. Especies más importantes utilizadas en la forestación de tierras agrarias durante el periodo 1993-2013 en la formación de masas monoespecíficas (1: No se dispone de datos 2003-05) (MAPA, 2004, 2016).

Especie	Superficie forestada (ha) (1993-2013)¹
<i>Quercus ilex</i>	59.633
<i>Quercus suber</i>	36.203
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	16.153
<i>Ceratonia siliqua</i>	9.604
<i>Juglans regia</i>	6.077
<i>Castanea sativa</i>	4.705
Otras frondosas	15.209
<i>Pinus halepensis</i>	35.430
<i>Pinus nigra</i>	24.420
<i>Pinus pinea</i>	24.643
<i>Pinus sylvestris</i>	18.668
<i>Pinus pinaster</i>	25.657
Otras coníferas	16.474
<i>Tetraclinis articulata</i>	680
<i>Tamarix gallica</i>	735
<i>Sorbus</i> spp.	578
Otras especies arbustivas	2.995
<i>Eucalyptus</i> spp.	8.631
<i>Populus</i> spp.	5.340
<i>Quercus rubra</i>	689
<i>Pinus radiata</i>	53.611

El diseño de estas forestaciones, en cuanto al tipo de masas creadas y las especies que las componen supone un gran contraste en relación a las masas forestales creadas en el periodo 1940-84. Su composición responde a las recomendaciones dictadas por la UE para la elección de especies (UE, 2014), siendo similar a composición de las masas creadas antes de 1940 (Vadell et al, 2016).

3.4 Tipo de superficies forestadas

La superficie dedicada a uso agrícola muestra un descenso continuado de la superficie dedicada a cultivos en el periodo comprendido entre 1990 y 2013, que alcanza

3.039.620 millones de hectáreas (Fig. 2). Este importante descenso deja patente la existencia de un proceso de abandono agrícola y que dificulta visualizar la contribución al mismo de la FTA. En este periodo, destaca, de forma especial, la pérdida de 1,2 millones de hectáreas de cultivos entre 1993 y 1994, año de comienzo de la FTA. Esta reducción es menor en el caso de la superficie dedicada a prados naturales y pastizales que, durante este periodo, redujeron su superficie en 367.827 ha, respectivamente. Paralelamente, la superficie forestal aumentó en 3.597.290 ha (MAPA, 2019).

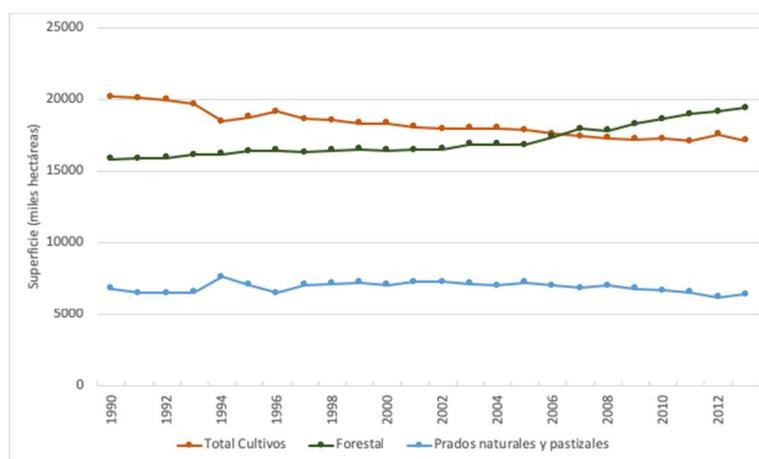


Figura 2. Evolución de la superficie en España dedicada a cultivos, prados naturales, pastizales y terrenos forestales en el periodo 1990-2013. (Fuente: (MAPA, 2016)).

La magnitud de la superficie que ha dejado de cultivarse en este periodo, cuatro veces superior a la forestada, indica que el abandono agrícola es el proceso que condiciona en la actualidad los cambios de uso de la tierra. Por tanto, cabe pensar que en cuanto a la retirada de tierras de cultivo la forestación no era una medida necesaria en el contexto general de abandono de tierras, pero podría ser eficiente si esta forestación implica que el nuevo uso forestal de estas tierras tiene un carácter irreversible.

No existe una estadística en todo el periodo estudiado que indique el tipo de tierras objeto de forestación. Solo se conoce con precisión la tipología de superficies en el periodo 1993-99, siendo los eriales a pastos los de mayor representación (34%) (tabla 9). Esta circunstancia contrasta con el tipo de tierras agrarias objeto de forestación recogido en el Reglamento 2080/92 y con la existencia de una prima de compensación de tierras para estas superficies.

Tabla 9. Superficie forestada según el tipo de tierra agraria en el periodo 1993-1999 (Fuente: Comunicación personal MA).

Tipo de tierra agraria	Superficie forestada (ha)	Porcentaje respecto a la superficie total forestada (%)
Tierras ocupadas por cultivos herbáceos	100.419	22
Barbechos y otras tierras no ocupadas	42.676	9
Huertos familiares	722	0
Tierras ocupadas por cultivos leñosos	19.127	4
Prados naturales	3.293	1
Pastizales	66.495	15
Montes de alcornocal	1.940	0
Monte abierto y dehesas	61.984	14
Eriales a pastos	154.508	34
Total	451.164	

Este hecho fue puesto en evidencia por un informe del Tribunal Cuentas (UE 2005) en el que se indicaba, además, la dudosa verificación que hicieron los Estados miembros, entre ellos España, de la información que aportaba el beneficiario. Esta información no se comprobaba con las declaraciones que este hubiera hecho los años anteriores en el sistema SIGPAC. En este sentido, existe constancia de que algunas de las tierras que se acogieron a esta medida estaban abandonadas desde hacía muchos años. A este aspecto contribuyó el hecho de que en España se estableció como plazo para certificar un uso agrario de la tierra el de 10 años, periodo cinco veces superior al de otros Estados miembros.

El impacto que ha tenido la forestación de tierras agrarias en las diferentes Comunidades Autónomas es difícil de apreciar a partir de la variación de la superficie total producida en los diferentes cultivos o usos de la tierra. Así, para el periodo 1994-99 (tabla 10), el comportamiento que ha tenido esta variación ha sido muy dispar, aumentándose en algunos casos la superficie dedicada a cultivos, a eriales a pastos o disminuyendo incluso la superficie forestal. Debe destacarse como en el Principado de Asturias, donde la superficie forestada en el periodo 1993-99 representó el 26% de la superficie total de cultivos en 1994, aumentó la superficie total de cultivos y la de pastos en el periodo 1994-99. Es evidente, por tanto, el poco impacto de la forestación de tierras agrarias en la variación de la superficie de los diferentes usos de la tierra.

Tabla 10. Variación de la superficie (hectáreas) por tipo de cultivos entre 1994 y 1999. (SC: Total de superficie de cultivos, SH: superficie de cultivos herbáceos de secano; SP: superficie de prados y pastizales; SF: superficie forestal; SEP: superficie de erial a pastos; FTA: superficie forestada periodo 1993-99).

	$\frac{SC_{1994}-SC_{1999}}$	$\frac{SH_{1994}-SH_{1999}}$	$\frac{SP_{1994}-SP_{1999}}$	$\frac{SF_{1999}-SF_{1994}}$	$\frac{SEP_{1994}-SEP_{1999}}$	$\frac{FTA(1993-99)}{SC_{1994}}$ (%)
Andalucía	-20.600	60.056	-58.105	-46.266	10.051	3,1
Aragón	-56.942	-76.938	90.213	-82.741	-128.373	0,3
Principado de Asturias	-866	-304	-18.289	24.838	17.614	26,2
Illes Balears	76.320	55.030	-3.665	30.076	19.648	0,4
Islas Canarias	58.772	4.610	8.980	70.751	-10.922	1,0
Cantabria	3.527	3.240	-6.922	7.067	2.409	3,3
Castilla-La Mancha	-148.227	-88.355	160.617	40.958	16.231	1,9
Castilla y León	37.824	12.658	129.004	6.904	-146.065	3,3
Cataluña	58.659	33.630	32.912	47.109	-42.830	0,2
Comunidad Foral de Navarra	14.416	5.976	-8.038	598	-3.050	0,3
Comunidad de Madrid	8.385	5.079	11.216	5.630	-857	2,5
Comunitat Valenciana	44.193	-16.189	30.161	170.523	103.719	0,8
Extremadura	-139.586	-4.024	95.537	102.551	97.005	4,5
Galicia	142.723	118.413	-83.264	8.857	1.111	6,4
País Vasco	-865	847	-18.735	-26.505	-1.174	31,8
Región de Murcia	28.464	24.339	-30.240	-3.739	248	1,6
La Rioja	9.416	10.309	27.942	19.476	-16.866	0,9
Total	115.613	148.377	359.324	376.087	-82.101	

Llama la atención como la superficie de eriales a pastos aumentó en el periodo 1994-99, probablemente como consecuencia del abandono de cultivos herbáceos o de pastos.

3.5 Superficie media de las zonas forestadas

El tamaño de las superficies objeto de forestación, en cuando a su superficie mínima y máxima, podría dar una idea de la entidad real de las masas creadas y su papel en la fragmentación y conectividad de los ecosistemas agrícolas y forestales. No existe una

estadística que haga referencia a esta variable, pero Picard (2001) ofrece para el periodo 1993-99 una superficie media de 11,96 ha. Esta cifra presenta una gran variabilidad, oscilando entre 2 ha en la Cornisa Cantábrica y 52 ha en Andalucía y Extremadura. Para el periodo 2000-06, se estimó a partir de la superficie forestada y del número de beneficiarios, obteniendo un valor de 11,6 ha, muy similar al del periodo anterior (TRAGSATEC 2008).

Para el periodo 2007-13, los datos de los que se dispone son de los informes finales de las diferentes CC:AA. y, siguiendo el mismo procedimiento que para el periodo anterior, se han obtenido valores medios de 2 ha en La Rioja, 3,7 en Aragón, 4 en el País Vasco, 6,7 en Castilla y León u 8,8 ha en Castilla La Mancha.

4. Conclusiones

1. Este régimen de ayudas se ha contemplado durante cuatro periodos de programación, primero en el contexto de la Política Agrícola Comunitaria y luego dentro de las políticas de desarrollo rural. Los objetivos con ella perseguidos han variado en los diferentes marcos normativos.
2. La elevada superficie forestada hace de la FTA la medida o ayuda de mayor impacto en España entre los propietarios particulares. No obstante, ante el grado de discrepancia que existe entre los valores oficiales publicados y las series facilitadas para la realización de este estudio, por parte de algunas Comunidades Autónomas, este valor podría no representar la realidad de la superficie forestada. La Comunidad Autónoma que más ha forestado ha sido Castilla y León, donde la FTA todavía permanece activa.
3. El 65% de la superficie total forestada se produjo en el primer periodo de programación, en donde esta ayuda fue activada por todas las Comunidades Autónomas. No ocurrió así en el resto de los periodos.
4. La mitad de la superficie forestada se realizó con masas monoespecíficas, teniendo similar superficie la realizada con frondosas y coníferas. La superficie forestada con especies de crecimiento rápido representó un 15% de la superficie total. El resto de la superficie se forestó creando masas mixtas, donde fue predominante el uso de las frondosas. La especie más utilizada fue *Quercus ilex*.
5. Las superficies donde más se forestó son las correspondientes a cultivos herbáceos de secano y las de eriales a pastos, aunque no se observa un impacto de la forestación en los cambios de usos de la tierra.

6. La superficie media forestada por beneficiario es de 12 ha, para los dos primeros periodos de programación, aunque con gran variabilidad según la Comunidad Autónoma.

Bibliografía

- Álvarez Álvarez 2004. Viveros forestales y uso de planta en repoblación en Galicia. Tesis doctoral. Universidad Santiago de Compostela.
- CACAN, 2019. Forestación de tierras agrarias. Comunicación personal.
- Gómez-Jover, F., & Jiménez Peris, F.J., 1997. Forestación de tierras agrícolas. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- González-Botía, M.A., 2017. Forestaciones en tierras agrarias de la Región de Murcia. Cambios medioambientales y paisajísticos. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- JCLM 2012. Estadística forestación tierras agrarias http://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20120917/estadisticas_forestacion.pdf. Accessed. 1 Decembre 2018
- JCyL, 2018. Estadística de la forestación de tierras agrarias. Valladolid.
- MAPA, 2004. Forestación tierras agrarias. Comunicación personal.
- MAPA, 2006. Forestación de tierras agrícolas. Madrid: MAPA Dirección General de Desarrollo Rural.
- MAPA, 2013. Programas de Desarrollo Rural. Periodo de programación 2007-13.
- MAPA, 2016. Anuarios estadística forestal https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/forestal_anuarios_todos.aspx. Accessed. 1 July 2018
- MAPA, 2019. Anuarios estadística agraria. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/default.aspx>. Accessed 5 April 2019.
- Picard, O., 2001. Evaluation of the Community aid scheme for forestry measures in agriculture of Regulation No 2080/92. Auzeville.
- Rodríguez Martínez, A., 1993. La forestación de tierras agrícolas en Castilla-La Mancha. *Foresta*, 47–48, 140–145.
- Sequeda, M.M., 2017. Forestación de tierras agrarias en Extremadura. In SECF (ed.), 7 Congreso Forestal Español. Plasencia: Sociedad Española de Ciencias Forestales. http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/19381
- TRAGSATEC, 2008. Evaluación final del Programa de Desarrollo Rural para las medidas de acompañamiento en España 2000-2006. Madrid.
- UE, 2005. Informe especial 9/2004 del Tribunal de Cuentas sobre las medidas forestales en el marco de la política de desarrollo rural, acompañado de las respuestas de la Comisión. Unión Europea.
- UE, 2014. Directrices de la Unión Europea aplicables a las ayudas estatales en los sectores agrícola y forestal y en zonas rurales de 2014 a 2020. Union Europea.
- Vadell, E., de-Miguel, S., & Pemán, J., 2016. Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy* 55, 37–48. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017>

Chapter 4. Historical development of forest management and practice in Spain

Chapter 4. Historical development of forest management and practice in Spain

Abstract

Sustainable forest management has become a topical issue because of the importance that forest ecosystems have for society and especially because of their role in climate change mitigation and adaptation. Analysing the history of forest management decision-making and practice is important for understanding how current forest landscapes have been shaped, and can serve as a basis for defining how management could be improved to better address all societal needs. In the case of Spain, a country that was largely deforested up until the mid-20th century, analysing the role of forest management is crucial to understand the composition and structure of its forest ecosystems that currently cover 55% of the country area.

From the construction of narratives from eleven indicators of forest management decision-making and practice, we have analysed the development of forest management from the mid-twentieth century to present. The different indicators show the development of forest management through technical developments, and also contribute to improve our understanding of the natural development of forests. Some of the variables have been conditioned by technological innovations, such as the evolution in the use of machinery or soil cultivation, while the development of certain policies and legislation has conditioned others, such as application of chemical agents, which have been reduced for environmental reasons. A number of silvicultural decisions have remained constant, especially those that depend on the species, such as the regeneration methods or cutting regimes.

The results of this analysis contribute to improve our understanding on how forest management has developed in Spain, but can also serve as a guide for other regions and countries that may be facing similar challenges as a result, among others, of the effects of climate change, or the need for restoring their forests ecosystems.

Keywords: forest management, forests practices, land use, forest policy

1. Introduction

Forests have multiple functions and provide many benefits to society (Pukkala et al. 2011; Martinova et al. 2020; Borrass et al. 2017). Forest management, understood as the application of a set of techniques based on scientific knowledge, can affect the extent to which extent these functions are fulfilled, and benefits are provided. Forests and forest management are critical for providing raw materials and to mitigate climate change. However, forest management must also consider the impacts of climate change on forests, while simultaneously considering the importance of forests for biodiversity, as well as for provisioning many other ecosystem services (Verkerk et al. 2020).

To understand how all these functions and benefits could be better considered in forest management, it is important to first understand how forests are currently managed. Indicators on sustainable forest management have been defined and agreed upon at the European level, but the reporting on these indicators (e.g., Forest Europe 2020) focuses to certain extent more on the state of Europe's forests than on sustainable forest management itself. While a wealth of information exists on European forests, how forest management practices are applied in different countries is generally poorly documented.

In this study we focus on Spain. as a paradigmatic case of a diverse country where the historical evolution of forest ecosystems and socioeconomic development has entailed particularly significant challenges and adaptations in terms of forest management policy and practice, from which the lessons learnt may be of broad interest for scientists and practitioners elsewhere. Indeed, Spain hosts a high biogeographical diversity (Rivas Martínez et al. 2014), and its woodland cover has increased from 12.5% of the country's area in the mid-19th century (Armenteras 1903), to the current >50% (Álvarez-González et al. 2014). This involves a large variety of forest practices, which in addition with the changes that the landscape has undergone, makes it a case study in Europe.

Forest management in Spain began in 1846 with the creation of the first forestry school, similar to those existing in Central Europe. Until then, forests were used and harvested based on practices that were transmitted from one generation to another and relying on traditional experience and knowledge. Similar to elsewhere in Europe, there were no forestry organisations and professionals yet, and the regulations regarding the utilization of forest resources were created by local communities with a rather local scope (Tasen 2018). In recent decades, the development of forest management in Spain followed the deep changes of the country's society and economy. Industrialization did not reach many areas until after the Civil War, i.e., from the 1940's onwards. Until then, industrialization had only taken place in the Mediterranean and the Cantabrian rims (González 1998).

Prior to the industrial development, the main economic activity was agriculture and livestock, and the forest area was limited to remnant areas where no other types of economic activity were viable. Industrialization initiated an exodus from rural to urban areas, especially during the period from 1950 to 1965 (Camarero 1993). This abandonment of the countryside concurred with the deployment of a national-level policy of large-scale reforestation and afforestation. Between 1940 and 2006, 5.6 million hectares of new forests were established in Spain (Vadell, et. al. 2016). This late industrialisation entailed a strong dependence of many new industries on traditional raw materials derived from forest resources, which implied a change in the harvesting of woodlands in order to meet the emerging demand for timber and energy from the new economic sectors (Iriarte 2009). The absence of energy sources other than wood led to excessive harvesting and subsequent wood shortages (Morgenstern 2007).

This process took place during the dictatorship established after the Civil War. Forest management became a cornerstone to organize and ensure a stable wood production for the industrial sector. Confronted with an autarkic economy in which the forestry sector provided some direct goods, the emergence of new materials and fuels and the opening of markets made them less important (Zavala et al. 2008). From the second half of the 20th century, the societal changes of an increasingly urban society and the progressive opening to foreign markets drove the evolution of forest management. Not only because of the logical modernization of the forestry sector, but also because forest management policies were increasingly sensitive to the new societal demands in relation to the forest ecosystems, such as biodiversity conservation, recreational use or climate change mitigation.

Current forest landscapes in Spain have been shaped by active afforestation programmes and abandonment of agricultural lands. However, so far the role of forest management in landscape modelling has not been studied in depth at the national level. The great diversity of forest ecosystems in Spain, a consequence of its location in southern Europe with a mixture of bioclimatic regions together with a complex orography (Blanco et al. 1997), also makes forest management particularly interesting because of the great variety of forest management objectives and techniques applied, ranging from the importance of biodiversity and forest ecosystem services to timber production and forest fire prevention within a global change context. Yet, previous research has not really tackled the evolution of forest management practices. Rather, previous studies have mainly focused on political aspects and only for some regions, but failing to address a broader vision at the national level (Cervera et al. 2015), often tackled from other disciplines and perspectives (Mendoza & Olmo 1992; Mendoza & Olmo 2006). Thus,

rather than analyzing the evolution of forest management, several previous studies have focused on its consequences in terms of changes in vegetation and landscape at the scale of mountain regions (Serrat & Segura 2003; Anton 2011; Gutierrez et al. 2016). In contrast, the evolution of forestry practices which have driven these changes have not been studied in depth in a global framework, although they are essential to understand them.

The objective of this study is to shed light on the development of forest management in Spain since the mid 20th century. We evaluate the historical changes in management decisions, with the aim to further understand how forest management has shaped the current landscape of Spain.

2. Materials and methods

The information on forest management in Spain was compiled on the basis of narratives of forest management. Narratives for land management regimes have been successfully compiled in previous research by Jepsen et al. (2015), but these narratives largely excluded forest management. Here we adopt a similar approach to compile narratives for forest management practices in Spain.

To select the key drivers, variables and indicators to investigate the evolution of forest management in Spain, the narratives were organized following major forest management decisions during stand development (Table 1), based on the framework developed by Duncker et al. (2012). This structure allowed to systematically assess the evolution of forest management policies and practices in Spain.

The construction the narrative, we relied on a) bibliographic reviews including materials published in English and Spanish; b) official Spanish data and statistics; c) Spanish and European legislation d) forest inventories and; e) direct consultations with experts and specialists on the different variables.

The National Forest Inventory in Spain is carried out based on the collection of periodic data on permanent plots across the regions in Spain. There are four editions and all of them have been carried out during the periods analysed. The comparison of these inventories allows the study of changes in the composition of forest species, and the factors that have led to them (Hernandez et al 2015; Alberdi et al. 2005). We used the information from the 3rd Spanish National Forest Inventory to characterize the naturalness of tree species composition.

Table 1: Major decisions involved in forest management and the associated silvicultural operations, modified from Duncker et al. (2012)

Decision	Silvicultural operations	Aspects to be considered
Naturalness of tree species composition	Selection of tree species	Species composition in relation to the potential natural vegetation, share of site-adapted tree species, and share of introduced tree species
Type of regeneration	Stand establishment	Natural regeneration, planting, seeding and coppice
Forest reproductive materials	Selection of populations and tree genotypes	Selection of site adapted forest genetic material, use of improved breeding material
Machine operation	Fertilizing, liming, soil preparation, thinning, final harvest	Use of forest machinery for soil preparation, thinning and final harvest
Soil cultivation	Soil preparation, drainage, prescribed burning	Physical site preparation (mechanical and use of prescribed burning) and drainage
Fertilization / Liming	Fertilization, Liming	Fertilization to increase yield (amelioration), compensation for nutrient extraction, and re-establishment of natural biogeochemical cycles
Application of chemical agents	Pest control	Application of pesticides and herbicides
Integration of nature protection	Tree retention, special habitats	Retention of biotope/habitat trees, tolerance of deadwood, and biotope protection within stands
Cutting regimes	Cutting regime of final harvest	Continuous cover, shelterwood, clearcutting, coppice, coppice with standards
Tree maturity	Final harvest	Felling age in relation to the potential life span of a given tree species
Wood removal	Thinning, final felling	Tree components (stem, stem tops, branches and stumps) extracted in thinning and harvesting operations

The National Forest Inventory in Spain is carried out based on the collection of periodic data on permanent plots across the regions in Spain. There are four editions and all of them have been carried out during the periods analysed. The comparison of these inventories allows the study of changes in the composition of forest species, and the factors that have led to them (Hernandez et al 2015; Alberdi et al. 2005).

The temporal scope of the analysis will be on management since the beginning of the Civil post-war. Three periods can broadly identify, the post-war period (1940-1970's), the consolidation of rural depopulation in Spain (1970's-1990's), and (>1990's), when the concept of sustainable forest management became increasingly important through the First Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe in 1990, the Rio de Janeiro Earth Summit in 1992 and the establishment of forest certification schemes.

As not all the aspects studied are developed in the same way in the three periods, for a better understanding each one is explained according to its own historical development. In the construction of the narratives, we considered important to point out those techniques used, such as those that have not changed or are not used because they

also explain how forest management is in Spain, and help to detect gaps in knowledge that can be addressed in other studies.

In the narratives we have also tried to collect information in reference to cork, a product restricted to southern Europe but important for the maintenance of ecosystems and biodiversity linked to *Quercus suber* forest ecosystems.

3. Results

3.1 Naturalness of tree species composition

From 1940 to 1984 the naturalness of tree species composition was largely shaped by the large-scale reforestation (3,67 million hectares) conducted mainly by the Forest Administration. We know the species of the 90% of the surface. The most abundant tree species (77% of the total reforested area) were native pines (*Pinus pinaster*; *Pinus sylvestris*; *Pinus halepensis*; *Pinus nigra*). that, in most sites were considered as species corresponding to successional stages but not representing the potential or climax vegetation. During this stage, the use of fast-growing exotic species in plantation systems started to be generalized. The main species used were those that private owners had already tested since the mid-19th century and that had already shown proper adaptation and growth in northern Spain, namely *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata*. Together with these species, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus rubra* and *Larix europea* and *L. leptolepis* were also promoted in northern Spain, while *Populus x Euramericana* and *Eucalyptus camaldulensis* were mainly used throughout more typically Mediterranean areas. Around 15% of the whole area reforested by the Forest Administration (308.000 hectares) corresponded to these species, underlining *Pinus radiata* (107.000 hectares and *Eucalyptus spp.* (164.000 hectares).

At the end of 1990's the use of *Quercus* species such as *Quercus robur* or *Q. suber* started to increase. These oak species were considered to represent the natural optimum (climax) vegetation in many areas. Also, an increasing interest for promoting mixed stands based on mixtures of native species appeared, mainly regarding stands whose main objective was ecosystem protection or restoration, compared to the earlier preference for monospecific stands. As the large-scale abandonment of agricultural land intensified from the start of the rural exodus to urban areas, those lands started to get colonized by forest species, mainly pioneer species such as native pines (*Pinus halepensis*; *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* mainly), which, together with the large-scale reforestation of Spain, explains part of the species composition that we have today (Fig. 2).

At present around 35% of the woodland area was covered by monospecific conifer stands, where native pine species (*Pinus halepensis* and *Pinus pinaster* were the most abundant ones followed by *P. sylvestris* and *P. nigra*) predominated as natural forest vegetation. On the other hand, the area covered by monospecific broadleaved species amounted to approximately 46% of the total woodland area, whereas mixed forests represented 19%. The most widespread species in Spain was (and still is) *Quercus ilex*, a native oak species covering more than 15% of the woodland area (Fig. 1).

Species richness distribution (% of woodland area)

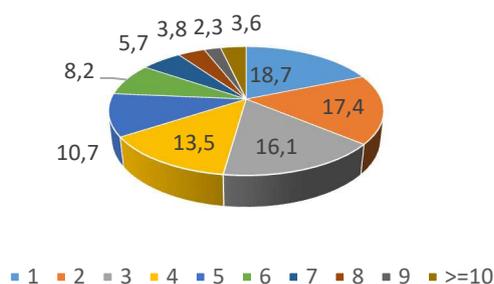


Figure 1: percentage of woodland area by tree species richness (number of tree species) in 2007 (source: IFN3).

There has been a trend showing a progressive substitution of natural or semi-natural forests by forest plantations. In 1990, the share of planted forests was 8.2% in front of 91.8% of other forest ecosystems, whereas in 2010 the area covered by planted stands increased up to almost 10%. Most planted stands are based on exotic fast-growing tree species, the most commonly used being mainly *E. globulus*, *E. nitens*, *Pinus radiata* and *Populus* hybrids. On the other hand, within the framework of the European Union's Programme for the Afforestation of Agricultural Land established in 1993, the most used species in afforestation during this period were native oak species, especially *Q. ilex* and *Q. suber* (Vadell, et al. 2019).

During this period, the promotion of species mixtures in forest stands (mixing different coniferous species, different broadleaved as well as coniferous and hardwood species) became widespread, promoting for instance species of the genera *Sorbus*, *Acer* or *Fraxinus* combined with other conifers or hardwoods. There was also increasing interest in promoting species for the production of high-quality timber, mainly focusing on *Juglans* spp. and *Prunus avium*, but also on *Fraxinus excelsior*, *Sorbus torminalis*, *Alnus glutinosa* or *Betula* spp.

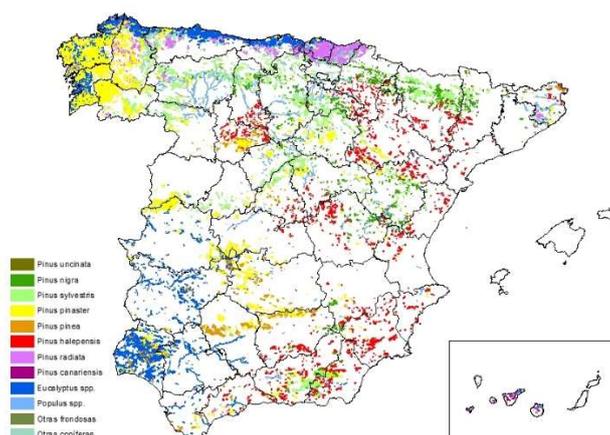


Figure 2: Forest area originating from reforestation according to the dominant tree species in 1997 (Vadell et al. 2019)

3.2 Type of regeneration

Until the 1970's, forest management in semi-natural stands of native conifers, especially *Pinus* species, aimed at natural regeneration, while stands of *Quercus* species (especially *Quercus ilex*, *Quercus pyrenaica* and *Quercus faginea*) were coppiced to obtain firewood and charcoal. In some cases, stand conversion treatments were made to change coppice stands into seedling stands to improve their genetic diversity. The management of *Fagus sylvatica* and *Castanea sativa* were as coppice stands for firewood production and for cabinetmaking/carpentry and stakes, respectively. Exotic fast-growing species for sawn timber were usually artificially planted following final clearcuts, while eucalypts were coppiced. Planting was also the regeneration method used in most reforestations, preferably using bare root seedlings, except for the more arid sites where container-grown seedlings were used. Sowing was used, generally, with *Pinus pinaster* and *P. pinea*, and to a lesser extent with *Quercus ilex*. In the latter case, massive seed losses due to predation mainly by wild boar, *Sus scrofa*, led to the abandonment of this reforestation method.

After the 1970's, the planting of seedlings became the preferred regeneration method over sowing. While reforestation activities mostly used bare-root seedlings in the 1970's, the use of seedlings in containers increased during the 1980's. Seedlings were mostly containerized to deal with the arid conditions in the Mediterranean area. Towards the end of the 1980's the abandonment of the worst *Quercus* coppice stands began due to the increasing lack of interest in firewood production.

Natural regeneration remained the objective in forest management since 1990's for the management of natural stands of native conifers, especially to *Pinus* species. The management of the better stands of *Quercus* species (especially *Quercus ilex*, *Quercus*

pyrenaica and *Quercus faginea*) are still as coppice stands to obtain firewood and charcoal. In some cases, conversion treatments were made to change coppice stands in stands originated from seeds with the aim of improving their genetic diversity.

A special case regarding the change in the type of regeneration is that of energy crops based on short-rotation coppices. The realization of plantations with re-sprouting species (*Populus* spp., *Eucalyptus* spp., *Pawlonia* spp., *Salix* spp.), with short rotations of 2 or 3 years, contributes to the generalization of coppices for biomass production, sometimes replacing the methods traditionally used for certain species (e.g., *Populus* spp.) when the main objective was wood/timber production.

Concerning afforestation/reforestation, the use of plantations (planted stands) is generalized, as compared to sowing. In some special ecosystems such as the *dehesas* (agro-sylvopastoral systems) or natural or artificial stands of *Pinus* spp., densification or enrichment plantings (with hardwood species) are carried out, respectively. In the case of *dehesas* to facilitate oak tree regeneration, which is difficult due to the presence of cattle, and to accelerate the natural succession increasing the biodiversity in pine stands. Enrichment plantations with hardwood species are currently frequent in the reforestation carried out with species of the *Pinus* genus in the previous stages, when these repopulations had a preferably protective objective. The cases where sowing (using seeds) is used are reduced to certain stands reforested with Mediterranean species of the genus *Quercus*, utilizing tree shelters to prevent damage by predation by birds and rodents. Experimentally, aerial sowing for the restoration of burned areas has been also tested.

3.3 Forest reproductive materials

After the Civil War the origin and production of the FRM was national, and the improvement was scarce. The first attempts of improvement focused on the genus *Populus* by means of selection and hybridization to obtain reproductive materials. The clones considered of greatest interest in Europe were imported, and the possibilities of using native species (*Populus alba*, *P. nigra* and *P. tremula*) and their natural hybrids were also explored. Forest reproductive materials materials (i.e., seeds and seedlings) were initially imported from the Netherlands, Italy, France, Germany and Morocco. Seeds of *Populus deltoides*, *P. angustifolia* and *P. tremuloides* were also imported from the US and Canada. During those years, new clones of *Populus x euramericana* (*P. deltoides* x *P. nigra*) such as the so-called “Campeador” were produced and became widespread,

especially in the Duero Valley, and imported Italian clones of *Populus x euramericana* such as I-214, I-262 or I-488 also expanded.

The 1980's entailed significant changes with the establishment of the tree breeding and genetic improvement programme for *Pinus pinaster* and the creation of clonal seed orchards for the genus *Pinus* (Arregui & Merlo 2008.; Alia. Et al.). The breeding programme for *Pinus radiata* in the Basque Country and Galicia also began during this period (Arregui et. al. 1999; Sampedro), and were further intensified from 1990's. The selection of breeding material for *Eucalyptus globulus* also started almost simultaneously, both in southwestern and northwestern Spain. The genetic improvement of *Populus* got stagnated during this period, although Italian (Luisa Avanzo, I-MC, Triplo), Dutch (Flevo) and American (Agathe) clones were introduced. The National Catalogue of Basic Materials for obtaining reproductive forest material was created, specifying the materials authorized for commercialization per tree species, except for eucalypts. The only materials authorized for commercialization as "tested category" (a guarantee of genetic superiority of the materials compared to their parents) were the clones of *Populus x euramericana*, namely Agathe, Campeador, Canada blanco, Flevo, I-MC, I-214, I-488, Luisa Avanzo and Triplo. At the end of the 1980's, a programme for selecting elms resistant to the Dutch elm disease started as a consequence of the generalized and serious impact of this disease on *Ulmus minor* stands, and was further developed as a tree breeding programme for this elm species during the 1990's. Actually there are FRM of elms available resistant to the disease.

Since the 1990's, new basic materials were approved and incorporated into the Spanish National Catalogue of Basic Materials as a result of the different tree breeding and genetic improvement programmes, mainly clonal or seedling seed orchards for the genus *Pinus*, breeding programme for *Pinus radiata* in the Basque Country and Galicia, selection of breeding material from individuals of the most suitable phenotype - *Juglans regia*, *Prunus avium*, *Acer pseudoplatanus* or *Betula* spp. Currently, there is a total of 532 basic materials corresponding to the "selected", "qualified" and "tested" categories, according to the Directive 1999/105/EC. None of them is a genetically modified organism. The evolution in the production of breeding material (seeds, seedlings, and cuttings/stakes) for the four breeding categories (identified, selected, qualified and tested) during the latest part of this period (2005 - 2015) is presented in Figure 3. The figure shows a reduction in the production of seeds and seedlings, but a stable or even increasing trend for cuttings/stakes.

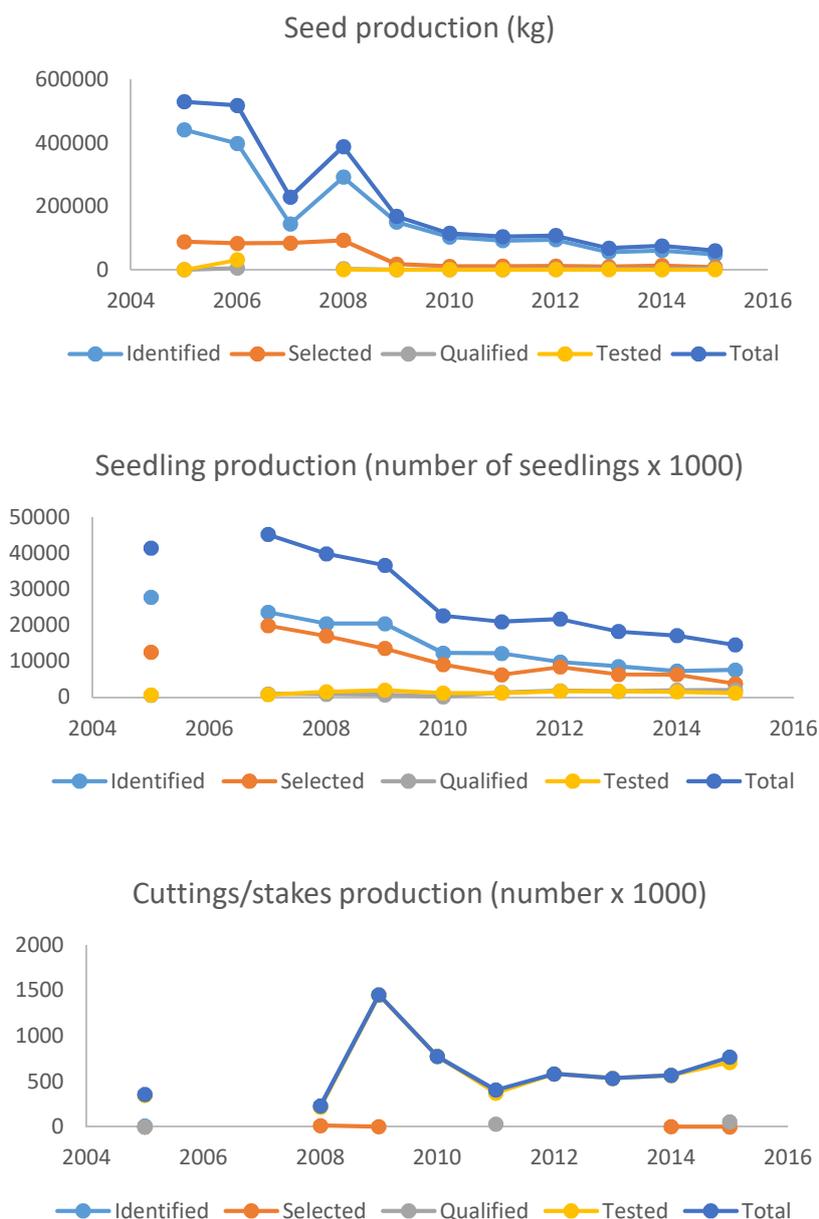


Figure 3. Evolution of breeding material production for the four breeding categories (identified, selected, qualified and tested) between 2005 and 2015: a) seeds, b) seedlings and c) stakes.

3.4 Machine operation

During the 1940's and 1950's, soil preparation work for reforestation purposes was carried out manually or using animal traction (i.e., oxen). At the end of the 1950's, mechanization began with the introduction of bulldozers used for bush removal and subsoiling operations, thanks to the economic agreements signed with the U.S in 1953. In the area of reforestation, it was the beginning of mechanization with the use of crawler tractors, terrain vehicles and planting machines and augers, which were given to Spain by the United States. This equipment was also used for planting operations by coupling

a planting machine. Experiences with manual earth augers also started at that time. At the end of this stage the use of chain tractors for the realization of subsoiled terraces started to be generalized.

In forest harvesting, the ax was the most utilized tool for tree felling purposes for trees with diameters smaller than 12 cm, and the chainsaw for those that exceeded this diameter. In debranching and debarking operations, the most utilized tool used to be the ax, although at the end of this period the use of the chainsaw for this operation also started to become widespread. Timber hauling was conducted using mules and oxen when the diameters of the trees were not high, whereas tractors, either agricultural or with chains and winches were used when trees were larger. Skidders and forwarders were not yet very common. For transportation purposes, trucks normally did not have a crane, so their loading operation used to be a rather complex task. In some forest areas, cable cranes were installed.

During the 1970's to the 1990's, the mechanization of land clearing and soil preparation operations for forest reforestation was generalized. Manual operations are scarce due to their low quality and the high labor costs. Angledozers and tiltdozers were the most used in forestry for reforestation purposes by coupling different implements in the 1970s. During the 1980s, due to the increasing concern about the impact of terraces on the soil and the landscape, prototypes of high-stability articulated tractors, as TRAMET and TTAE were designed in Spain, but their economic cost and low resistance to harsh working conditions do not make them operational.

In forest harvesting, the use of the chainsaw for felling the trees was generalized. Big forestry companies acquired harvesters, skidders and forwarders and used these mostly in plantations with fast-growing species. The practice of debarking in the forest was abandoned and was increasingly carried out in the factory. At this stage, portable chippers became more commonly used. The trucks for wood transportation became equipped with cranes, which facilitated timber loading and unloading operations. Experiences with the use of aerial cables continued, but the lack of economic profitability of such mechanization facilities prevented their consolidation as a hauling off system for timber.

At the beginning of 1990's, the use of spider/walking excavators on slopes greater than 35% were commonly applied in soil preparation for reforestation purposes. For dismantling operations in *Populus* spp. plantations, the use of stump grinders that allow the stump to be crushed in situ has been generalized. For clearing operations, the use

of brush cutters coupled to agricultural tractors or caterpillars is frequent, depending on the slope conditions. Planting operations are still mostly conducted manually.

In forest harvesting operations, the use of harvester heads and feller-buncher heads increased in the 1990s, although the chainsaw continues being the most used machine for felling purposes. Feller-buncher heads are nowadays used to cut trees of small dimensions for bioenergy purposes. Hauling / skidding is usually carried out by dragging cable, usually pulling the cable from an agricultural tractor although the use of skidders is increasing. When harvesting heads are used, then the hauling of wood is commonly conducted using forwarders. Wood extraction based on animal traction is abandoned except in remote mountain areas. The use of aerial cable is still used rather experimentally within the context of timber harvesting in natural protected areas. The increasing interest toward the production of forest biomass for bioenergy purposes has generalized the use of portable chippers, to conduct the chipping *in situ*.

3.5 Soil cultivation

The main objective of soil preparation for reforestation purposes in the Mediterranean area of Spain was to improve the physical properties of the soil, especially the porosity of the soil, with the aim of facilitating the development of the roots of the new plants and the improvement of water infiltration in the soil (Serrada et. al. 2005). During the period between the 1940s and the 1970's, the general recommendation was that soil cultivation had to be rather intense in terms of depth (60 cm) and area. Because the land areas where reforestation was conducted often had steep slopes with much degraded soils, soil preparation was carried out by rows following the level curves, and conserving unaltered the natural vegetation between them. This practice aimed at avoiding erosion processes. Soil preparation on the whole area was only carried out on slopes lower than 10 or 15%. This preparation consisted of tillage (cultivation) with agricultural/farm tractors and mouldboard ploughs. This preparation had as a disadvantage the inversion of the shallowest horizons of the soil. On slopes with steep slopes (> 35%), the most usual soil preparation technique was by means of manual hoeing, where the dimensions of the hole used to be 40x40x40 cm, or the tillage with animal traction, using oxen with a Brabant plough. With the introduction of chain tractors, oxen were no longer used, and the subsoiling started to be done by using rippers.

During the 1970's, the same soil preparation procedures persisted, especially the use of terraces with angled dozer. Clearing operations were carried out by tillage (farm tractor + mouldboard plough or disc ploughs) for slopes <15%, and by bulldozer scalping or

angledozer + forestry mulchers for slopes <35%. In the humid areas of northern Spain, prescribed burning could be used. The most frequent soil preparation operations were tilling (angledozer + mold plough), subsoiling or ridging (angledozer + ripper) for slopes <35%, as well as terraces (tiltdozer + ripper) for slopes ranging from 35% to 60% (Peman et al. 1998). Excavators also began to be used for the realization of holes, which in the previous historical stage were done manually.

Between 1980s and the 1990s, the use of terraces for slopes exceeding 35% was abandoned, due to its impact on the soil and the landscape, and was replaced by digging holes with a modified ripper. This ripper was carried by a chain tractor that moved along the line of maximum slope. This is the technique that was generalized for slopes greater than 35%. The practice of draining certain endorheic wetlands was abandoned due to the high ecological value of these areas. In clearcuts made in of conifer stands with the aim of favoring natural regeneration, it was common to carry out a tillage in the soil in order to favor seed germination.

Since the 1990's, as a consequence of the generalized use of the spider/walking excavators on slopes exceeding 35%, the most common soil cultivation technique in reforestation is that of digging holes and terracing is no longer used. For slopes lower than 35%, tilling, subsoiling or ridging remained the most commonly applied method. In much of the degraded lands in the Mediterranean area, the use of slow liberation fertilizers and hydrogels is experimented to improve the moisture content of the soil. Tests are also carried out to apply organic amendments from either urban solid wastes or sewage sludges in degraded soils with the aim of reforesting those areas afterwards. Irrigation is frequently used in productive *Populus* plantations, plantations for truffle cultivation or in *Juglans* spp. or *Prunus avium* plantations, because in the Mediterranean climate the summer drought period is long.

3.6 Fertilization / Liming

During the 1940 – 1970's, no fertilization was applied. The only remarkable exception may be liming practices for the case of *Populus* sp. plantations, which were often subject to river floods that brought nutrients into the plantation system. The first fertilization experimental trials for fast-growing species started during this period, but there was no generalized use of fertilizers in forestry practice.

During the 1970s, in some cases, fertilisation was used at planting time in the acidic soils of northern Spain. Fertilisation consisted of compressed forest manure tablets (i.e. 5-15-15-18-2.3:N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO) on fast-growing species. The dose varied

from three to six tablets (each of 50 g), placed at a distance of 10 cm and a depth of 5 cm around each plant, some time after planting. There were some variations in compositions (i.e., NPK 11-18-11 or 8-8-16) and the studies on the pattern of nutrient release and leachate showed that around 80% of the initial N, P and K contents were lost after 1.5 years equivalent of rainfall. Some studies reported an increase in wood production ranging from 25% to 76% (depending on the fertilization treatment, i.e., either 3 or 6 tablets, respectively, 32 g each) in *Eucalyptus* planted stands in relation to unfertilized stands (Viera et al. 2016). Although research conducted at that time showed positive effects on stand growth, the relatively high cost of application of the fertilizers and the difficulty to achieve a high enough dose per plant limited its use.

Fertilization became a more widespread practice since the 1990's in planted stands, partly due to the impulse of reforestation and forest plantations given since 1993 by the Programme for the Afforestation of Agricultural Land and its related subsidies. As a result, in northwestern Spain some planted stands with eucalyptus, Monterrey pine, Maritime pine and Douglas fir started to be fertilized upon the establishment of the plantation with low doses. The effect was short as a consequence of the quick leaching associated to the humid climatic conditions in that area. We could estimate that around 1,000 to 1,500 hectares of new eucalypt plantations are created and fertilized every year in that area of Spain (Galicia) through the governmental subsidies supporting also the fertilization at the plantation establishment stage (in that case, slow-release fertilizers are compulsory). In the absence of subsidies, private owners planting for instance *Eucalyptus nitens* in that area rather use fast-release, soluble fertilizers. The two main regions where *Eucalyptus* are planted in Spain are contrasting sites in term of water and soil resources availability, which makes the differences in the management particularly relevant, especially concerning nutritional aspects. There is practically no use of maintenance fertilizers (along the stand development); although some experts consider that this could be a suitable/desirable practice, too. Different fertilization practices are used by non-industrial owners and Spanish pulp companies, with more intensive harvesting and fertilizing in the last case (Viera et al. 2016).

In northern Spain, between 1990 and 2000, forest owners that opted for fertilizing their plantations (mainly *Pinus radiata*) initially applied the same kind of fertilizers as they usually applied for agricultural purposes, i.e., NPK 15-15-15. However, such fertilization treatments caused some problems to the planted stands as there is no scarcity of nitrogen in the soils of that area. Fertilization caused an unbalanced development of the aboveground tree biomass compared to the development of the root system. Furthermore, excessive nitrogen supply increased the damages caused by fungal

diseases. Therefore, from 2000 onwards, the composition of the fertilizers changed to NPK 0-18-0, 0-21-0 or 0-27-0 (so-called superphosphates), with very sporadic supply of magnesium and/or calcium (although some cooperatives still add some nitrogen, mostly due to commercial/marketing reasons). Often, fertilizers are applied at the plantation establishment stage and right after the first, second and even the third clearing/thinning usually conducted at stand ages of 5, 8 and 12 years, respectively. Currently, the forest administration subsidizes voluntary soil analysis associated to the development of forest management plans to advice forest owners about the most suitable doses and composition of fertilization treatments. Sanchez Rodríguez et al. (2002) advise fertilization in *Pinus radiata* plantations due to lack of P and Mg as a common practice in NW Spain. Zas, R. 2003 also reaches similar conclusions, pointing out that N fertilization can lead to health problems and that it is not necessary. In the same area of northern Spain, eucalypt plantations (*E. globulus* and, more recently *E. nitens*) became more widespread since the 1990s, being NPK 8-24-16 the typical composition of the fertilizers utilized (mostly fast-release ones). The fertilization treatment, when applied, is usually conducted at the establishment stage and, maybe, also after the final cut, right before eucalypts start to re-sprout.

Poplar plantations in Spain are seldom fertilized as the marginal gains in tree growth and wood production often do not compensate for the cost of the fertilization. Such plantations are mostly placed in lowlands and alluvial plains, close to the water table and, therefore, their growing conditions are often not much limited by water or nutrient deficit.

3.7 Application of chemical agent

The most used insecticides until the 1970's belonged to the group of organochlorines, among which DDT (dichloro diphenyl trichloroethane), HCH (hexachlorocyclohexane) and Lindane were the most utilized ones. They were applied by sprinkling using ground-based or aerial devices. The first aerial spraying in Spain was carried out in 1950 (Albadalejo et al. 2016). The latter was the most frequent for forest purposes, the ground-based treatments being applied within the context of peri-urban or urban areas. The dimensions of the powder particles ranged between 10 and 15 microns, and provided a large coating. The formulations and doses used with these insecticides were 10% for DDT and HCH, which average doses of 20 kg/ha. In the case of Lindane, the concentration was 1%. The average area treated annually at the end of this historical stage varied between 300 and 400 thousand hectares per year. At the end of this stage, certain biological control treatments started to be implemented by enhancing the

abundance of natural predators of certain pests, i.e., insectivorous birds (*Parus* spp.), red ants (*Formica rufa*, *F. lugubris*, *F. aquilonia*, etc.) or bats (*Myotis* spp., *Rhinolophus* spp., *Pipistrellus* spp.).

During the 1970's to the 1990's, organochlorine insecticides were still used, with the exception of DDT, which was forbidden in 1977. In addition to these insecticides, organophosphate insecticides such as Malathion were also used, and the use of growth-inhibiting insecticides started as well, which interfere with the formation of insects' chitin. Among these insecticides, it is worth highlighting the utilization of diflubenzuron, the use of which became widespread as a treatment against defoliators. The novelty in this historical stage lies in the appearance of equipment that allows for applying ultra low volume (ULV) treatments. To be able to use this equipment, the formulations were liquid. These came directly prepared or had to be diluted in diesel or other non-volatile solvents. This was the most used technique during this stage in aerial treatments, with doses that could vary from 5 to 10 l/ha. At the end of the 70's the trials on the pine processionary are made and it begins to be used in great scale (Robredo 1980), later it will be used for other defoliator plagues like *Lymantria dispar*. At the end of this stage, microbiological insecticides based on *Bacillus thuringiensis* started to be used, especially in the treatment of *Thaumtopoea pityocampa*. Their application was conducted using ultra low volume techniques.

The most used fungicide in preventive treatments during this period was the Bordeaux mixture, a mixture of copper sulfate and slaked lime (Ca(OH)_2), applied in concentrations of 1 or 2% in sprays. For seed treatments, copper oxychloride or cuprous oxide were often used. Among the curative treatments, the potassium sulfide was the most frequently used. For the treatment of round logs, sodium pentachlorophenate and lindane were used. Sodium pentachlorophenate was also used for treating sawn wood. For the protection of the cork oaks against the risk of the fungus *Botryosphaeria corticola*, which causes the chancre disease (*Diplodia corticola*) in this period is used the benomyl. The chancre causes damages in the cambium that depreciate the value of the cork reason why preventive treatments are made after the uncorking.

Spain entered the European Economic Community in 1986, which required the adaptation of all the legislation on the use of phytosanitary products in agriculture to the European norm. The approval of the active matters is the responsibility of the European Commission. In Spain, a National Registry of Phytosanitary Products has been established in which all products authorized for use are collected. In pest treatments, the parasitoids of the different species causing pests are studied as a method of biological

control, since the main objective of the treatments is to balance the populations of the treated insects with the rest of the ecosystem.

Among the insecticides, the most used are those that use *Bacillus thuringiensis* as active ingredient against *Thaumetopoea pityocampa*, and azadirachtin, alpha-cypermethrin, cypermethrin, deltamethrin, diflubenzuron or etopenfrox. Copper (cuprocalcic sulfate) or fosetyl-al has been also used as fungicidal treatments. For instance, in Catalonia (northwestern Spain), where pine forests are facing increasing damage caused by *Thaumetopoea pityocampa* as a result of mild winters, during the last years the area treated with *B. thuringiensis* amounts to approximately 20,000 hectares per year.

In 2003 the EU withdrew benomyl as a self-regulating product for the treatment of cork canker, and new products were tested. The product that gives the best results in preventing the appearance of the fungus is methyl thiophanate 50%[SC]P/V, which is used until now in an exceptional way, since it is not a product expressly authorized for forestry use, although it is used in fruits and vegetables. Currently, treatments with *Bacillus thuringiensis* are being tested as an alternative to methyl thiophanate. The main problem is that the concentration of active substance needed for the treatments is so low, and therefore, the total consumption of product is symbolic, it is not attractive for companies to test products for agricultural use to patent them for forestry use.

Herbicides are seldom used in forest management in Spain due to their negative cost-benefit relationship as in most forest areas, characterized by a low profitability of timber harvesting, the cost of applying such products is not recovered by the revenues obtained from timber. Furthermore, herbicide treatments are usually not subsidized by public administrations, which further prevents their use for forestry purposes. Thus, the use of herbicides is restricted to those planted forest systems composed of fast-growing species such as *Eucalyptus* sp., *Populus* sp., *Pseudotsuga menziesii* and *Pinus radiata*, mainly located in northern Spain, being glyphosate the most commonly utilized herbicide, although the treated surfaces are scarce.

3.8 Integration of nature protection

Until the 1960s Spain was a rural country that depended on subsistence agriculture and livestock. Conservation priorities were not understood as they are today. One of the main problems for nature protection was erosion due to the lack of forest cover and, therefore, conservation measures focused on hydrological forest restoration and erosion control. The term “protection forest” (i.e. “monte protector”) was legally recognized by the forest law since the beginning of the 20th century to recognize the ecological role and

importance of those forest areas. Forest harvesting, but also other uses such as grazing, were more limited in this kind of forests as compared to other areas without such protection status.

Besides, the Forest law of 1957 included all relevant issues at the time concerning the National Parks. This new law represented a substantial change in the way the protection of the environment was addressed in the legislation, in as much as the ecological issues and criteria started to gain importance (in front those based on historical reasons or merely scenic beauty criteria) in the design of the National Park network and in the declaration of new protected areas. At the end of this period (1969) the National Park of Doñana was officially declared.

During 1970's – 1990's, the increasing awareness on the importance of nature protection resulted in an increased forest area under nature protection status. In 1975, the Law on Natural Protected Areas was approved, which expanded the types of protected areas beyond the category of the National Parks. As a result, several National Parks representing different forest ecosystems were reclassified and expanded, especially the National Parks of "Doñana" and "Ordesa y Monte Perdido" in southern and northern Spain, respectively. At the beginning of the 1980s, the laurisilva forests of La Gomera Island (in the Canary Islands) were also protected through the creation/declaration of the National Park of "Garajonay".

Since the 1990s, nature protection has taken a predominant role in the way forest management is planned and conducted. This has been reflected in different policies and priorities concerning nature protection and conservation ranging from biodiversity conservation to wildfire prevention strategies (the latter being probably perceived by the Spanish society as the "big" problem of Spanish forests). The integration of nature protection has been conducted through different instruments such as, for instance, the expansion of the protected area network, mainly through the implementation of the European Natura 2000 network and the development of forest certification systems. For instance, the protected forest area of Spain amounts to 11,187 thousand hectares (i.e., a bit more than 40% of the total forest area of Spain), of which approximately 7,400 thousand hectares correspond to woodlands. This means that there is a significant proportion of forest area in Spain where forest management may be somehow limited or restricted by a given nature protection status. The forest management conservation practices can be very diverse. When they are devoted to protecting threatened species (e.g., brown bear and capercaillie), forest management instructions may ask for respecting key habitats for reproduction or promote shrubs from which animals can obtain food (e.g., wild berries). Deadwood (e.g., snags) is also promoted in areas with

presence of protected bird species such as woodpeckers and owls (i.e., *Aegolius funereus*) that may require deadwood for nesting purposes. In some other cases, there are forests systems protected *per se* by the European directives such as those dominated for instance by *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* and *Quercus pyrenaica*. The management of these ecosystems is increasingly aiming at ensuring their persistence along time and the needs for adaptation to changing climatic conditions. Forest management policies to reduce wildfire risk, mostly based on public subsidies, try to promote active forest management to reduce fuel load in the increasingly abandoned forest ecosystems of the Mediterranean area and to create stand and forest structures with “fuel” discontinuities to reduce fire spreading rates. The most recent National Forest Inventories include indices that allow for the evaluation of biodiversity (Asensio et. al. 2005), and that will make it possible to monitor its evolution over time. Concerning certain invasive plant species (e.g., *Ailanthus altissima*, but also other plant species) there are sometimes programmes and operations aiming at their control or even eradication.

During this period, sustainable forest management certification systems appear. Under the PEFC certification system there are 2,300,000 hectares in Spain, and more than 300,000 thousand certified through FSC.

3.9 Cutting regime

Cutting regimes have not changed much in Spain since the 1940's until now. The main difference in the first years is that timber harvesting was more intense during between 1940 and 1970 linked to the autarchy under Franco's dictatorship. For instance, *Quercus* coppice stands were still intensively managed for charcoal production during this period.

Since 1970's the progressive abandonment of forest management practices started in many natural forests, mainly those under Mediterranean influence. Although short rotation plantations were already widespread, mainly in northern Spain, intensive short rotation coppice for bioenergy purposes (as currently increasingly considered) were not much developed.

The trend in forest management practices of natural forests in Spain during the last decades (1990's – now), mainly in those areas under the influence of Mediterranean conditions, is clearly pointing toward a gradual abandonment of forest management, due to the low economic profitability of timber harvesting. The emergence of whole tree harvesting for biomass has allowed some of these forests to be managed again. As a way of example, the current forest harvesting intensity in northeastern Spain (i.e. the ratio between harvested timber volume and annual forest growth) is approximately 25%,

whereas the average at the European scale is around 60%. Although the area with forest management plans has progressively increased along time (see figure below), it still represents a small proportion (approximately 20%) of the total forest area of Spain. Moreover, the existence of a forest management plan in a given area does not necessarily imply that there is active forest management, mainly in the absence of public subsidies devoted to forestry purposes.

Of course, there are many differences between climatic regions in Spain. In northern Spain, where most intensive plantation forestry based on fast-growing species takes place, planted stands are usually intensively managed for wood or biomass production using rather short rotations (and even shorter within the framework of short rotation coppice). Plantations are typically managed as even-aged systems with clearcutting, using coppice when trees are re-sprouting species (e.g., as in the case of eucalypts and poplars). Coppice or coppice with standards is also often found for the vast majority of *Quercus species*, where uneven-aged forestry can be also practiced. It is worth mentioning that there are important *Quercus* systems in Spain (i.e., *Quercus suber*) that are not devoted to timber production, but to cork production.

Other broadleaved species such as for instance *Fagus sylvatica* may be also managed either as even-aged or uneven-aged systems. In some areas dominated by native pines in natural forests of for instance central Spain, with clear timber production purposes and acceptable economic profitability, stands may be managed using even-aged forestry with shelterwood methods. However, in other areas (e.g., northeastern Spain), pine forests have been typically managed (and they are still managed) using continuous cover forestry aiming at harvesting those dominant trees of higher economic value.

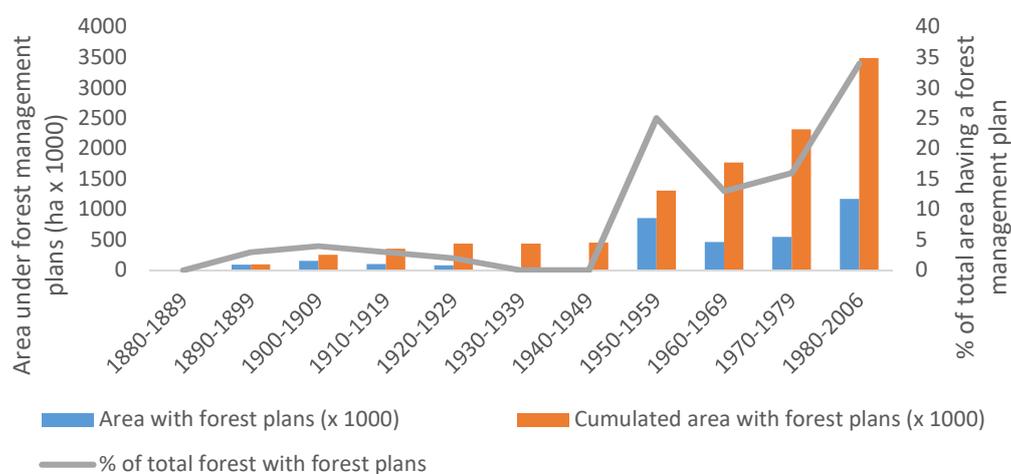


Figure 4. Evolution of forest area having forest management plans

3.10 Tree Maturity

Forest management practice in this regard did not change significantly between 1940 and the 1990's. For *Quercus* species, traditionally/often managed as coppice stands, the expected lifespan of the stumps can range between 200 - 300 years (e.g., *Q. faginea*) to around 700-800 years (e.g., *Q. ilex*), which means that felling age in coppice stands is rather low compared to the expected life span. For instance, the recommended rotation length for *Quercus ilex* (i.e., the most widespread tree species in Spain) may range from 15-20 years in good sites to 25-30 years in medium-quality sites. Similar patterns can be described for instance for chestnut stands (*Castanea sativa*). On the other hand, it may be also considered that, in natural stands, the felling age and potential life span of these species/systems is rather similar since the stumps (i.e., the root systems of the trees) tend to remain (in general they are not uprooted) until they are too old.

For native pine species such as *Pinus nigra* and *P. sylvestris*, the ratio between felling age and potential life span of the species is higher than for the *Quercus* species (i.e., the difference between rotation length and potential life span is lower). On average, rotation lengths may range from 80 to 120 years, or even a bit shorter for some species growing on good sites (and a bit longer in poor sites), whereas the expected life span of pine species ranges between 150 and 600 years depending on the species, growing conditions, etc.

Fast-growing species mostly growing in forest plantation systems are characterized by rather short rotation lengths (i.e., young felling ages), which entails that the ratio between felling age and expected life span tends to be rather low. For instance, poplar trees have been traditionally felled at the age of 12-18 years, whereas their life span is estimated at less than 100 years. A similar relationship between felling age and expected life span may be also described for eucalypt plantations, with rotations ranging from 10 to 15 years and an expected life span that may range between 100 and 150 years. *Pinus radiata* may live for approximately 200 years in its natural distribution area, whereas the typical rotations traditionally applied in Spain range from approximately 30 to 50 years, depending on the site.

Since 1990's probably, the main difference compared to previous historical periods is the more or less recent development of short-rotation forestry (i.e., short rotation coppice), often focused on biomass production for bioenergy. Within the framework of these systems, mostly consisting of fast-growing species such as poplars and eucalypts growing on planted stands for biomass production, the rotation typically applied may range between 2 and 10 years. It depends on the species and site, whereas the expected

life span of these species is much longer (usually, less than 100 years for poplar trees, and between 100 and 150 years for eucalypts). In the natural stands is now common to respect 5 – 10 trees per hectare for biodiversity over the felling age, and to leave dead wood for the natural biological cycles.

3.11 Wood removals

Timber harvesting in the period between 1940 and 1970 followed the tree-length or short wood systems, depending on the dimensional characteristics required by the industry for different timber assortments. The full-tree forest harvesting system was not used. Usually, the residues that were not used after cutting (branches, crown, and foliage) were not removed from the forest; instead, they remained scattered throughout the harvested area. In other cases, they were gathered in piles and burned afterwards. At the beginning of this stage, these residues, especially the thickest branches, were often collected by people from neighboring areas as fuelwood to be used in their households. In the case of forest systems with re-sprouting species such as *Eucalyptus* spp. and *Populus* spp., the stumps were extracted (and often burned right afterwards) after harvesting if the aim was not to manage these systems as coppice stands. Bark was also a typical “residue” that was very often left in the forest after harvesting pine forests, as a result of manual debarking operations. The bark remained scattered throughout the harvested area. Firewood harvesting was important, especially at the beginning of the period.

From 1970's to 1990's, timber harvesting aimed at extracting the stems based on the tree-length or cut-to-length systems, depending on the dimensional characteristics required by the industry for different timber assortments. The whole-tree forest harvesting system was not used still. More recently (1990's – now), timber harvesting still usually aims at either full stems/trees or short timber assortments, which means that branches, crowns and foliage (residuals) are left on the ground of the forest after harvesting operations. Usually, these side products do not undergo any treatment, although sometimes they can be shredded with hammer-cutters and chippers. Exceptionally, they may be also piled and burned.

In poplar plantations, the generalized use of stump grinders allows for crushing the stumps *in situ*. The increasing demand for forest biomass at the end of this period is causing that wood harvesting in certain conifer stands are made based on the full tree system, the whole trees being chipped directly in the forest. This harvesting system is also being put into practice when harvesting burned forests where the resulting products are not of commercial interest as timber. The amount of harvested timber during this

period has been fairly stable over time, whereas the harvested firewood has experienced more fluctuations (Fig. 5). Regarding the consumption of firewood, Infante. et al. 2014 have studied the weight in Spain of firewood from woody crops, very abundant in certain areas, estimating that they could represent more than a third of the production of wood and firewood in the country.

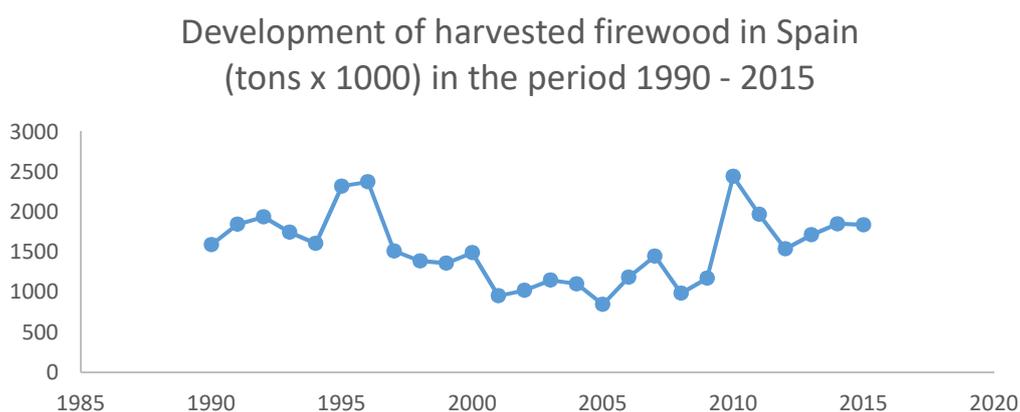
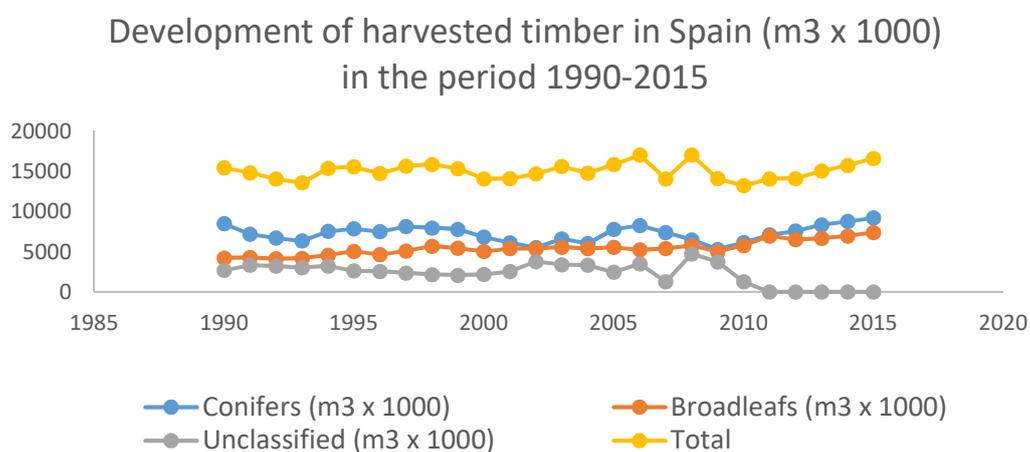


Figure 5. Harvested timber and firewood (1990's – now): a) Timber, b) Firewood

4. Discussion

This study reviewed the development of forest management practices in Spain since the mid-20th century, taking into account many different forest management decisions. Our study helps to improve the understanding on how forests have been and are being managed as a basis for defining how management could be improved to better meet the multiple societal needs under climate change. For example, information on historical management practices serves as a basis for defining the contribution that forest management can have to climate change mitigation (Grassi et al. 2018; Gusti et al. 2020). Our study also provides insights in management decisions other than species

choice, cutting regime, maturity and wood removals which are typically used for such assessments.

Although there is no European forest policy, the confluence of Spain with the rest of the European countries through the EU has contributed to the modernisation of practices and their technical and political development. Although, for certain indicators, the development of forest management may have been more or less homogeneous throughout the country, the bioclimatic, socio-economic and political diversity of the different regions of Spain has led to considerable differences in the evolution of forestry practices adapted to local contexts.

The decisions that explain the evolution of forest management practice in Spain during the period studied can be grouped into ecological, forestry or technological decisions, although some of them may be classified in more than one criterion simultaneously. The naturalness of species composition, the integration of nature protection and maturity are discussed here as “ecological indicators”. By “technological indicators”, we mainly refer to the mechanization of forest management operations and the cutting regimes, while the rest are considered as “forestry indicators”.

4.1 Development of forest management as described by ecological indicators

Among the ecological criteria, the naturalness of species composition stands out as this has been a very important issue in reforestations carried out by the forest administration in the first two periods and, more recently, through the EU afforestation programme of agricultural land. The General Plan for the reforestation of Spain in 1938, estimated at 6 million hectares the necessary surface of forests in Spain, of which 3.5 million hectares of protective forests (Ximénez de Embún et al. 1996). The most used species in the reforestations were the pines, especially until the emergence of the afforestation programme of agricultural lands (Vadell et al. 2016). The generalized use of pines was justified by the high level of degradation of the soils where reforestations were conducted, and by the possibility of obtaining forest products demanded by the market (wood, fruits, and resins) from the resulting stands. The use of native hardwoods, which in many sites represented the potential vegetation, was minimal.

Regarding the naturalness of tree species composition, Mediterranean hardwood forests such as holm oak stands may be considered as the climactic vegetation over large areas and, moreover, forest management has historically prioritized hardwoods over conifers in other areas, either voluntarily or involuntarily. Many Mediterranean hardwoods need shade for regeneration, and closed pine forests provide suitable conditions for them to

thrive. The traditional method of harvesting hardwood forests based on sprout regeneration, has favoured the presence of this type of species. The management challenges with respect to species composition are: i) thousands of ha of monospecific reforestation for protective purposes that have been left unmanaged, ii) abandoned agricultural areas of natural regeneration covered with pioneer species and iii) abandoned coppice stands. These dense stands will have difficulties to adapt to future climate conditions, so thinning should be one of the most imperative tasks of current forest management (Serrada 2017).

The integration of nature protection has evolved from segregative strategies such as the creation of national parks in the first period as a system of protection of untouched "islands", to a real integration of conservation in forestry practices, from planning to implementation. The adoption of certification schemes in forest management has also contributed to the integration of conservation, although in some cases this is due to trade factors (Zubizarreta et al. 2021), and in the case of fast-growing plantations the relationship between certification and sustainability is not clear (Díaz-Balteiro & García de Jalon 2017). One of the major risks related to forests in southern Europe is forest fires (Seijo 2005). Currently, and due to the expansion of the forest due to rural abandonment, fire prevention has increasingly become a problem of territorial development and planning.

4.2 Evolution of forest management as described by forestry indicators

One of the most important decisions in forestry in the Mediterranean area is the type of regeneration. The management of native species has always prioritized the natural regeneration of the stands, either by seed or resprouts, as it has been the easiest and cheapest way to ensure the persistence of forests. The regrowth has been applied to stands of the genus *Quercus* and other hardwoods destined to obtain firewood and charcoal, as the chestnut or the beech. It is worth highlighting the generalized abandonment of forest stand management arising from the fact that regeneration cuts are no longer conducted in many areas. One forest type that is especially suffering this abandonment is the *Quercus* coppice stands. The consequences of such abandonment are the increasing problems of decay of the stands with excessively aged stumps, generalized crown dieback/defoliation, no regeneration from seeds and high combustibility of the system in front of forest fires. One of the main effects of climate change in the Mediterranean area will be an increased aridity (Jansen 2007), and the effects of increased droughts on these ecosystems do not only decrease their

productivity, but also increase tree mortality (Barbeta et al 2013; Ogaya et al. 2003). These ecosystems have difficulties in sexual regeneration (Plieninger et al. 2010), especially the agro-systems of *Quercus suber* and *Quercus ilex* “dehesas” (Pulido & Trucios 2001; Plieninger et al. 2004) and as the real age can be hundreds of years old (Fernández et al. 2004), may not have enough genetic diversity to adapt to future conditions (Soto et al. 2007).

Reforestation is used mainly for plantations of exotic species of rapid and medium growth, in productive stations, as can be the case of *Eucalyptus*, poplars, *Pinus radiata*, and productive plantations of *Pinus pinaster*, the latter being a native tree. The rest of the reforestations have had a protective objective in degraded lands. In a situation where environmental changes are faster than forests can adapt genetically (Kremer et al. 2012), reforestation with genetically diverse forest reproductive material will be one of the tools for adaptation (Vinceti et al. 2020; Kolström et al. 2011; Rajora & Mosseler 2001).

Forest genetic improvement has focused on those species of greater economic interest, especially of the genus *Eucalyptus*. sp, and *Populus*. sp, and *Pinus pinaster* and *radiata* in pines. The entry of Spain in the EEC in 1986, involves that all the European rules concerning the commercialization of forest reproductive material for the species of greatest interest from the forestry perspective were adapted to the Spanish legislation. In 1994 Spain joined EUFORGEN, an international cooperation programme that promotes the conservation and sustainable use of forest genetic resources in Europe as an integral part of sustainable forest management. The history of genetic improvement in Spain is similar to that of other European countries. The efforts have been focused on those species of greater economic interest, without attending until recent times to the native species (Ennos et al. 1998). The changes in forest policies, and the loss of biodiversity as a result, among other causes, of the effects of climate change, have led to increased efforts in genetic conservation of native species in this last period (González & Martín 2000; Fernández et al. 2000). The restoration of habitats and degraded areas has increased interest in the use of species with local genotypes (Thomas et al. 2014).

Soil preparation has evolved from extensive or linear practices to spot techniques that act only on the planting holes. This evolution has been possible thanks to improvements in reproductive materials and machinery. In Mediterranean climate areas, soil preparation must be adapted to the conditions of the species to be planting (Navarro et al. 2004; Navarro et al. 2006), as less frugal species need more demanding soil conditions for establishment. The predominant Mediterranean climate in Spain, and the orography and soil types where forests grow, constrain the distribution of intensively managed forests for production timber production only. Even in humid areas where fast

growing plantations are established, practices such as fertilization or phytosanitary treatments are very restricted due to their difficulty of application and their low economic profitability. Still, in those cases where fertilization may be necessary, fertilization should be conducted right before the establishment of the plantation, the maximum dose ranging between regions in Spain within a range of 180 – 200 Kg N/ha. It may be also necessary to add Phosphorus and Potassium if the existing concentration in the soil are low, since these are key elements in the development of fast-growing species. Regarding poplars, the general rule of thumb is that soils are of acceptable fertility if the NPK content is 50, 30 and 100 ppm, respectively (Dominguez 1997).

However, it is not yet clear if fertilizing is actually a good investment, as it seems that there are no conclusive studies on whether the expected revenues from increased timber production can actually compensate for the fertilization costs (which may represent an extra cost of 300 to 500 euro per hectare). For that reason, the fertilization of planted tree species with longer rotation periods (e.g., *Pseudotsuga menziesii*) is not a widespread practice inasmuch as there is even higher uncertainty about the benefits of such treatments over longer periods.

The use of phytosanitary products in current forest management can be considered as very limited. In treatments against pests, the use of chemicals has decreased proportionally to the increased prohibitions affecting the most harmful products to human health and to the environment. Currently, chemical treatments are exceptional and mainly biological products are applied, and always as a last resort if populations do not balance naturally. The use of herbicides is negligible if compared for instance with the amount of herbicides used for agricultural production. The main problems of reforestation on forest soil are water retention capacity and plant quality, competition from existing vegetation is not usually a limitation (Rubira et al. 1996).

The wood production system has not varied much along time. There has been a logical progressive mechanization of the work, in terms of the harvesting systems. The most significant change has been the rather recent appearance and consolidation of the biomass for bioenergy sector. This type of harvesting has allowed to increase the management of Mediterranean forest areas where the wood was not of sufficient quality for the industry.

4.3 Evolution of forest management as described by technological indicators

Although the mechanization of forestry works in Spain was delayed considerably compared to other countries, the lack of workforce in the forestry sector during the 1980s and 1990s contributed to boosting mechanization.

With the exception of some prototypes designed in the second period, the mechanization of forestry operations has always been carried out with machinery designed mainly in Central European countries. Spain imports most of the machinery used, much of it second-hand. The conditions of the semi-natural and natural forests in Spain are not the same as in Central European countries, and in many areas, the orographic conditions are not the most suitable for the work of this machinery. This has led, in some cases, to controversy about the use of this machinery, and a review of some techniques such as soil preparation for reforestation and restoration (Löff et al. 2012), or the use of machinery in forest management (Ampoorter et al. 2012; Casamitjana et al. 2012; Edeso et al. 1999). There is little research on alternatives adapted to the conditions of many of the semi-natural and natural forests, especially hardwoods. Since forestry and agriculture machinery is often counted together, the aggregation of forest industry data with those of other agricultural sectors adds a layer of difficulty for gaining further insights (Calvo et al. 2005), especially regarding the degree of mechanization. Furthermore, there is no register of forestry machinery in Spain, which prevents a reliable evaluation of the machinery and its age.

5. Conclusions

Forest management in Spain has been characterized by a heterogeneous historical development. We observe a noticeable change in decisions on the naturalness of tree species composition. Spain nowadays maintains one of the highest diversities in Europe (Ollero & de Dios 2011; Morales et al. 2011). Native tree species, especially hardwoods, have increasingly occupied a greater part of the territory, due to the fact that large-scale reforestation mainly used native species and also because of these species' capacity to colonise abandoned agricultural lands.

Other management decisions have not changed substantially along time. In some cases, this is due to the marginal importance they have in forest management in Spain, e.g. fertilization or the use of chemical agent. In other cases, the indicators have not changed because, although they are important in forest management, it has not been necessary to change them to improve management. These include management decisions on the type of regeneration, the cutting regime and maturity. Spanish forest management has

given preference to natural regeneration, and to long maturity for native species, but has promoted planting or coppice for intensively managed non-native species, e.g. native pine plantations that are managed with short cycles and oak coppice systems. The former is a type of management that respects natural cycles and has allowed a high degree of biodiversity to be preserved, but the latter can be considered an intensively managed system. It is improbable that these decisions will change in the coming decades, especially considering that other decisions that condition them, such as the integration of protection, have increased in importance over the last period.

Some of the management decisions are closely related to each other, and it is difficult to dissociate their development. This is the case of soil cultivation, mainly used for reforestation purposes. The evolution of machinery, tree improvement and the greater weight of the integration of protection has allowed an evolution towards low-impact practices, with smaller environmental and landscape impact.

Although Spanish forestry can generally be characterized by a relatively low economic profitability when considering wood production, forest management is crucial to maintain their biodiversity and other ecosystem services. Our study on the development of forest management practice helps to understand which decisions should have more importance in management, and which should vary according to the objectives of the country's forestry policy. In the case of Spain, the most relevant challenges for future forestry practice are those that favour greater adaptation to global change. Current decisions on the naturalness of species composition may need to be revisited to consider also species or provenances that can better thrive under future climatic conditions. In the same vein, forest genetic improvement needs to focus not only on the most productive species, but also on those species that are capable to adapt to increasing aridity conditions in Mediterranean areas. Mechanisation should be adapted to the conditions of Mediterranean forestry and topography, either by adapting existing machines or by developing new specific machines. If the country's forestry policy is committed to increasing forest management, wood removals will increase, but always consider other decisions (e.g., cutting regime, integration of nature protection) that integrates not only the obtaining of wood, but also the conservation of biodiversity and the provision of multiple ecosystem services. Further research on the development of forest management practices in other European regions is needed to understand the differences and similarities, facilitating further potential comparison and harmonisation of the results leading to valuable lessons learnt better supporting decision making in forest policy.

Acknowledgement

PJV contributed to this research as part of the GenTree project, which has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant Agreement No. 676876.

References

- Albaladejo, C. M., Gómez, A. N., & Santiago, A. V. C. (2016). El Instituto Español de Entomología (CSIC) y la multitud molesta. *Asclepio*, 68(1), 125.
- Alberdi, I., Saura, S., Martínez, F.J. (2012). El estudio de la biodiversidad en el tercer Inventario Forestal Nacional. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (19), 11-19.
- Alia, R., Gil, L., Pardos, J. A., & Catalan, G. (1991). Interacción procedencia-edad en 52 procedencias de *Pinus pinaster* Ait. en España. *Forest Systems*, (1), 11-24.
- Álvarez-González, J. G., Cañellas, I., Alberdi, I., Gadow, K. V., & Ruiz-González, A. D. (2014). National forest inventory and forest observational studies in Spain: Applications to forest modeling. *Forest Ecology and Management*, 316, 54-64.
- Ampoorter, E., De Schrijver, A., Van Nevel, L., Hermy, M., & Verheyen, K. (2012). Impact of mechanized harvesting on compaction of sandy and clayey forest soils: results of a meta-analysis. *Annals of Forest Science*, 69(5), 533-542.
- Antón, M. T. (2011). Las actuaciones forestales como vector de transformación de los paisajes de la Cordillera Cantábrica de León: evolución histórica y perspectivas de futuro. In *La evolución del paisaje vegetal y el uso del fuego en la Cordillera Cantábrica* (pp. 345-363). Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León.
- Armenteras, A.A. (1903). *Árboles y Montes Curiosidades artísticas e históricas*. Imprenta Ricardo Rojas, Madrid.
- Arregui, R. Z., & Merlo, E. (2008). El programa de mejora genética de *Pinus pinaster* en Galicia. *Boletín Informativo CIDEU*, (6), 5-24.
- Arregui, A., Sierra, R., Espinel, S., & Aragones, A. (1999). Estimación de parámetros genéticos en un ensayo de progenie de *Pinus radiata* D. Don en el país vasco. *Forest Systems*, 8(1), 119-128.
- Asensio, I. A., de Toda, S. S. M., & Millán, F. M. (2005). El estudio de la biodiversidad en el Tercer Inventario Forestal Nacional. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (19), 11-19.
- Barbeta, A., Ogaya, R., & Peñuelas, J. (2013). Dampening effects of long-term experimental drought on growth and mortality rates of a Holm oak forest. *Global change biology*, 19(10), 3133-3144.
- Blanco, E., Casado, M. A., Costa, M., Escribano, R., García, M., Génova, M., & Regato, P. (1997). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Planeta, Barcelona.
- Borrass, L., Kleinschmit, D., & Winkel, G. (2017). The “German model” of integrative multifunctional forest management—Analysing the emergence and political evolution of a forest management concept. *Forest Policy and Economics*, 77, 16-23.

- Bocio, I., Navarro, F. B., Ripoll, M. A., Jiménez, M. N., & De Simón, E. (2004). Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Annals of Forest Science*, 61(2), 171-178.
- Calvo, A. X., Herruzo, C., & Balt, L. D. (2005). Caracterización de la concentración industrial y de la localización en la industria forestal española. In *Congresos Forestales*.
- Camarero, L. A. (1993). Del éxodo rural y del éxodo urbano: ocaso y renacimiento de los asentamientos rurales en España (Vol. 81). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones.
- Casamitjana, M., Loaiza, J. C., Simon, N., & Frigola, P. (2012). Ecological aspects and effects of forestry management on a population of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni hermanni*) in Catalonia (Spain). *Basic and Applied Herpetology*, 26, 73-86.
- Cervera, T., Garrabou, R., & Tello, E. (2015). Política forestal y evolución de los bosques en Cataluña desde el siglo xix hasta la actualidad. *Investigaciones de Historia Económica-Economic History Research*, 11(2), 116-127.
- Díaz-Balteiro, L., & Jalón, S. G. D. (2017). Certifying forests to achieve sustainability in industrial plantations: opinions of stakeholders in Spain. *Forests*, 8(12), 502.
- Domínguez, A., 1997. Plantaciones Forestales. En: *Tratado de Fertilización*. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 518-522.
- Duncker PS, Barreiro SM, Hengeveld GM, Lind T, Mason WL, Ambrozy S, Spiecker H (2012) Classification of Forest Management Approaches: A New Conceptual Framework and Its Applicability to European Forestry. *Ecology and Society* 17 (4). doi:10.5751/es-05262-170451.
- Edeso, J. M., Merino, A., Gonzalez, M. J., & Marauri, P. (1999). Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from northern Spain. *Land Degradation & Development*, 10(1), 79-88.
- Ennos, R. A., Worrell, R., & Malcolm, D. C. (1998). The genetic management of native species in Scotland. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 71(1), 1-23.
- Fernandez, J. B., Hierro, R. S., & Gómez, S. R. (2004). Brotación en encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) con edades elevadas. Experiencias en el monte de Riofrío (Segovia). *Forest Systems*, 13(4), 127-141.
- Fernández, L., Díaz, V., Cogolludo, A., & Pereira, L. (2000). Forest genetic resource conservation of noble hardwoods in Spain. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, (Fuera de S. 2), 71-91.
- González Portilla, M (1998). "Primera industrialización, desequilibrios territoriales y estado. *Historia Contemporánea*. Vol. 17: 201-235.

- González-Martínez, S. C., & Martín-Albertos, S. (2000). Conservación de recursos genéticos de coníferas en España. *Investigación Agraria*, 9(2), 151-184.
- Grassi, G., Pilli, R., House, J., Federici, S., Kurz, W.A., 2018. Science-based approach for credible accounting of mitigation in managed forests. *Carbon Balance and Management* 13, 8. DOI: 10.1186/s13021-018-0096-2.
- Gusti, M., Di Fulvio, F., Biber, P., Korosuo, A., Forsell, N., 2020. The Effect of Alternative Forest Management Models on the Forest Harvest and Emissions as Compared to the Forest Reference Level. *Forests* 11, 794.
- Gutiérrez Hernández, O., Senciales González, J. M., & García Fernández, L. V. (2016). Evolución de la superficie forestal en Andalucía (1956-2007). Procesos y factores. *Revista de Estudios Andaluces*, 33 (1), 111-148.
- Hernández, L., Cañellas, I., Alberdi, I., Torres, I., & Montes, F. (2014). Assessing changes in species distribution from sequential large-scale forest inventories. *Annals of forest science*, 71(2), 161-171.
- <https://foresteurope.org/state-europes-forests-2020/>. Accessed September 2020.
- Infante Amate, J., Soto Fernández, D., Iriarte Goñi, I., Aguilera, E., Cid, A., Guzmán, G., & González de Molina, M. (2014). La producción de leña en España y sus implicaciones en la transición energética. Una serie a escala provincial (1900-2000) (No. 1416). *Asociación Española de Historia Económica*.
- Iriarte Goñi, I. (2009). La obra de Octavio Elorrieta (1881-1962). El monte al servicio de la economía. *Historia Agraria*, 48: 133-159.
- i Serrat, J. G., & Segura, J. V. (2003). La evolución del paisaje forestal de la llanura del Vallés (Barcelona) hasta el siglo XII. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (16), 167-172.
- Jansen, E. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Palaeoclimate*. 433-497.
- Jepsen MR, Kuemmerle T, Müller D, Erb K, Verburg PH et al. (2015) Transitions in European land-management regimes between 1800 and 2010. *Land Use Policy* 49:53-64. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.07.003.
- Kremer, A., Ronce, O., Robledo-Arnuncio, J. J., Guillaume, F., Bohrer, G., Nathan, R., & Schueler, S. (2012). Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. *Ecology letters*, 15(4), 378-392.
- Kolström, M., Lindner, M., Vilén, T., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M. J., ... & Corona, P. (2011). Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European forestry. *Forests*, 2(4), 961-982.

- Löf, M., Dey, D. C., Navarro, R. M., & Jacobs, D. F. (2012). Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests*, 43(5-6), 825-848.
- Martynova, M., Sultanova, R., Khanov, D., Talipov, E., & Sazgutdinova, R. (2020). Forest management based on the principles of multifunctional forest use. *Journal of Sustainable Forestry*, 1-15.
- Mendoza, J. G., & Olmo, R. M. (1992). Actuaciones forestales públicas desde 1940. Objetivos, criterios y resultados (**). *Agricultura y sociedad*, 65, 15-64.
- Mendoza, J. G., & Olmo, R. M. (2006). Paisajes forestales españoles y sostenibilidad. Tópicos y realidades. *Áreas. Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (25), 13-29.
- Morales Valverde, R., Tardío, J., Pardo de Santayana, M., Molina, M., & Aceituno-Mata, L. (2011). Biodiversidad y Etnobotánica en España.
- Morgenstern, E.K. (2007) The origin and early application of the principle of sustainable forest management. *The forestry Chronicle*. Vol 83 (4): 485-489. doi:<https://doi.org/10.5558/tfc83485-4>.
- Navarro, F. B., Ripoll, M. A., Jiménez, M. N., De Simón, E., & Valle, F. (2006). Vegetation response to conditions caused by different soil-preparation techniques applied to afforestation in semiarid abandoned farmland. *Land Degradation & Development*, 17(1), 73-87.
- Ogaya, R., Peñuelas, J., Martínez-Vilalta, J., & Mangirón, M. (2003). Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. *Forest Ecology and Management*, 180(1-3), 175-184.
- Ollero, H. S., & de Dios, R. S. (2011). La diversidad de los paisajes españoles. *Biodiversidad*, 109.
- Pemán García, J., & Arnó i Pujol, J. (1998). Novedades en mecanización de repoblaciones forestales. *Vida rural*, 1998, núm. 76, p. 55-58.
- Plieninger, T., Pulido, F. J., & Schaich, H. (2004). Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas. *Journal of Arid Environments*, 57(3), 345-364.
- Plieninger, T., Rolo, V., & Moreno, G. (2010). Large-scale patterns of *Quercus ilex*, *Quercus suber*, and *Quercus pyrenaica* regeneration in Central-Western Spain. *Ecosystems*, 13(5), 644-660.
- Pulido, F. J., Díaz, M., & de Trucios, S. J. H. (2001). Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), 1-13.

- Pukkala, T., Lähde, E., Laiho, O., Salo, K., & Hotanen, J. P. (2011). A multifunctional comparison of even-aged and uneven-aged forest management in a boreal region. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(4), 851-862.
- Rajora, O. P., & Mosseler, A. (2001). Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources. *Euphytica*, 118(2), 197-212.
- Rivas-Martinez, S., Penas, A., Diaz-González, T. E., Río, S. D., Cantó, P., Herrero, L., ... & Costa, J. C. (2014). Biogeography of Spain and Portugal. Preliminary typological synopsis. *International Journal of Geobotanical Research*.
- Robredo, F. (1980). Tratamientos masivos con diflubenzuron contra la procesionaria del pino en España. *Bol. Serv. Plagas*, 6(2), 141-155.
- Rubira, J. L. P., Bueno, L. O., Lerena, S. D., & Estrada, I. R. (1996). Experiencias sobre control de la competencia herbácea en repoblaciones de terrenos agrícolas abandonados. Resultados de tres años en campo. *Montes*, 45, 30-36.
- Sampedro, V. C. (2006). Mejora genética de *Pinus radiata* D. Don en Galicia (Doctoral dissertation, Universidade de Vigo).
- Sánchez-Rodríguez, F., Rodríguez-Soalleiro, R., Español, E., López, C. A., & Merino, A. (2002). Influence of edaphic factors and tree nutritive status on the productivity of *Pinus radiata* D. Don plantations in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 171(1-2), 181-189.
- Seijo, F. (2005). The politics of fire: Spanish forest policy and ritual resistance in Galicia, Spain. *Environmental Politics*, 14(3), 380-402.
- Serrada Hierro, R., Navarro Cerrillo, R. M., & Pemán García, J. (2005). La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la silvicultura y la ecofisiología. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 2005, vol. 14, núm. 3, p. 462-481.
- Serrada, R. (2017) La silvicultura en las repoblaciones realizadas según el Plan General de Repoblación Forestal de España en su 75 aniversario. En: García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017). *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente.
- Soto, A., Lorenzo, Z., & Gil, L. (2007). Differences in fine-scale genetic structure and dispersal in *Quercus ilex* L. and *Q. suber* L.: consequences for regeneration of Mediterranean open woods. *Heredity*, 99(6), 601-607.
- Tasen, T. (2018) History of forest education in Europe 52-62. In *Forestry and landscape management 2018 1* (14). Kaunas Forestry and Environmental Engineering University of Applied Sciences.

- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., & Bozzano, M. (2014). Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management*, 333, 66-75.
- Vadell, E., de-Miguel, S., & Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37-48.
- Vadell, E., de Miguel, S., Fernández Centeno, G., Robla, E., Lerner, M., & Pemán García, J. (2019). La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra. *Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales*, 45(2), 1-20. <https://doi.org/10.31167/csecfv0i45.19497>.
- Verkerk, P.J., Costanza, R., Hetemäki, L., Kubiszewski, I., Leskinen, P., Nabuurs, G.J., Potočník, J., Palahí, M., 2020. Climate-Smart Forestry: the missing link. *Forest Policy and Economics* 115, 102164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102164>.
- Viera, M., Ruíz Fernández, F., & Rodríguez-Soalleiro, R. (2016). Nutritional prescriptions for Eucalyptus plantations: Lessons learned from Spain. *Forests*, 7(4), 84.
- Vinceti, B., Manica, M., Lauridsen, N., Verkerk, P. J., Lindner, M., & Fady, B. (2020). Managing forest genetic resources as a strategy to adapt forests to climate change: perceptions of European forest owners and managers. *European Journal of Forest Research*, 139(6), 1107-1119.
- Ximénez de Embún, J., Ceballos, L., & Ceballos y Fernández de Cordoba, L. (1996). Plan general para la repoblación forestal de España. Ceballos y Fernández de Cordoba, Luis, *Tres Trabajos Forestales*, Madrid, Publicaciones del Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 7-389.
- Zas, R. (2003). Interpretación de las concentraciones foliares en nutrientes en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* D. Don en tierras agrarias en Galicia. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For*, 12(2), 3-11.
- Zavala, M. A., Zamora Rodríguez, R., Pulido Díaz, F. J., Blanco Vaca, J. A., Imbert Rodríguez, J. B., Marañón, T., & Valladares Ros, F. (2008). Nuevas perspectivas en la conservación, restauración y gestión sostenible del bosque mediterráneo.
- Zubizarreta, M., Arana-Landín, G., & Cuadrado, J. (2021). Forest certification in Spain: Analysis of certification drivers. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126267.

4. DISCUSIÓN

4. Discusión

4.1 Evolución histórica de las repoblaciones en su contexto social y político

El período histórico estudiado, desde 1877 hasta la actualidad, se ha estructurado en tres etapas de cierta homogeneidad para poder explicar el proceso de repoblación, que en cierto modo coinciden con los estudios aislados que se han realizado de algunos de estos periodos (Abelló 1988; Ceballos 1960; García-Salmerón 1990; Gómez Mendoza y Mata 2002; Ortuño 1990; Pemán et al. 2009). No obstante, los 130 años analizados suponen un continuo, dónde los acontecimientos y realidades sociales, políticas y económicas que influenciaron las repoblaciones en cada momento tuvieron efectos en las etapas posteriores, de ahí el enorme interés de analizarlo de una forma global.

El primer período (1877–1939) se caracteriza por la gestación del marco intelectual y técnico sobre la necesidad real de la repoblación forestal en España y la necesidad de promover el arbolado en un contexto que algunos autores han denominado de patriotismo arbóreo (Gómez de Mendoza y Mata 1992). El estado de los bosques y su disminución como consecuencia de los usos del suelo y de los efectos de las desamortizaciones agravaban ya un problema histórico, y el problema generalizado de deforestación en España se hace evidente en esa época. Consecuencia de este estado de la cubierta vegetal se registraron sucesivas inundaciones en distintas partes de la geografía (Júcar en 1864, donde las pérdidas se calcularon en 17 millones de pesetas, las del Jiloca en la villa de Daroca en 1854, 1865 y 1877, las de Tarragona en 1874 o las de Murcia en 1877, 1879 y 1884, Almería en 1879 y Lérida en 1907) (Cuesta 1919; García Cañada 1920, Villanueva 1924). El recién creado Cuerpo de Ingenieros de Montes tiene muy interiorizado en ese momento que su principal misión es recuperar la cubierta arbolada. Pero un trabajo de esa envergadura y horizonte temporal, de ámbito nacional, traspasa la índole técnica. En ese contexto esa necesidad encuentra eco en el momento intelectual del momento, con el regeneracionismo como máxima expresión. La repoblación es una empresa emblemática, que además se atisba como solución a otros problemas, como el hidrológico o el de la aridez, y la repoblación para a ser un problema de Estado. Prueba de ello son los numerosos artículos que se publican en la Revista Montes. En el primer período de la revista abundan los artículos dónde se apunta a las repoblaciones como solución estructural a los problemas de las inundaciones, especialmente tomando como ejemplo los trabajos ya iniciados en Francia (Bergoechea 1869; Artigas 1877; Jordana 1891). Incluso en la discusión teórica de la época se da importancia a la diferenciación entre las repoblaciones por motivos de protección de la erosión de las meramente productivas (de Olazábal 1892).

Si algo caracteriza este primer período, más que la superficie repoblada, son los intentos de poner las bases para llevarlo a cabo. Las numerosas iniciativas legislativas lo ponen de manifiesto, pero siempre toparan con la falta de concreción y de financiación. La ley de 11 de julio de 1877 de mejora, fomento y repoblaciones de los montes públicos, junto con el Real Decreto de 3 de febrero de 1888 sobre repoblación forestal en las cuencas de los ríos se consideran un logro, pero sus resultados fueron más bien escasos, como reflejan las 8.528 hectáreas repobladas entre 1877 y 1895 (Jordana 1896). Diferentes artículos dan muestra que la propia aprobación de la ley (Anónimo 1877) y la aprobación de las Memorias de repoblación (Del Hoyo 1879; Muñoz 1881) son de por sí un éxito. La inestabilidad política del periodo es elevada, y las crisis económicas se suceden, desembocando en la crisis económica de la Segunda República. Este contexto impidió seguramente un impulso mayor a las repoblaciones. Pero lo más importante es que las bases intelectuales de las repoblaciones quedan bien asentadas, sobretodo en cuanto a la necesidad de repoblar por motivos protectores, y facilitaron el impulso del segundo periodo.

El segundo periodo (1940-1984) viene ineludiblemente marcado por el fin de la Guerra Civil y el inicio de la dictadura del general Francisco Franco. En la transición de los dos primeros periodos se redacta el Plan General de Repoblaciones Forestales, encargado por el gobierno franquista en 1938 a los ingenieros de montes Joaquín Ximénez de Embun y a Luís Ceballos, todavía en plena guerra. El documento que redactan pone las bases sobre como acometer las repoblaciones, cuantifica los objetivos y los sitúa geográficamente sobre el territorio, cosa que no había hecho anteriormente ningún plan. La calidad del documento y la modernidad con que se aborda no es casual, más teniendo en cuenta el periodo en que se escribe, ya que Ximénez de Embun ya había redactado el anejo de repoblación forestal del Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933, en el que ya reclama la redacción de un Plan General de Repoblación Forestal (Pérez-Soba y Pemán 2017). El Plan es un documento con rigor científico y a la vez conocedor de los problemas y las dificultades reales a superar; que tiene sus raíces en la ciencia y técnica europea, pero también de la experiencia de la ingeniería de Montes española (Pérez-Soba y Pemán 2015). Se podría considerar que el Plan sintetiza el pensamiento y las corrientes restauradoras predominantes en la ingeniería de montes desde el momento de su creación en España hasta 1939. A partir de ese momento queda la parte más difícil, su ejecución, cuyos problemas y las posibles soluciones son tratadas también en el propio plan.

En 1935 el gobierno republicano crea el Patrimonio Forestal del Estado, y en 1940 es restaurado por el régimen franquista con el objetivo de acometer la repoblación del

Estado. Se consigue así disponer de los fondos económicos necesarios y mantenerlos durante un período largo de tiempo. Desde 1940, el incremento en presupuesto para repoblaciones no para de crecer, desde los 6 millones de pesetas (12 millones de €, base 2006) en 1940, hasta los 377 millones de pesetas (126 millones €, base 2006) de 1953 (Vadell et al. 2016). Se crea así una estructura administrativa para acometer la empresa, y unos presupuestos sólidos para financiarlos. A partir de 1964, los sucesivos Planes de Desarrollo Económico y Social continuaran aportando fondos, especialmente para las repoblaciones con especies de crecimiento rápido con el objetivo de alimentar industrias de transformación. A medida que el proceso avanza se trabaja para que el factor tierra no sea un limitante a la repoblación. Mientras en los años cuarenta, el Patrimonio tenía que consorciar los terrenos o pagar un precio alto en la adquisición, a partir de los años sesenta, con la reactivación económica y el abandono del campo, la oferta de tierras empieza a superar la demanda (Mendoza y Olmo 2002). El dimensionamiento y planificación de los viveros también está diseñada para realizar repoblaciones extensas y durante un periodo largo de tiempo, y aunque puede haber quedado en un segundo plano frente al resultado visible de la repoblación, este sea quizás uno de los factores clave que más estudio y análisis merezca. Uno de los principales problemas para la producción de planta, que mayoritariamente era a raíz desnuda, eran las pérdidas por plagas de insectos (Dafauce 1962), achacadas en algunos casos a la errónea elección de su ubicación, pensando más en las comunicaciones y el transporte de la mano de obra que de las condiciones para la producción de planta (Kurir 1960). No obstante, se logró durante cuarenta años producir una gran cantidad de planta de forma descentralizada, evolucionando y mejorando la técnica de producción, con un volumen de importaciones bajo, que se centró en aquellas especies no autóctonas. Paralelamente se trabajó en líneas de investigación para la mejora, tanto de las plantas y su adaptación al medio, como de la gestión de los viveros y del tratamiento y conservación de las semillas.

Puestas las bases intelectuales y técnicas, el único factor que en ese momento era abundante, y que explica también el impulso de las repoblaciones, es la existencia de mano de obra en zonas rurales. En un periodo de posguerra las repoblaciones reunían una serie de características propicias, eran intensivas en mano de obra en un país con un problema de paro rural que podía desencadenar sublevaciones. Existe la creencia que aquellas zonas con más actividad repobladora eran las que reunían una mayor tasa de paro, pero la realidad es que las provincias en las que el esfuerzo repoblador fue más intenso no evidencian una elevada tasa de desempleo (Pemán et al. 2009). En algunos casos los trabajadores venían de zonas con mayor paro, y esto añadía la

dificultad de atender las necesidades tanto materiales como espirituales, siendo necesario en algunos casos levantar barracones y campamentos para los trabajadores que venían de otras provincias (Jaquotot 1956). Ortuño (1965) señala la problemática de la escasez de mano de obra por la emigración rural y el cambio que supone frente épocas previas en que se elaboraban planes cuya finalidad era resolver el paro en zonas determinadas. Otros estudios sitúan el interés social en una práctica de control territorial en un escenario de posguerra para acabar con posibles sublevaciones y dificultar la acción de las guerrillas (Sierra 2009). Además, las repoblaciones representaban una obra de reconstrucción forestal nacional y redención (Mendoza y Olmo 2002), que interesaba al régimen surgido de la guerra civil.

Este segundo periodo, que finaliza en 1984, nos deja el máximo volumen de repoblaciones realizadas, que ha sido de 3.678.522 hectáreas (Vadell et al. 2016), pero al mismo tiempo una controversia sobre los resultados y la forma en que se realizaron, donde primó más la cantidad que la calidad. Supone también un cambio intelectual alrededor de la ingeniería forestal, se consigue el objetivo tan ansiado por los primeros ingenieros de montes españoles, pero los encargados de llevarlo a cabo son de una generación posterior y el entorno político, social y económico no es el mismo y marcará la forma de llevar a cabo la restauración de la cubierta forestal.

Si la transición entre el primer y el segundo periodo se caracteriza por la guerra civil, pero se puede considerar que la base intelectual tiene cierta continuidad, el paso del segundo al tercer período es más abrupto y supone un cambio de paradigma. El tercer período abarca el periodo desde 1985 hasta la actualidad. En los últimos años del segundo período, hasta hacerse efectivos los traspasos de competencias a las comunidades autónomas, la superficie repoblada disminuye de forma paulatina, pero se mantiene la inercia de repoblar. Entre los traspasos de competencias y la aparición del Programa de Forestación de Tierras Agrarias, las repoblaciones realizadas son testimoniales. Este último período se caracteriza por un nuevo impulso a las repoblaciones, pero cuando estas se reinician bajo el auspicio de este nuevo programa las bases ideológicas y el planteamiento son totalmente nuevos. Ya no se trata de repoblar con objetivos forestales, sino que el objetivo es agrícola, y la repoblación es la herramienta para retirar del mercado tierras agrícolas marginales y retirar anticipadamente agricultores de avanzada edad. El programa proporciona los fondos económicos necesarios y las tierras objetivo de las repoblaciones, pero no planifica la forma de llevarlo a cabo ni los objetivos que deben cumplir estos nuevos bosques. La Unión Europea no tiene una política forestal común, a diferencia de la agricultura, pero sí que legisla y promueve programas que condicionan la actividad forestal dentro de la

unión, como la Red Natura 2000, o el Reglamento sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS), en el marco de actuación en materia de clima y energía hasta 2030. El único avance significativo en los últimos años ha sido la Estrategia de la UE en favor de los bosques y el sector forestal. El programa de Forestación de Tierras Agrarias no se planifica pues, en el marco de una política forestal. La consecuencia ha sido que los resultados del programa han sido la suma de un conjunto desordenado de actuaciones puntuales y desarticuladas, de viabilidad compleja, como consecuencia de la ausencia de una estrategia de carácter global claramente definida (Montiel y Galiana 2004).

La iniciativa ya no la lidera la administración, sino que son los propietarios privados los que voluntariamente se acogen a las medidas. La existencia de las primas ligadas al tipo de especie podía propiciar que en la elección de especie pesara más la prima asociada, que la elección de las especies más idóneas a cada estación. Como el único compromiso era el mantenimiento de la repoblación, solo había que asegurar la presencia de los árboles plantados, no su desarrollo. La superficie media por beneficiario ha sido de 12 hectáreas (Vadell et al. 2019), lo que conlleva que la superficie continua plantada no haya sido elevada, ya que las zonas agrícolas marginales suelen tener dimensiones reducidas. Con superficie tan reducidas el impacto forestal y sobre el paisaje no ha sido tan elevado como el de las repoblaciones de los períodos anteriores, aunque este no fuera el objetivo perseguido.

Como una vez superado el período de compromisos de veinte años ya no es necesario continuar manteniendo el uso forestal, los terrenos pueden ser susceptibles de volver a un uso agrícola o de pastos, no tanto por su interés agrícola productivo, sino por las implicaciones en otras ayudas de la PAC, como puede ser aumentar el coeficiente de las zonas de pastos. Así, aunque en todo el último período se han repoblado casi 1.957.973 hectáreas (Vadell et al. 2016), tanto el impacto territorial, como los efectos a futuro de las repoblaciones no serán equivalentes a los bosques creados en los dos primeros períodos.

4.2 Las especies utilizadas en relación al objetivo de las repoblaciones.

Las especies escogidas para la repoblación ha sido una de las cuestiones que más debate ha generado en torno a la valoración global, especialmente del periodo a partir de 1940. En el período 1940-84, las especies más usadas fueron los pinos autóctonos (77% de la superficie repoblada), en especial *Pinus pinaster*, *P. sylvestris*, *P. halepensis* y *P. nigra*. En el periodo 1985 – 2013 los pinos representaron el 49% de la superficie, con *Pinus halepensis* en primer lugar, seguido de *P. pinaster*, y las frondosas estuvieron

presentes en el 44% del total repoblado, siendo las especies del género *Quercus* las más habituales (Vadell et al. 2019). Las superficies netamente productoras se repoblaron con especies de crecimiento rápido, *Eucalyptos*, *Pinus radiata*, y *Pinus pinaster* en la cornisa Cantábrica, y en menor medida chopos. Para la etapa previa a 1940 se dispone de poca información, y la disponible solo permite hacer interpretaciones de tipo cualitativo respecto las políticas de repoblación.

Tabla 1.- Superficie repoblada por objetivo. Fuente. Elaboración a partir de Vadell et al. (2019). *Plan General de Repoblación de España

Período/Plan	Superficie total	Objetivo protector	Objetivo mixto	Objetivo productor
Previsión PGRE*	6 M ha	3,85 M ha	-	2,15 M ha
1940 – 1984	3.678.522 ha	993.201 ha	1.471.408 ha	1.177.127 ha
1985 - 2013	1.468.980 ha	969.526 ha	220.347 ha	279.106 ha
Total (1984–2013)	5.147.502 ha	1.962.727 ha	1.691.755 ha	1.456.233 ha

A la vista de los resultados, y considerando que el Plan General proponía la repoblación de 6 millones de hectáreas en cien años podríamos considerar que los objetivos, al menos a nivel cuantitativo se han cumplido. No obstante, habría que plantearse si hay que considerar en el balance la superficie repoblada bajo el Programa de Reforestación de Tierras Agrarias, siendo este un programa no pensado con un objetivo forestal, sino agrícola, y como hemos señalado con un impacto a nivel de paisaje reducido. Si nos ceñimos al objetivo del Plan, de repoblar en los primeros cuarenta y cinco años 3 millones de hectáreas, sí que se puede considerar un éxito. Si valoramos las actuaciones desde la óptica de los objetivos cualitativos, se puede afirmar que las repoblaciones con objetivo netamente productor llegaron a más de la mitad de las proyectadas. Hacer balance de las repoblaciones protectoras es más difícil, pero si consideramos que las repoblaciones mixtas cumplen ambos objetivos de forma indistinta, también se cumpliría el objetivo de las repoblaciones protectoras para los primeros cuarenta y cinco años. Hay que tener en cuenta que muchas de las repoblaciones tenían el objetivo de restaurar las cuencas torrenciales de los embalses (Mendoza y Mata 2002), lo que reforzaría este carácter mixto.

Pero cabría preguntarse si el objetivo genuino del Plan era simplemente ejecutar las repoblaciones, o si bien el proceso de restauración culmina con la progresión hasta el óptimo climácico. En este caso, cabría tomar en consideración, para las repoblaciones protectoras, que todavía quedaría el proceso de gestión de esos bosques para facilitar su progresión hasta su óptimo climácico, siempre que esto sea posible por las condiciones edáficas, o por las nuevas condiciones ambientales previstas por los efectos del cambio global. En cualquier caso, es una realidad que el ingente esfuerzo

realizado para llevar a cabo un volumen tan grande de repoblaciones, no se ha visto compensado en muchas de ellas con el mismo esfuerzo para mantenerlas y gestionarlas para que cumplan el objetivo para el que fueron diseñadas. Los problemas de esta falta de gestión se concentran en (Martín et al. 2017) una baja diversidad específica de las repoblaciones, una alta espesura y baja diversidad estructural y la presencia de extensas masas continuas a menudo monoespecíficas. Por tanto, las medidas para alcanzar los objetivos finales deberían ir encaminados a aumentar la diversidad específica de las repoblaciones, teniendo en cuenta todos los estratos. El problema de la elevada espesura es uno de los más importantes, porque impacta directamente en la resiliencia de los bosques y en su propia diversidad, por lo que la ejecución de claras debería ser una de las principales ocupaciones de la gestión forestal (Serrada 2017). La gestión de masas extensas continuas monoespecíficas se debe afrontar tanto desde la propia selvicultura, aplicando tratamientos para irregularizar edades y estructuras, así como favorecer cambios de especies de forma natural dónde sea posible, como desde la repoblación planteando enriquecimientos de especies en aquellas zonas donde sea posible por calidad de estación. En repoblaciones de *Pinus canariensis* se han probado quemas prescritas como alternativa para cambiar las estructuras, sin apreciar efectos ecológicos negativos (Arévalo et al. 2005). Es evidente que uno de los principales retos de la gestión de las repoblaciones realizadas es decidir si se han de mantener las especies utilizadas o que evolución deben tener, en un marco conceptual dónde los debates son más amplios que si deben tener un carácter protector o productor. El abandono sólo dificulta estas decisiones, ya que aquellas repoblaciones dónde no se ha hecho ningún trabajo suelen presentar problemas de esbeltez de los árboles, o un debilitamiento que dificultan el tipo de tratamiento a realizar por la incertidumbre de si los árboles tendrán una respuesta positiva a los tratamientos.

4.3 Las políticas adoptadas frente los factores que condicionan las repoblaciones

Los cambios sociales y políticos han sido determinantes en la configuración de las características de cada uno de los períodos, y en los factores para impulsarlos. El estudio de estos factores es importante para poder evaluar de forma objetiva en qué medida han facilitado las repoblaciones o por el contrario han sido un freno a su ejecución. Los tres principales factores, de índole político, que condicionan las repoblaciones son el acceso al terreno, la financiación, el promotor y el ejecutor. El resto de factores que condicionan la repoblación son de índole técnica.

Mientras que el primer período es el de la gestación del marco intelectual sobre la necesidad de las repoblaciones en España, a nivel práctico fue más un entusiasmo que una realidad. El liderazgo en este primer período fue claramente de la administración, que promovía las repoblaciones. La financiación de este período, aunque insuficiente para la ambición que se proponía, fue de carácter público estatal. La ley de 11 de julio de 1877 sobre repoblación, fomento y mejora de montes públicos, proponía como fuente de financiación aportaciones del 10% de los aprovechamientos en montes públicos, que los ayuntamientos tenían la obligación de satisfacer. El reglamento de 1878 que desarrolla la ley contempla auxilios a los particulares que desequen lagunas y pantanos y destinen los terrenos a la plantación de arbolado de construcción (Bragat 1889), no obstante, el objetivo preferente de las repoblaciones eran los terrenos públicos, que además bien debía conocer el Cuerpo de ingenieros de montes después del trabajo de elaboración del Catálogo de Montes de Utilidad Pública en los años anteriores. La ejecución en este periodo también iba a cargo de la propia administración.

El segundo período (1940-84) se caracteriza por la iniciativa de la administración en todas las facetas de la repoblación. Los presupuestos destinados a la repoblación son de carácter público, y a partir de la promulgación de la Ley de Fomento de la Producción Forestal en 1977, se pretende dar más protagonismo a la propiedad particular en las repoblaciones productoras a partir de bonificaciones y ayudas, o la entrega de semilla y planta. La propia ley señala en su preámbulo que hasta ese momento se dejaba sentir cierta insuficiencia en el trato y fomento de los montes de propiedad particular. A nivel incluso de la producción de planta, la administración podría haber dejado la producción en manos del sector privado, pero planifica y gestiona la recolección de semilla y los viveros desde la administración. El gran cambio se produce en los mecanismos para disponer de terrenos susceptibles de ser repoblados. Vista la magnitud de la superficie repoblada, este fue seguramente el factor limitante en muchas épocas, por lo que las vías para asegurar la disponibilidad de terrenos fueron la adquisición, los consorcios con los particulares y la expropiación. Los sistemas más utilizados fueron los dos primeros (Vadell et al. 2016), y la expropiación en muchos casos era pactada cuando existía algún impedimento para la compra como la inexistencia de escrituras (Gomez y Mata 1992). La ejecución de las repoblaciones fue a cargo de la administración, excepto en los casos que los particulares se acogían a las ayudas.

El tercer período, a partir de 1985, se caracteriza por el cambio de modelo con la irrupción del Programa de Forestación de Tierras Agrarias. La financiación continúa siendo pública en su totalidad. El promotor es la administración, pero las obras ya no se ejecutan por administración, sino que son los particulares a través de ayudas. Los terrenos en este caso son en su totalidad privados, ya que se foresta sobre zonas

agrícolas. La administración también abandona la producción de planta, siendo la iniciativa privada quien ocupa el nicho del negocio de los viveros. Otro aspecto sustancial es el tipo de propietario, mientras que en épocas anteriores las ayudas a la reforestación estaban enfocadas a los propietarios forestales, aquí el objetivo es el agricultor y, especialmente, el de avanzada edad. Otro aspecto importante es que la empresa ya no se ejecuta a nivel estatal, sino que cada Comunidad Autónoma decide su adhesión en el marco de los planes regionales de la política agraria comunitaria. Es evidente que este último período no tiene los mismos orígenes que los anteriores, ni la finalidad, ni los destinatarios de las políticas, ni coincide el marco doctrinal y administrativo en el que se insertan (Gomez y Mata 2002). Existe, no obstante, un punto en común entre el segundo y tercer período. En el segundo período en muchos casos las tierras disponibles también venían determinadas por los remanentes no utilizables por la agricultura (Ortuño 1965), como en el caso del Programa de Forestación de Tierras Agrarias. No obstante, como en el segundo período el promotor y el ejecutor eran la administración a través de actuaciones propias, se debía contemplar el factor escala, y esto daba lugar a zonas de repoblación más amplias, y de mayor impacto territorial.

Si se compara la gestión política de los factores que condicionan las repoblaciones con otros casos similares al proceso español, se observa que todos guardan cierto paralelismo en las líneas principales. Entre 1943 y 2003 la superficie acumulada reforestada en China fue de 243 millones de hectáreas (Zhang y Conghe 2006), siendo probablemente el país que más ha plantado en el planeta. Las repoblaciones han estado totalmente controladas desde la administración, debido obviamente, al régimen político comunista. Aunque en las antípodas ideológicas, tanto el régimen franquista como el comunista tienen un punto en común, la forma autoritaria de dirigir el país. En este sentido, las repoblaciones chinas reciben críticas en el mismo sentido que las recibían las españolas, un afán repoblador que lleva a plantar en zonas de clima árido y semi-árido dónde la repoblación se considera que tiene unos impactos negativos sobre el ecosistema natural (Cao et al. 2010). Otro caso similar, aunque de menor envergadura es el de Corea del Sur, dónde entre 1953 y 1990 se repoblaron 2,5 millones de hectáreas una vez finalizada la guerra (Kim y Zsuffa 1994), lo que supone un ritmo repoblador de más de 50.000 hectáreas anuales en un país donde la superficie forestal ocupa 6,5 millones de hectáreas. En este caso se apostó por las especies exóticas como forma de obtener ambos resultados, protección y producción, de una forma más rápida. Otros países han desarrollado programas o planes de repoblación ambiciosos en la época moderna, como Vietnam o India (Clement y Amezaga 2008; Ravindranath et al. 2008). El punto en común en todos los planes de repoblación ambiciosos es su objetivo, que

principalmente es frenar la erosión y suplir la falta de maderas y leñas. La forma de afrontarlo en todos los casos expuestos ha sido un liderazgo por parte de la administración, que es quien financia las operaciones, mientras que las críticas o los fallos se detectan en el lado de primar más la cantidad que la calidad o el uso excesivo de especies de crecimiento rápido, como el caso de Vietnam (Clement y Amezaga 2009). Parece existir un paralelismo en todos los casos, tanto en la problemática como en la respuesta, lo que refuerza la necesidad de la colaboración internacional y la importancia del asesoramiento a los gobiernos por parte de los organismos internacionales con responsabilidad en el ámbito forestal.

4.4. Lecciones aprendidas frente iniciativas de repoblación a gran escala.

En un planeta con múltiples problemas ambientales, y una población creciente que necesita del uso de la tierra para la alimentación, pastos y suministro de productos forestales, las repoblaciones son una herramienta útil para algunos de los problemas planteados. Las repoblaciones, como se ha visto, pueden ofrecer soluciones a más de un problema, en función de las decisiones que se tomen en su planificación. Uno de los principales problemas ambientales a los que se enfrenta la humanidad es el cambio global, provocado por la emisión de gases de efecto invernadero. La aplicación a gran escala de medidas de mitigación que limiten el calentamiento a 1,5 °C o 2°C requeriría la conversión de grandes superficies de tierra para la reforestación o forestación (Jia et al., 2019). La superficie necesaria para contribuir a la mitigación depende de los diferentes escenarios y del volumen de CO₂ que se pretenda absorber, pero se estima que es entre 345 y 1.779 millones de hectáreas (Griscom et al. 2017), teniendo en cuenta además los beneficios ambientales para la biodiversidad, la calidad del aire, la regulación hídrica y la mejora de la fertilidad en los suelos. En este sentido, se calcula que con la reforestación de 369 millones de hectáreas en zonas tropicales se beneficiaría potencialmente a los vertebrados amenazados (Kemppinen et al. 2020), además de ayudar a la mitigación del cambio climático. Zomer et al. (2008) determinaron que a nivel global más de 760 millones de hectáreas de tierra eran aptas para la repoblación y forestación en los esquemas de los Mecanismos de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Hay que tener en cuenta que la repoblación no es el único mecanismo en el uso de la tierra que puede mitigar el cambio climático, pero sí que se revela como uno de los más efectivos. El Reglamento sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS) en el marco de actuación en materia de clima y energía hasta 2030, prevé tres tipos de proyectos de mitigación a nivel forestal,

de los cuales dos son la reforestación y la forestación, y el tercero el freno a la deforestación.

Las repoblaciones a gran escala están en la agenda política mundial de la mano del cambio global, sin descuidar otros objetivos como la restauración de zonas degradadas, el subministro de materias primas, la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad. Pero si hasta la actualidad las repoblaciones a gran escala se planteaban a nivel de país o región para solucionar problemas que afectaban a nivel nacional, el cambio global plantea la solución a nivel de planeta, lo que añade un grado de dificultad nada desdeñable. Cualquier planteamiento de repoblaciones a gran escala debe tener en cuenta todos los factores que van a condicionar el proyecto.

El factor financiero ha sido tradicionalmente soportado por las administraciones en las repoblaciones de carácter protector. En el contexto actual, en que entran nuevas variables como la absorción de CO₂, las repoblaciones y las forestaciones se presentan como una opción más barata para este objetivo frente otras políticas más costosas como la electrificación de la industria, la descarbonización del transporte y las políticas de gran escala de despliegue de fuentes de energía renovable (Doelman et al. 2020). En este escenario los fondos para las grandes repoblaciones deberían ser más fáciles de captar, no obstante, la financiación pública mundial para acciones del clima en 2015 fue de 128.000 millones de dólares, de los cuales sólo 7.000 millones se utilizaron para financiar proyectos de uso de la tierra y sólo una fracción de esos fondos se destinó a la restauración (Kemppinen et al. 2020) y, por tanto, a la repoblación. Las razones que pueden explicar este fenómeno pueden ser de una parte, el menor coste que tienen las repoblaciones como mecanismo de mitigación respecto otras actividades o, más probablemente, las dificultades de acceder a otros factores como la disponibilidad de terrenos. La desconfianza hacia las regiones con una gobernanza débil que no asegure la permanencia de las inversiones, es decir, que las repoblaciones puedan ser taladas perdiendo los beneficios de mitigación (Doelman et al. 2019), es otra de las razones por las que las repoblaciones no tienen un éxito mayor para este objetivo.

La disponibilidad de la tierra se vislumbra como uno de los problemas principales para las repoblaciones a gran escala actualmente, en la misma línea que han mostrado los resultados del caso de España. El principal punto de conflictividad es el uso de la tierra para usos agrícolas, y que la política de forestaciones ponga en riesgo la seguridad alimentaria por la disminución de la producción agrícola (Doelman et al. 2018; Shin et al. 2007).

No parece que la producción de planta y el suministro de semilla sea un uno de los factores que más preocupan en estos proyectos, ya que la mayoría detectan el limitante en la disponibilidad de terrenos. Pero hay que tener en cuenta que en grandes

re poblaciones este es un factor clave, más si la superficie repoblada debe llegar a los niveles que las políticas climáticas pretenden. En este aspecto otro de los factores determinantes, y al que no se presta demasiada consideración, es el conocimiento y experiencia, y la tecnología. La tecnología es necesaria para desarrollar todos los procesos de un proyecto de repoblación, más a gran escala, y afecta a la planificación, gestión del proyecto, producción de planta y ejecución. El conocimiento y experiencia es necesario no sólo para la gestión del propio proyecto, sino también para la gobernanza, que es el otro factor clave para las repoblaciones a gran escala en un ámbito mundial. Considerar los factores sólo a nivel de macroescala podría llevar a una generalización de los complejos procesos de adopción de decisiones y conducir a conclusiones erróneas, sobretodo sino se consideran las prácticas y formas de gestión locales de la tierra (Clement y Amezaga 2008). La conexión entre las comunidades locales, los órganos de financiación, los asesores técnicos y las estructuras administrativas locales son de vital importancia (Thomas et al. 2010). Aquellas iniciativas que no tengan una gobernanza clara, que puede presentar alternativas muy diversas, no tendrán control del proceso ni de que los resultados del proyecto sean los esperados.

Bibliografía

- Abelló, M. A. (1988). Historia y evolución de las repoblaciones forestales en España. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Anónimo. (1877). Sobre el proyecto de ley de repoblación de montes. Revista Montes. Nº 12. Vol. I. 265 -275.
- Arévalo, J. R., Terrén, D. M., & Naran, A. (2005). Naturalización de repoblaciones de *Pinus canariensis* con el empleo de fuego prescrito. Congresos Forestales.
- Artigas, P. (1877) Inundaciones y repoblación de montañas. Revista Montes. Nº 18. Vol. I, 418-425.
- Bergoechea, L. (1869) Repoblación de las montañas. Revista Montes. Vol. II, 357-360, 438-444, 495-500.
- Bragat y Viñals, J. (1889) Lecciones de legislación de montes explicadas en la escuela de ingenieros de montes. Imprenta de Ramon Moreno y Ricardo Rojas. Madrid
- Cao, Shixiong, et al.(2010) "Damage caused to the environment by reforestation policies in arid and semi-arid areas of China." *Ambio* 39.4: 279-283.
- Ceballos, I. (1960). Repoblación forestal española en los últimos veinte años (1940-1960). *Estudios Geográficos*, 21 (81), 497-507.
- Clement, F., y Amezaga, J. M. (2008). Linking reforestation policies with land use change in northern Vietnam: Why local factors matter. *Geoforum*, 39(1), 265-277.
- Clement, F., y Amezaga, J. M.. (2009) Afforestation and forestry land allocation in northern Vietnam: analysing the gap between policy intentions and outcomes. *Land Use Policy*, 26.2: 458-470.
- Cuesta, S., (1919). La repoblación forestal. Asociación de Agricultores de España, Madrid.
- Dafauce, C. (1962). Plagas de insectos en los viveros forestales. Revista Montes. Nº 105. 177-190.
- de Olazábal, L (1892) Repoblaciones. Revista Montes. Nº 362. Vol. XVI, 89-97.
- Del Hoyo, R. (1879). Repoblaciones. Revista Montes. Nº 59. Vol. III 321 – 330.
- Doelman, J. C., Stehfest, E., van Vuuren, D. P., Tabeau, A., Hof, A. F., Braakhekke, M. C., y van Meijl, H. (2020). Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks and trade-offs. *Global Change Biology*, 26(3), 1576-1591.
- García-Salmerón, J. (1990). La repoblación en España: Historia, resultados, procedimientos y perspectivas. *Maquinaria Forestal*, (14), 42-55.
- García, R. (1920). Las inundaciones y la repoblación forestal en España. Madrid.
- Gómez Mendoza, J. y Mata, R. (2002). Repoblación forestal y territorio (1940-1971): marco doctrinal y estudio de la Sierra de los Filabres (Almería). *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, (58), 129-155
- Gómez Mendoza, J. y Mata, R. (1992). Actuaciones forestales públicas desde 1940: Objetivos, criterios y resultados. *Agricultura y Sociedad*, (65), 15-64.
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., & Woodbury, P. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645-11650
- Jaquotot, M. (1956). Las repoblaciones y el problema social. *Montes*. Nº 71
- Jia, G., E. Shevliakova, P. Artaxo, N. De Noblet-Ducoudré, R. Houghton, J. House, K. Kitajima, C. Lennard, A. Popp, A. Sirin, R. Sukumar, L. Verchot, (2019). Land-climate interactions. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E.

- Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.]. In press.
- Jordana, J. (1891) Las inundaciones y la repoblación de los montes. *Revista Montes*. Nº 354. Vol. XV, 426-429.
- Jordana, J., (1896). Estadística de las siembras y plantaciones verificadas en los montes públicos y cabeceras de las cuencas hidrológicas desde la publicación de la ley de 11 de julio de 1877 hasta el fin del año forestal de 1894–95. Imprenta de Ricardo Rojas, Madrid.
- Kemppinen, K. M., Collins, P. M., Hole, D. G., Wolf, C., Ripple, W. J., & Gerber, L. R. (2020). Global reforestation and biodiversity conservation. *Conservation Biology*.
- Kim, K. H., y Zsuffa, L. (1994). Reforestation of South Korea: The history and analysis of a unique case in forest tree improvement and forestry. *The Forestry Chronicle*, 70(1), 58-64.
- Kurir, A. (1960) La creación de viveros forestales desde el punto de vista de un técnico en problemas de protección de montes. *Revista Montes*. Nº 94. 311-315.
- Martín, S. et al. (2017) Diversificación o naturalización de las repoblaciones forestales. En: García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017). *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente
- Molina, M., y Galiana, L. (2004). La restauración de paisajes forestales a través de la forestación de tierras agrarias. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (17), 193-198.
- Muñoz, J. (1881). Repoblaciones. *Revista Montes*. Nº 95. 1-8
- Ortuño, F. (1965). Enfoque y proyección del PFE hacia una economía de montaña. *Montes*, 125(1965), 365-368.
- Ortuño, F. (1990). El plan para la repoblación forestal de España del año 1939: Análisis y comentarios. *Ecología*, (extra 1), 373-392.
- Pemán, J., Ruvireta, J., Blanco, R., (2009). Influencia de la disponibilidad de superficie en la actividad repobladora desarrollada por la Administración entre 1940 y 1973. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 30, 325–330.
- Pemán García, J., Blanco Ortiz, J., y Ruvireta Brujan, J. (2009). Análisis del impacto de la actividad repobladora en la estadística del desempleo, durante el periodo de tiempo entre 1946 y 1961, en varias provincias españolas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 2009, núm. 30, p. 319-324.
- Pérez-Soba, I., Pemán, J. (2017). Joaquín Ximénez de Embún Oseñalde (1882 – 1954): Coautor y principal ideólogo del Plan General de Repoblación Forestal de España de 1939. En: García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017). *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente
- Pérez-Soba, I., y Pemán, J. (2015). Joaquín Ximénez de Embún y Oseñalde y Florentino Azpeitia Florén: dos aragoneses en el origen del Plan General de Repoblación Forestal de España de 1939. Lucas Mallada. *Revista de Ciencias*, (17), 105-158.
- Ravindranath, N. H., Chaturvedi, R. K., & Murthy, I. K. (2008). Forest conservation, afforestation and reforestation in India: Implications for forest carbon stocks. *Current Science*, 216-222
- Serrada, R (2017) La silvicultura en las repoblaciones realizadas según el Plan General de Repoblación Forestal de España en su 75 aniversario. En: García, J. P., Goñi, I. I., & Leza, F. J. L. (Eds.). (2017). *La restauración forestal de España: 75 años de una ilusión*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente
- Shin, M.-Y., Danesh Miah, M., Lee, K.H., 2007. Potential contribution of the forestry sector in Bangladesh to carbon sequestration. *Journal of Environmental Management* 82 (1), 260–276.

- Thomas, S., Dargusch, P., Harrison, S., & Herbohn, J. (2010). Why are there so few afforestation and reforestation Clean Development Mechanism projects?. *Land use policy*, 27(3), 880-887.
- Vadell, E., de Miguel Magaña, S., y Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37-48.
- Vadell, E., de Miguel Magaña, S., y Pemán, J. (2019). La repoblación forestal en España: las especies utilizadas desde 1877 a partir de las cartografías forestales. *Historia Agraria. Revista de Agricultura e Historia Rural*, (77), 107-136.
- Vadell, E., Miguel Magaña, S. D., Fernández Centeno, G., Robla, E., Lerner, M., y Pemán García, J. (2019). La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 2019, vol. 45, núm. 2, p. 1-20.
- Vigil, J. M. S. (2009). Causas de la política de repoblaciones forestales del patrimonio forestal del Estado durante la posguerra: 1939-1954. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (30), 387-392.
- Villanueva, T., (1924). *La reconstitución de los montes es problema vital para España*, Europa, Madrid.
- Zhang, Y., & Song, C. (2006). Impacts of afforestation, deforestation, and reforestation on forest cover in China from 1949 to 2003. *Journal of Forestry*, 104(7), 383-387.
- Zomer, R. J., Trabucco, A., Bossio, D. A., & Verchot, L. V. (2008). Climate change mitigation: A spatial analysis of global land suitability for clean development mechanism afforestation and reforestation. *Agriculture, ecosystems & environment*, 126(1-2), 67-80.

5. CONCLUSIONES

5. Conclusiones.

Las repoblaciones desarrolladas desde 1877 hasta la actualidad en España son un caso de repoblación a gran escala a nivel mundial, con una superficie repoblada en total de 5,7 millones de hectáreas que han influenciado el paisaje forestal actual. Las repoblaciones han respondido a diferentes objetivos a lo largo del período, y su desarrollo ha estado condicionado por el contexto político de cada etapa.

El proceso se puede dividir en tres periodos:

1.- 1877-1939: Es la etapa donde se generan las bases de la repoblación a gran escala, y se ejecutan las primeras repoblaciones. Es poco prolífico en cuanto a superficie repoblada debido a falta de presupuestos y inestabilidad política.

2.- 1940-1984: En esta etapa se ejecuta un volumen elevado de repoblaciones. Se dispone de presupuestos públicos suficientes para abordar repoblaciones a gran escala. La distribución de las repoblaciones vendrá condicionada por la disponibilidad de terrenos y los mecanismos para su disposición.

3.- 1985-2006: Hasta 1993 el ritmo repoblador disminuye debido a los cambios políticos y a una creciente contestación social. A partir de 1993 el Programa de Forestación de Tierras Agrícolas de la UE impulsa de nuevo las repoblaciones.

Entre las especies más utilizadas en las repoblaciones y forestaciones, las autóctonas del género *Pinus* fueron mayoritarias hasta la aparición del Programa de Forestación de Tierras Agrícolas, a partir del cual las frondosas autóctonas fueron utilizadas de forma principal, especialmente las del género *Quercus*. Entre las especies exóticas las más utilizadas han sido los eucaliptos, el pino de Monterrey (*Pinus radiata*) y los chopos, todas con fines productivos. Las repoblaciones monoespecíficas han sido predominantes, especialmente en el período 1940-1984.

El Programa de Forestación de Tierras Agrícolas ha tenido un impacto desigual en el territorio, en función de la decisión de las Comunidades Autónomas de acogerse a las ayudas de la medida, pero ha sido la de mayor impacto entre los propietarios privados en todo el período estudiado. El impacto de este Programa sobre el paisaje ha sido que menor que el resto de repoblaciones, ya que la superficie media repoblada por beneficiario ha sido de 12 ha.

El desarrollo de la gestión forestal a lo largo de los periodos de más actividad repobladora se ha mantenido sin grandes cambios en las decisiones de gestión relativas a los tipos de corta y tratamientos de las especies, los turnos de corta y los métodos de beneficio. La integración de la conservación de la naturaleza, la mecanización, la

preparación del terreno en las repoblaciones, los materiales de reproducción forestal, y la aplicación de productos químicos para el control de plagas son los aspectos de la gestión que más han evolucionado.

El principal reto de futuro para la gestión de estas masas monoespecíficas y coetáneas es que no queden abandonadas, ya que es necesario planificar su diversificación y su regeneración escalonada.

El caso de estudio de las repoblaciones forestales a gran escala en España es un ejemplo para los procesos de repoblación que se plantean a escala mundial con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático, o para países que necesiten acometer repoblaciones a gran escala como solución a otros problemas ambientales.

