



2022  
Lleida

27·1  
junio · juny  
julio · juliol

Cataluña  
Catalunya

**8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

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

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
**Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022**  
**ISBN 978-84-941695-6-4**  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



## Desarrollo de las prácticas de gestión forestal en España a partir del segundo tercio del siglo XX

VADELL GUIRAL, E.<sup>1</sup>. PEMÁN GARCÍA, J.<sup>2</sup>; DE MIGUEL MAGAÑA, S.<sup>2,3</sup>;

<sup>1</sup> Generalitat de Catalunya, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Doctor Roux, 80, 08007 Barcelona

<sup>2</sup> Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lleida. Alcalde Rovira Roure 191, 25199 Lleida

<sup>3</sup> Joint Research Unit CTFC – AGROTECNIO – CERCA. Crta. de St. Llorenç de Morunys, km 2, 25280 Solsona

### Resumen

Los ecosistemas forestales han tenido una importancia crucial para la sociedad a lo largo de la historia, ya sea como medio de subsistencia, o actualmente, por la importancia que han cobrado los servicios ecosistémicos, especialmente los ligados a la mitigación y adaptación al cambio global. El análisis de la evolución de la gestión forestal es básico para entender el paisaje forestal actual y para la toma de decisiones futuras en relación a los servicios que la sociedad demandará de los bosques. En España estas decisiones explican la composición del 55% de la superficie del país.

A partir de la construcción de narrativas a través de once indicadores de las decisiones y prácticas forestales, se ha analizado el desarrollo de la gestión forestal a partir del segundo tercio del siglo XX. Algunas de las variables han evolucionado con el desarrollo tecnológico, como el uso de la maquinaria o la preparación del terreno, otras han estado condicionadas por la legislación, como el uso de agentes químicos, y su uso se ha restringido por motivos ambientales y de salud. Los indicadores dependientes de las especies forestales han permanecido más constantes como los métodos de regeneración o los sistemas de corta.

Los resultados no solo ayudan a interpretar el paisaje forestal actual y como se ha desarrollado la técnica forestal en España, sino que pueden servir de guía a países que, como consecuencia del cambio global, se enfrenten a los mismos retos de gestión o necesiten restaurar ecosistemas sometidos a condiciones de clima mediterráneo.

### Palabras clave

Gestión forestal, prácticas forestales, usos del suelo y política forestal.

### 1. Introducción

La gestión forestal, entendida como la aplicación de un conjunto de técnicas sustentadas sobre una base científica, puede afectar la forma y la magnitud en que los bosques proveen los servicios ecosistémicos a la sociedad. La gestión forestal debe tener en cuenta los efectos del cambio global, la importancia de mantener la biodiversidad, y el mantenimiento del resto de servicios que presta (Verkerk et al. 2020). Para entender cómo mejorar todas estas funciones es necesario conocer que gestión se desarrolla en los bosques. A nivel europeo se han desarrollado los indicadores de la gestión forestal sostenible, pero estos indicadores reflejan más el estado de los bosques europeos que la gestión en sí misma. Mientras se dispone de mucha información sobre los bosques, como se aplica la gestión forestal no se ha documentado en profundidad.

Los estudios históricos realizados se han centrado en aspectos políticos y solo para algunas regiones, pero sin abordar una visión a nivel nacional (Cervera et al. 2015), o se han analizado desde otras disciplinas y perspectivas distintas a las forestales (Mendoza y Olmo 1992; Mendoza y Olmo 2006). En los análisis de la evolución de la gestión forestal, el foco ha sido las consecuencias de la gestión sobre los cambios en la vegetación y el paisaje a escala de región (Anton 2011;

Gutierrez et al. 2016). La evolución de las prácticas que han provocado los cambios no se ha estudiado, aunque son esenciales para entenderlos.

## 2. Objetivos

El objetivo de este estudio es conocer el desarrollo de la gestión forestal en España desde el segundo tercio del siglo XX, y evaluar los cambios históricos en las decisiones de gestión que permiten explicar cómo se ha modelado el paisaje forestal de España a partir de la gestión forestal.

## 3. Metodología

La información sobre la gestión forestal en España se ha compilado en base a narrativas. Las narrativas sobre los usos del suelo han sido construidas en investigaciones previas por Jepsen et al. (2015), pero excluyendo la gestión forestal. En este estudio se utiliza una metodología similar para la aproximación a las prácticas de la gestión forestal en España.

Para seleccionar los indicadores y las variables, las narrativas se han construido a partir de las principales decisiones de la gestión durante el desarrollo de las masas forestales (Tabla 1), basándonos en el marco desarrollado por Duncker et al. (2012). Esta estructura permite una aproximación sistemática a la evolución de las políticas de gestión forestal en España.

Tabla 1. Principales decisiones de la gestión forestal y de las operaciones de silvicultura, modificado por Duncker et al. (2012).

Decisión	Operaciones silvícolas	Aspectos considerados
<b>Composición de especies</b>	Selección de especies	Composición de especies en relación a la vegetación potencial, porcentaje de especies adaptadas al lugar y porcentaje de especies introducidas
<b>Tipo de regeneración</b>	Establecimiento de la masa	Regeneración natural, plantación, siembra y rebrote
<b>Material forestal de reproducción</b>	Selección de poblaciones y genotipos	Selección de material genético adaptado, uso de material mejorado
<b>Grado de mecanización</b>	Fertilización, aportes, preparación del suelo, claras, cortas finales	Uso de maquinaria para la preparación del suelo, claras, cortas finales
<b>Preparación del suelo</b>	Preparación del suelo, drenajes, quemas prescritas	Preparación del suelo (mecánico y uso de quemas prescritas) y drenajes
<b>Fertilizaciones/Enmiendas del suelo</b>	Fertilización, enmiendas	Fertilización para el incremento del crecimiento, compensación de nutrientes, y restablecimiento de procesos biogeoquímicos naturales
<b>Aplicación de productos fitosanitarios</b>	Control de plagas	Aplicación de pesticidas y herbicidas
<b>Protección de la naturaleza</b>	Conservación de hábitats	Conservación de biotopos/hábitats arbolados, madera muerta y protección de biotopos no arbolados
<b>Régimen de cortas</b>	Régimen de cortas finales	Aclareos sucesivos, árboles padre, cortas a hecho, monte bajo
<b>Turno</b>	Corta final	Edad de corta en relación al potencial de longevidad
<b>Cortas de madera</b>	Claros y cortas finales	Tipo de productos obtenidos en las claras y cortas finales

Las fuentes para la construcción de las narrativas han sido: a) revisión bibliográfica de artículos publicados; b) estadísticas oficiales; c) legislación española y europea; d) inventarios forestales; e) consultas directas con especialistas y expertos en las diferentes variables.

La comparación entre inventarios forestales permite conocer la composición de las especies y los factores que han generado esta composición (Hernandez et al. 2015; Alberdi et al. 2005).

El análisis temporal se inicia desde el final de la Guerra Civil, y se diferencian tres periodos, la posguerra (1940 - 1970), la consolidación del éxodo rural (1970 - 1990), y desde la década de los 90, con la aparición del concepto de gestión forestal sostenible y su impulso a partir de la Primera

Conferencia sobre la Protección de los Bosques en Europa en 1990, la Cumbre de Río en 1992 y el establecimiento de los sistemas de certificación forestal. Como la evolución de cada variable no se ha ceñido estrictamente a cada periodo, en aquellos casos en que ha sido necesario se señalan las fechas en que se producen los cambios.

En las narrativas se han tenido en cuenta también aquellas prácticas que no han variado su aplicación o que han sido utilizadas en España porque también explican cómo es la gestión forestal, y ayudan a detectar lagunas de conocimiento que pueden ser abordadas en otros estudios.

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1 Composición de especies

Entre 1940 y 1984 las grandes repoblaciones realizadas principalmente por la administración (3,67 millones de hectáreas) modularon la futura composición de especies. Se conocen el 90% de las especies utilizadas. Los pinos (*Pinus pinaster*; *P. sylvestris*; *P. halepensis*; *P. nigra*) se utilizaron en el 77% de la superficie repoblada. En la mayoría de los casos no eran las especies potenciales, pero se consideraban las adecuadas en las series de vegetación de las formaciones potenciales. En este período se generalizan las especies de crecimiento rápido, sobre todo entre los propietarios privados. Las especies más utilizadas fueron las que se empezaron a ensayar en la mitad del siglo XIX, y que habían demostrado buena adaptación y crecimiento en el norte de España, de forma principal *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*. En la superficie repoblada por la administración, un 15% (308.000 ha), se utilizaron especies de crecimiento rápido, destacando *Pinus radiata* (107.000 ha) y *Eucalyptus* spp. (164.000 ha).

A final de la década de 1990 el uso del género *Quercus* se incrementó. Estas especies se consideraban representantes de la vegetación clímax en muchas áreas. En las zonas agrícolas abandonadas se produjo la colonización por especies pioneras, sobretodo pinos (*Pinus halepensis*; *P. sylvestris*; *P. nigra* principalmente), este proceso junto a las grandes repoblaciones del período anterior explican gran parte de la composición de especies presentes en la actualidad.

Actualmente un 35% de la superficie está cubierta por masas de coníferas autóctonas mono específicas. Las masas de frondosas ocupan el 46% de la superficie arbolada, y el 19% restante son masas mixtas. La especie más abundante en España es *Quercus ilex*, predominante en más del 15% de las masas arboladas (Fig. 1).

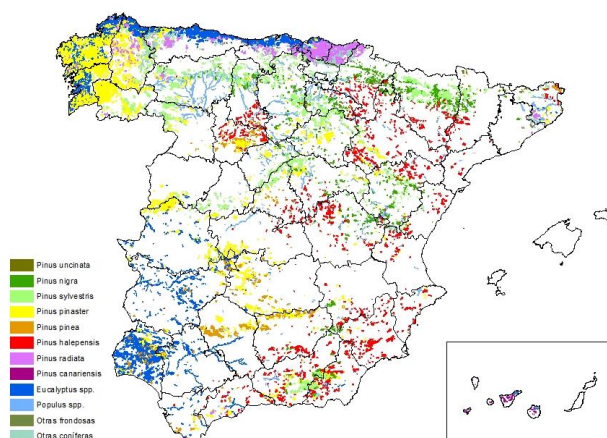


Figura1. Superficie procedente de repoblación según la especie dominante en 1997 (Vadell et al. 2019).

### 4.2 Tipo de regeneración

Hasta la década de 1970 la gestión forestal de las masas de coníferas autóctonas se regeneraba de forma natural, mientras las masas de *Quercus* (especialmente *Q. ilex*; *Q. pirenaica* y *Q. faginea*) se regeneraban por rebrote para la obtención de leñas y carbón. En algunos casos, se intentó la conversión a monte alto. En el caso de *Fagus sylvatica* y *Castanea sativa* se regeneraban generalmente por rebrote, tanto para leñas y carbón, como para la obtención de estacas y madera de embalaje. Las especies exóticas de crecimiento rápido para la obtención de madera de sierra se regeneraban por plantación, excepto en el caso del eucalipto. En las repoblaciones el uso de plantas a raíz desnuda era predominante, excepto en las estaciones más áridas dónde se plantaba en contenedor. La siembra se usó para *Pinus pinaster* y *P. pinea* y se probó para *Quercus ilex*, pero debido a los daños causados por la fauna silvestre, sobre todo por el jabalí, su uso no se extendió para esta última especie.

En las repoblaciones forestales hasta 1980 se usaba principalmente la planta a raíz desnuda, pero en esa década comenzó a ser mayoritario el uso de la planta en contenedor. También a partir de esta década se abandonan las peores masas de monte bajo de *Quercus* por la disminución del uso de las leñas.

A partir de 1990 el uso de la regeneración natural continúa siendo el objetivo principal para las masas de coníferas autóctonas. Las mejores masas de las especies de *Quercus ilex*; *Q. pirenaica* y *Q. faginea* se continúan gestionando como monte bajo, pero aumentan los tratamientos de conversión para fomentar la reproducción por semilla y diversificar genéticamente las masas.

Un caso especial es la aparición de plantaciones con destino para la bioenergía, con especies de crecimiento rápido (*Populus* spp., *Eucalyptus* spp., *Pawlonia* spp., *Salix* spp.), con rotaciones cortas de 2 o 3 años y regeneración por rebrote. En el caso de las dehesas y de las repoblaciones de coníferas, se realizan en algunos casos plantaciones de enriquecimiento ya sea para regenerar las dehesas, o para diversificar con frondosas las repoblaciones de coníferas autóctonas.

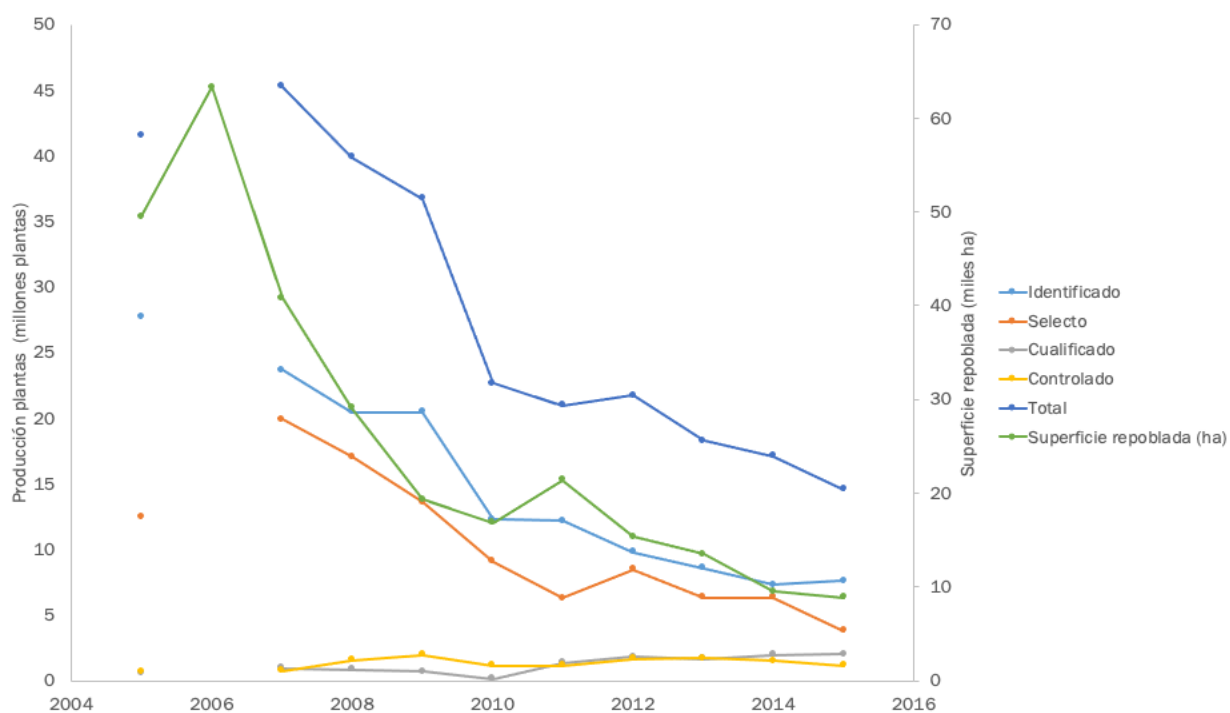
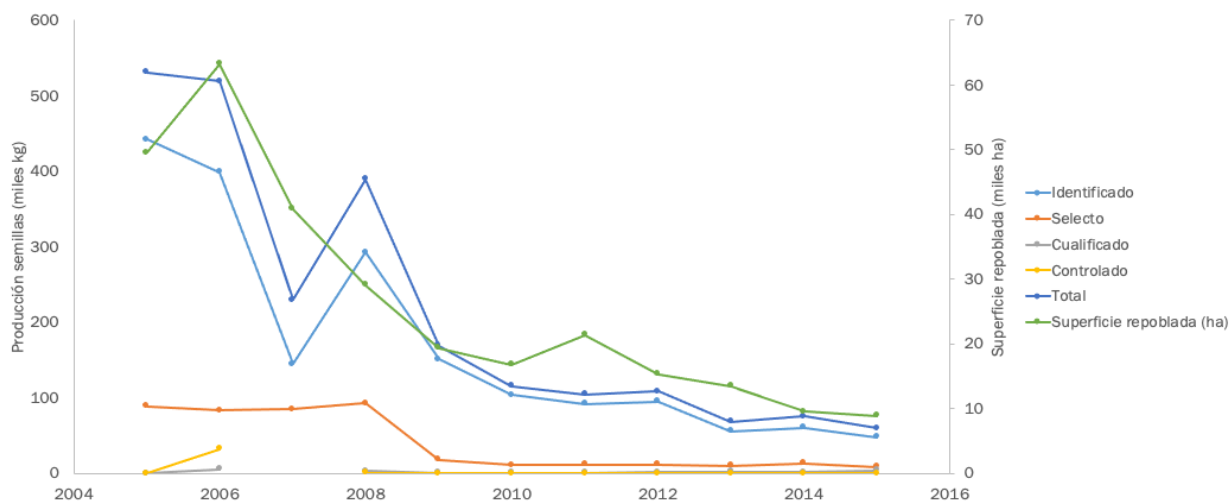
#### 4.3 Material forestal de reproducción

Después de la Guerra Civil el origen y producción del material forestal de reproducción (MFR) era nacional. Los primeros intentos de mejora genética se centraron en el género *Populus* mediante selección e hibridación para obtener materiales de reproducción. Los clones de más interés para la reproducción eran de otros países europeos, aunque se exploró las posibilidades de las especies nacionales (*Populus alba*; *P. nigra* y *P. tremula*). Los primeros MFR se importaron de Holanda, Italia, Francia, Alemania y Marruecos. Semillas de *Populus deltoides*, *P. angustifolia* y *P. tremuloides* se importaron de Estados Unidos y Canadá. Durante estos años, nuevos clones de *Populus x euramericana* (*P. deltoides* x *P. nigra*) como el clon “Campeador” fueron producidos y su uso fue amplio, especialmente en el Valle del Duero, así como otros clones importados desde Italia como I-214, I-262 y I-488.

A partir de la década de 1980 hubo cambios significativos con el establecimiento de ensayos y el desarrollo de programas de mejora genética para *Pinus pinaster* y la creación de huertos semilleros del género *Pinus* (Arregui y Merlo 2008; Alia et al. 1991). El programa de mejora de *Pinus radiata* en el País Vasco y Galicia empezó también en esta época (Arregui et al. 1999; Sampedro 2006), y se intensificó durante la década siguiente. La selección de material de *Eucalyptus globulus* se inició simultáneamente en el sudeste y el noreste peninsular. En este periodo se crea el Catálogo Nacional de Materiales de Base, regulando los materiales autorizados para comercialización, excepto los eucaliptos. A finales de la década de 1980 se inicia la selección de olmos (*Ulmus minor*) resistentes a la grafiosis. Actualmente ya hay disponible MFR resistente a la enfermedad.

A partir de 1990 se van incorporando los nuevos materiales al Catálogo Nacional de Materiales de Base. Actualmente hay 532 materiales de base de las diferentes categorías (identificado, seleccionado, cualificado y controlado), acorde a la Directiva 1999/105/EC. Ninguno de estos materiales está modificado genéticamente. En la figura 2 se presenta la evolución de la producción de materiales de base (semillas, plantas y estaquillas) para el periodo (2005 – 2015), y

se puede observar una reducción en la producción de semillas y plantas y una estabilidad con ligero incremento para las estaquillas.



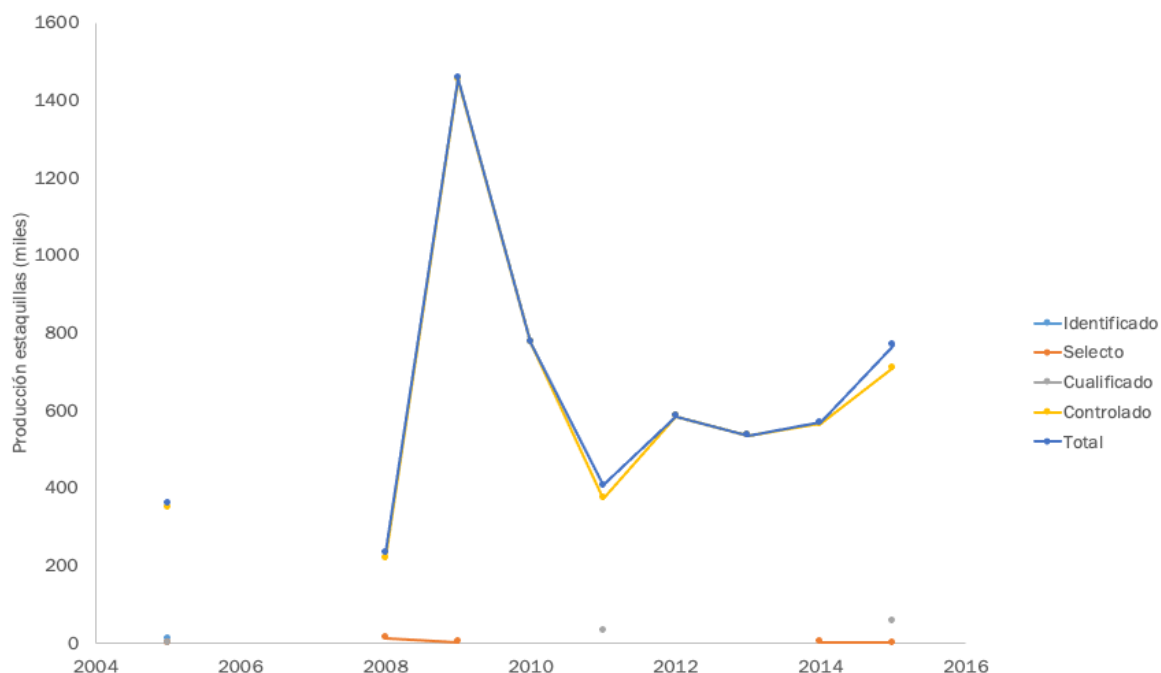


Figura 2. Evolución de la producción de MFR de las cuatro categorías (identificado, seleccionado, cualificado y controlado) entre 2005 y 2015: a) semillas, b) plantas y c) estacas.

#### 4.4. Grado de mecanización

Entre las décadas de 1940 y 1950 no existía mecanización para la preparación del suelo, y se realizaba manualmente o con arados y tracción animal. A final de la década de 1950 y gracias a los acuerdos de 1953 con los EEUU, empezó la mecanización con la introducción de los *bulldozers* para el tratamiento de la vegetación y el subsolado. Fue el inicio de la mecanización con la incorporación de tractores oruga, vehículos todo terreno, plantadoras y barrenas fruto de la ayuda estadounidense. En los aprovechamientos forestales, la motosierra no se generalizó hasta el final del primer período, siendo el hacha herramienta común para el apeo de árboles de diámetros pequeños y el desramado y descortezado. En el arrastre todavía predominaba el uso de mulas y bueyes, y para árboles de diámetros grandes se utilizaban tractores agrícolas o tractores de cadenas equipados con cabrestantes. El transporte se realizaba con camiones que en su mayoría no disponían de grúa, por lo que su carga era un trabajo duro y peligroso.

Desde 1970 a 1990, la mecanización se generaliza en las repoblaciones, y los trabajos manuales desaparecen por su baja calidad y coste. En la década de 1970 los *angledozer*s y *tildozer*s eran muy utilizados. A partir de 1980, y como respuesta a la polémica del uso de las terrazas, se desarrollan prototipos de tractores de alta estabilidad para realizar preparaciones menos impactantes, como el tractor TRAMET y el TTAE. Su alto coste económico y su baja resistencia a las condiciones duras de trabajo condicionaron su desarrollo. En los aprovechamientos el uso de la motosierra ya es común y las grandes compañías empiezan a adquirir *skidders*, y en menor medida procesadoras y autocargadores, sobre todo para plantaciones. La práctica de descortezar en el monte desaparece y se descortezan en fábrica y los camiones se equipan ya todos con grúa.

A partir de 1990 en las repoblaciones destaca el uso de las retroarañas para la preparación del terreno en pendientes superiores al 35%, y las desbrozadoras acopladas a tractores agrícolas o de cadenas para la preparación del terreno. En los aprovechamientos se incrementa el uso de las procesadoras, en equipo con autocargadores para el desembosque. Para la corta de árboles de

pequeñas dimensiones con destino a bioenergía es común utilizar los cabezales cortadores o multitaladores. El arrastre con tracción animal prácticamente desaparece, siendo utilizado en condiciones especiales en áreas de montaña. Como novedad, y con el auge de la bioenergía, aumentan las trituradoras sobre camión para realizar el astillado en el monte, y el transporte de la astilla en remolques equipados con piso móvil.

#### 4.5. Preparación del suelo

El objetivo principal de la preparación del suelo en las repoblaciones llevadas a cabo en el área mediterránea de España es la mejora de las propiedades físicas del suelo, especialmente la porosidad, con el objetivo de facilitar el desarrollo de las raíces y mejorar la infiltración del agua en el suelo. (Serrada et al. 2005). Entre 1940 y 1970 la recomendación principal en las preparaciones del suelo era que debían ser intensas en su profundidad (60 cm) y en su superficie. Como muchas de las zonas que se repoblaban tenían pendientes pronunciadas con suelos muy degradados, la preparación del suelo se realizaba siguiendo las curvas de nivel, y conservando la vegetación natural entre las preparaciones lineales. Con esta práctica se pretendía evitar los procesos de erosión. La preparación del suelo en toda la superficie sólo se realizaba en pendientes inferiores al 10 o 15%. Esta preparación consistía en el laboreo con tractores agrícolas y arados de vertedera. Esta preparación tenía como desventaja la inversión de los horizontes más superficiales del suelo. En las laderas con fuertes pendientes (> 35%), la técnica más habitual de preparación del suelo era mediante la azada manual, donde las dimensiones del hoyo solían ser de 40x40x40 cm, o el laboreo con tracción animal, utilizando bueyes con arado bravant. Con la introducción de los tractores de cadenas, los bueyes dejaron de utilizarse y el subsolado comenzó a realizarse mediante el uso de rippers.

Durante la década de 1970, la preparación del terreno no experimentó cambios, especialmente la construcción de terrazas con angledozer. El tratamiento de la vegetación se realizaba mediante laboreo (tractor agrícola + arado de vertedera o arado de discos) para las pendientes <15%, y mediante desbroce con bulldozer o con angledozer + desbrozadora forestal para las pendientes <35%. En las zonas húmedas del norte de España, se utiliza la quema prescrita. La preparación del terreno más frecuentes era el laboreo (angular + arado de vertedera), el subsolado o el acaballonado (angledozer + ripper) para pendientes <35%, así como el aterrazamiento (tilldozer + ripper) para pendientes entre el 35% y el 60% (Pemán et al. 1998). También se empezaron a utilizar excavadoras para el ahoyado, que en la etapa anterior era manual.

Desde 1990 en las pendientes de más del 35% el método de preparación habitual es el ahoyado con retroaraña, y los aterrazados han quedado en desuso. Por debajo del 35% de pendiente el laboreo y el subsolado son los métodos más usados.

#### 4.6. Fertilizaciones/enmiendas del suelo

Entre 1940 y 1970 la fertilización de las masas forestales era escasa. La única excepción eran las choperas, que quedaban inundadas en las crecidas y recibían un aporte de los nutrientes presentes en los sedimentos. En las especies de crecimiento rápido empezaron algunos ensayos de fertilización, pero sin aplicación en la práctica habitual.

A partir de 1970, se inició la fertilización de establecimiento en los suelos ácidos del norte de España. Consistía en pastillas de abono forestal (por ejemplo, 5-15-15-18-2, 3:N, P205, K20, CaO, MgO) en las plantaciones con especies de crecimiento rápido. La dosis varió de tres a seis pastillas (cada una de 50 g), alrededor de cada planta. Hubo algunas variaciones en las composiciones (por ejemplo, NPK 11-18-11 u 8-8-16) y los estudios sobre el patrón de liberación de nutrientes mostraron que alrededor del 80% de los contenidos iniciales de N, P y K se perdían después de 1,5 años equivalentes de precipitaciones. Algunos estudios encontraron un aumento de la producción de madera que oscilaba entre el 25% y el 76% (dependiendo del tratamiento de fertilización, por ejemplo, 3 o 6 pastillas, respectivamente, de 32 g cada una) en rodales de *Eucalyptus* en relación



con los rodales sin fertilizar (Viera et. al. 2016). Aunque las investigaciones realizadas en ese momento mostraron efectos positivos en el crecimiento, el coste relativamente alto de la aplicación de los fertilizantes y la dificultad para lograr una dosis suficientemente alta por planta limitaron su uso.

A partir de 1990 se incrementó la fertilización, impulsado por las ayudas asociadas al Programa de Forestación de Tierras Agrarias de la UE. Como resultado algunas repoblaciones del norte peninsular de *Eucalyptus spp.*, *Pinus radiata*, *Pinus pinaster* y *Pseudotsuga menziesii* se empezaron a fertilizar. Inicialmente se usaron fertilizantes similares al ámbito agrícola como el NPK 15-15-15. La utilización de estas formulaciones provocó, por exceso de N, un desequilibrio de la parte aérea en comparación con el desarrollo del sistema radicular. Este exceso de nitrógeno, también, aumentó los daños causados por las enfermedades fúngicas. Por ello, a partir del año 2000, la composición de los abonos cambió a NPK 0-18-0, 0-21-0 o 0-27-0 (los llamados superfosfatos), con un aporte muy esporádico de magnesio y/o calcio (aunque algunas cooperativas siguen añadiendo algo de nitrógeno, sobre todo por motivos comerciales). En la actualidad, algunas administraciones subvencionan la realización de analíticas de suelo, asociado a la elaboración de planes de gestión forestal, para asesorar a los propietarios forestales sobre las dosis y composición más adecuadas de los tratamientos de fertilización. En el NO de España, Sánchez Rodríguez et al. (2002) aconsejan la fertilización en plantaciones de *Pinus radiata* ante la carencia de P y Mg mientras que en las plantaciones de *E. globulus* y *E. nitens* el modelo de fertilización que se extendió desde los años 90 es el NPK 8-24-16 (en forma de liberación rápida).

#### 4.7. Aplicación de productos fitosanitarios

Los insecticidas más utilizados hasta la década de 1970 pertenecían al grupo de los organoclorados, entre los que el DDT (dicloro difenil tricloroetano), el HCH (hexaclorociclohexano) y el lindano. Se aplicaban por aspersión mediante dispositivos terrestres o aéreos. La primera pulverización aérea en España se realizó en 1950 (Albadalejo et al. 2016). El tratamiento aéreo fue lo más frecuente con fines forestales, aplicándose los tratamientos terrestres en el contexto de zonas periurbanas o urbanas. Las formulaciones y las dosis utilizadas con estos insecticidas fueron del 10% en el caso del DDT y el HCH, con dosis medias de 20 kg ha<sup>-1</sup>. En el caso del lindano, la concentración fue del 1%. La superficie media tratada anualmente al final de esta etapa variaba entre 300 y 400 mil hectáreas año. Al final de esta etapa se empezaron a aplicar algunos tratamientos de control biológico mediante la potenciación de las poblaciones de depredadores naturales de determinadas plagas como, por ejemplo, aves insectívoras (*Parus spp.*), hormigas rojas (*Formica rufa*, *F. lugubris*, *F. aquilonia*, etc.) o murciélagos (*Myotis spp.*, *Rhinolophus spp.*, *Pipistrellus spp.*).

En el período 1970 - 1990 se siguió utilizando insecticidas organoclorados, con la excepción del DDT, que se prohibió en 1977. Además de estos insecticidas, también se utilizaban compuestos organofosforados, como el Malathion, y también se empezó a utilizar insecticidas inhibidores del crecimiento. Entre estos insecticidas, cabe destacar la utilización del diflubenzurón, cuyo uso se generalizó como tratamiento contra los defoliadores. La novedad en esta etapa radica en la aparición de equipos que permiten aplicar tratamientos de ultra bajo volumen (ULV). Para poder utilizar estos equipos, las formulaciones eran líquidas. Esta fue la técnica más utilizada durante esta etapa en los tratamientos aéreos, con dosis que podían variar de 5 a 10 l ha<sup>-1</sup>. A finales de los 70 se realizan los ensayos sobre la procesionaria del pino y se empieza a utilizar a gran escala (Robredo 1980), posteriormente se utilizará para otras plagas defoliadoras como *Lymantria dispar*. Al final de esta etapa se empiezan a utilizar insecticidas microbiológicos a base de *Bacillus thuringiensis*, especialmente en el tratamiento de *Thaumtopoea pityocampa*.

El fungicida más utilizado en los tratamientos preventivos durante este periodo fue la mezcla de Bordeaux, una mezcla de sulfato de cobre y cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>), aplicada en concentraciones del 1 o 2% en pulverizaciones. Para los tratamientos de semillas, se utilizaba a menudo oxiclورو de cobre u óxido cuproso. Para los hongos que afectaban troncos se utilizaba el pentaclorofenato de

sodio y el lindano. El pentaclorofenato de sodio también se utilizaba para el tratamiento de la madera aserrada. Para la protección de los alcornoques contra el riesgo del hongo *Botryosphaeria corticola*, causante de la enfermedad del chancro (*Diplodia corticola*) en esta época se utiliza el benomilo.

El último periodo estuvo condicionado por la entrada de España en la Comunidad Económica Europea en 1986, lo que exigió la adaptación de toda la legislación sobre el uso de productos fitosanitarios en la agricultura a la normativa europea. La aprobación de las materias activas es responsabilidad de la Comisión Europea. España creó el Registro Nacional de Productos Fitosanitarios en el que se recogen todos los productos autorizados para su uso.

Entre los insecticidas, los más utilizados son los que emplean el *Bacillus thuringiensis* como principio activo contra *Thaumetopoea pityocampa*, y la azadiractina, la alfacipermetrina, la cipermetrina, la deltametrina, el diflubenzurón o el etofenprox. También se ha utilizado el cobre (sulfato cuprocálcico) o el fosetil-al como tratamientos fungicidas. En 2003 la UE retiró el benomilo como producto autorregulador para el tratamiento del chancro del corcho. El producto que da mejores resultados en la prevención de la aparición del hongo es el tiofanato de metilo al 50%[SC]P/V, que se utiliza hasta ahora de forma excepcional, ya que no es un producto expresamente autorizado para uso forestal. Actualmente, se están probando tratamientos con *Bacillus thuringiensis* como alternativa al tiofanato de metilo.

Los herbicidas son poco utilizados en la gestión forestal en España debido a su baja relación coste-beneficio, siendo el glifosato el herbicida más utilizado. El uso de herbicidas se restringe a las plantaciones compuestas por especies de crecimiento rápido como *Eucalyptus sp.*, *Populus sp.*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus radiata*. En el caso de las choperas está recobrando importancia el destocoado químico.

#### 4.8. Protección de la naturaleza

Los primeros antecedentes de la protección de la Naturaleza en España cabe situarlos en el comienzo de los trabajos de restauración forestal en el último cuarto del siglo XIX, la aprobación del Catálogo de Montes de Utilidad Pública en 1901, la ley de Parques Nacionales de 1916 y las declaraciones de los parques nacionales de la Montaña de Covadonga y del Valle de Ordesa en 1918.

La aprobación de la ley de Montes de 1957 supuso un cambio sustancial en la forma de abordar la protección del medio ambiente en la legislación, en la medida en que los temas y criterios ecológicos empezaron a cobrar importancia, frente a los basados en razones históricas o criterios de mera belleza paisajística. Al final de este periodo (1969) se declara oficialmente el Parque Nacional de Doñana.

Entre las décadas de 1970 y 1990, la creciente concienciación sobre la importancia de la protección de la naturaleza se tradujo en un aumento de la superficie forestal con estatus de protección. En 1975 se aprobó la Ley de Espacios Naturales Protegidos, que amplió los tipos de áreas protegidas más allá de la categoría de los Parques Nacionales. Como resultado, se reclasificaron y ampliaron varios Parques Nacionales que representaban diferentes ecosistemas forestales, especialmente los Parques Nacionales de Doñana y Ordesa y Monte Perdido. A principios de la década de 1980, los bosques de laurisilva de la isla de La Gomera también se protegieron mediante la declaración del Parque Nacional de Garajonay. Este periodo finaliza con la aprobación en 1989 de la ley de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres que derogó la ley de 1975.

Desde la década de 1990, la protección de la naturaleza ha asumido un papel predominante en la forma de planificar y llevar a cabo la gestión forestal. La integración de la protección de la naturaleza se ha llevado a cabo a través de diferentes instrumentos como, por ejemplo, la expansión de la red de áreas protegidas, principalmente a través de la implementación de la red Natura 2000 y el desarrollo de sistemas de certificación forestal. La superficie forestal bajo figuras de protección en España actualmente asciende a 11,2 millones de hectáreas (es decir, algo más del

40% de la superficie forestal total de España), y la superficie certificada alcanza casi los 2.600.000 ha, el 89% por el sistema PEFC y el 11% restante por el FSC.

#### 4.9. Régimen de cortas

Los regímenes de cortas no han cambiado mucho en España desde los años 40 hasta ahora. La principal diferencia es que el aprovechamiento de la madera fue más intenso entre 1940 y 1970, debido a la autarquía de la dictadura de Franco. Por ejemplo, los rodales de *Quercus* todavía se gestionaban de forma intensiva para la producción de carbón vegetal durante este periodo.

A partir de la década de 1970 se inició el progresivo abandono de las prácticas de gestión forestal en muchos bosques naturales, principalmente los de clima mediterráneo.

La tendencia de las prácticas de gestión forestal de los bosques naturales en España durante las últimas décadas (desde los años 90 hasta la actualidad), principalmente en aquellas zonas bajo la influencia mediterránea, apunta claramente hacia un abandono gradual de la gestión forestal, debido a la baja rentabilidad económica de la gestión. La aparición del aprovechamiento de árboles enteros para biomasa ha permitido que algunos de estos bosques vuelvan a ser gestionados. A modo de ejemplo, la intensidad de aprovechamiento forestal actual en el noreste de España (es decir, la relación entre el volumen de madera aprovechada y el crecimiento anual del bosque) es de aproximadamente el 25%, mientras que la media a escala europea se sitúa en torno al 60%. Aunque la superficie con planes de gestión forestal ha aumentado progresivamente a lo largo del tiempo (Figura 3), todavía representa una pequeña proporción (aproximadamente el 20%) de la superficie forestal total de España.

Por supuesto, hay muchas diferencias entre las regiones climáticas de España. En el norte de España, donde tiene lugar la mayor parte de la plantación forestal intensiva basada en especies de crecimiento rápido, las masas plantadas suelen gestionarse de forma intensiva para la producción de madera o biomasa utilizando rotaciones cortas. En los pinares naturales autóctonos del centro de España, donde la rentabilidad económica todavía es aceptable, las masas suelen gestionarse como montes regulares. Sin embargo, en otras zonas (por ejemplo, el noreste de España), los pinares se han gestionado típicamente (y se siguen gestionando) en forma de masas irregulares.

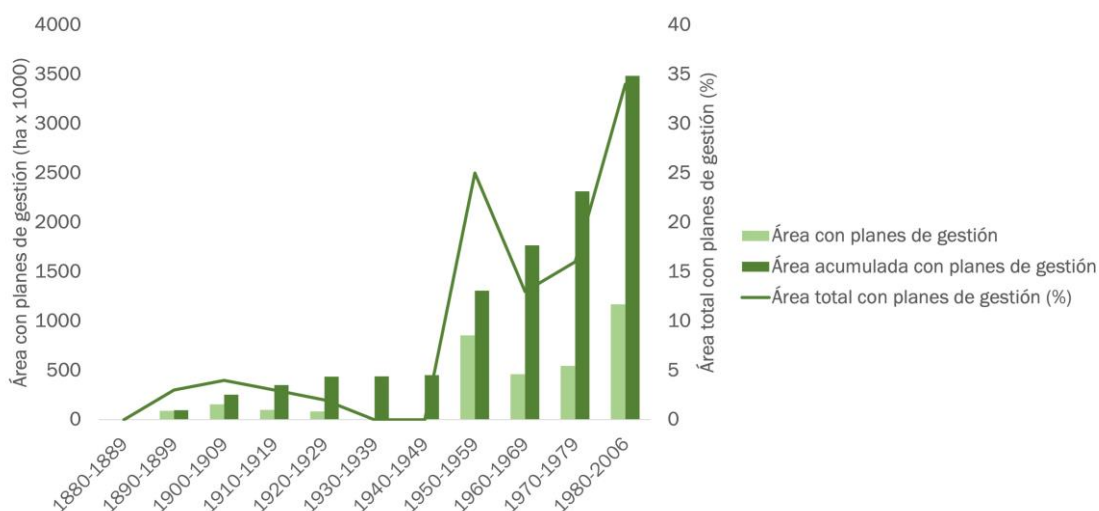


Figura 3. Evolución de la superficie planificada.

#### 4.10. Turno

Las prácticas de gestión forestal en este sentido no cambiaron significativamente entre 1940 y la década de 1990. En el caso de las especies de *Quercus*, gestionadas tradicionalmente/con frecuencia como rodales de monte bajo, la longevidad de los tocones puede oscilar entre 200 - 300 años (*Q. faginea*) y unos 700-800 años (*Q. ilex*), lo que significa que la edad de corta en los rodales de monte bajo es bastante baja en comparación con su potencial. El turno usual para *Quercus ilex* puede oscilar entre los 15-20 años en estaciones productivas y los 25-30 años en estaciones de calidad media. Se pueden describir patrones similares, para los rodales de castaño (*Castanea sativa*).

En el caso de los pinos autóctonos, como *Pinus nigra* y *P. sylvestris*, la relación entre el turno y la longevidad de la especie puede oscilar entre 80 y 120 años, o incluso un poco menos en el caso de estaciones de calidad alta, mientras que el turno físico de las especies de pino oscila entre 150 y 600 años, dependiendo de la especie y las condiciones de crecimiento.

Las plantaciones de especies de crecimiento rápido se caracterizan por tener un turno corto, lo que implica que la relación entre el turno y la longevidad tiende a ser bastante baja. Por ejemplo, los chopos se han cortado tradicionalmente a la edad de 12-18 años, los eucaliptos entre los 10 y 15 años y el pino radiata entre 30 y 50 años.

Desde la década de 1990, probablemente, la principal novedad es el desarrollo más o menos reciente de la silvicultura de turno corto en plantaciones destinadas a bioenergía. En el marco de estos sistemas, constituidos en su mayoría por especies de crecimiento rápido como los chopos y los eucaliptos, la rotación que se suele aplicar puede oscilar entre 2 y 10 años. En las masas naturales es habitual respetar 5 - 10 árboles por hectárea a turno físico para la biodiversidad, y dejar la madera muerta para los ciclos biológicos naturales.

#### 4.11. Cortas de madera

El aprovechamiento maderero en el periodo comprendido entre 1940 y 1970 seguía el sistema de fuste entero o de madera corta, en función de las dimensiones requeridas por la industria para los diferentes usos. No se utilizaba el sistema de aprovechamiento de árbol entero. Por lo general, los residuos que no se utilizaban después de la corta (ramas y copa) no se retiraban del bosque. En algunos casos, se apilaban y se quemaban después. Al principio de este periodo las ramas más gruesas, solían ser usados como leñas por los vecinos. En las plantaciones de *Eucalyptus* spp. y el *Populus* spp., los tocones se arrancaban y a menudo se quemaban tras la corta. El aprovechamiento de leñas era muy importante en este periodo, cuando todavía era una forma de energía. El volumen de cortas anuales osciló entre 2 millones al principio del periodo y 6 millones m<sup>3</sup> al final.

En los dos siguientes períodos el tipo de producto aprovechado no ha variado, como si ha hecho la forma de hacerlo a través de la mecanización de los trabajos. Los restos de las cortas en algunos casos son triturados o quemados como medida de prevención de incendios, de prevención de plagas o para aprovechamiento de pastos. Al final del segundo periodo el volumen anual de cortas alcanzó los 15 millones m<sup>3</sup> y en la actualidad está en torno de 20 millones m<sup>3</sup>. Las plantaciones productivas, que ocupan una extensión del 4% de la superficie forestal, representan el 80% del volumen de cortas.

La creciente demanda de biomasa forestal está provocando que el aprovechamiento de la madera en determinadas masas de coníferas se haga en base al sistema de árbol completo, astillando los árboles enteros directamente en el bosque. Este sistema de aprovechamiento también se está poniendo en práctica cuando se cortan zonas incendiadas en las que los productos no tienen interés comercial como madera. La cantidad de madera aprovechada durante el último periodo ha sido bastante estable en el tiempo, mientras que la leña ha experimentado más fluctuaciones (Fig. 4). En cuanto al consumo de leña, Infante, et al. (2014) han estudiado el peso en

España de las leñas procedentes de cultivos agrícolas, muy abundantes en determinadas zonas, estimando que podrían representar más de un tercio de la producción de leña del país.

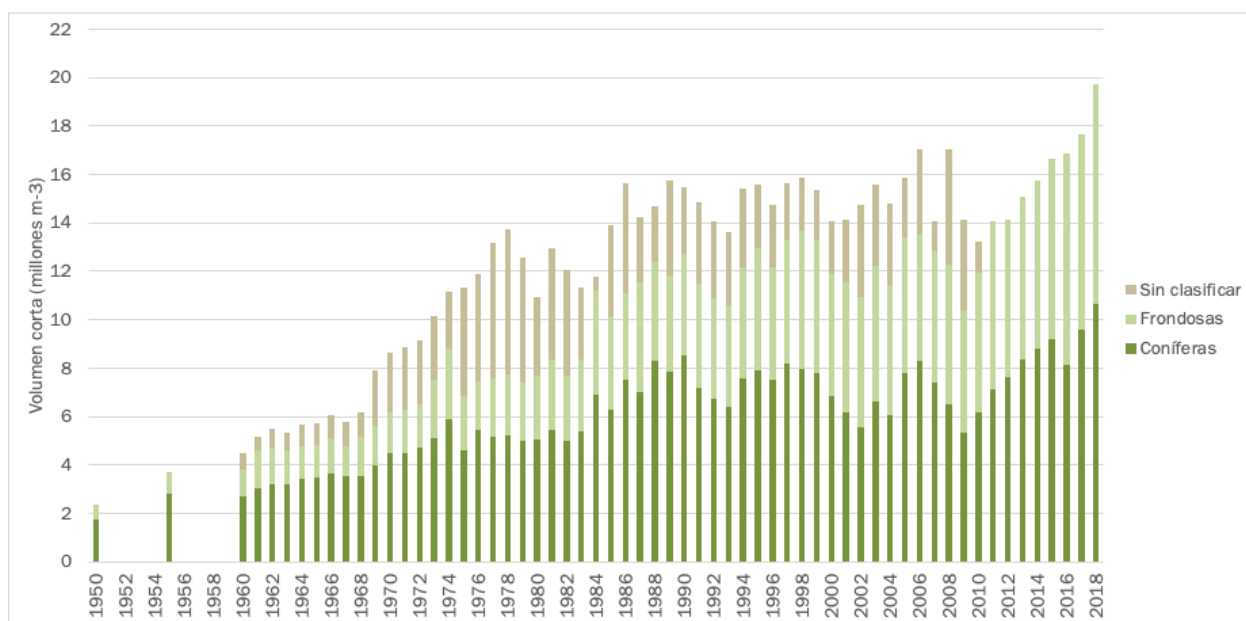


Figura 4. Volumen de cortas (millones de metros cúbicos) desde 1950 a la actualidad

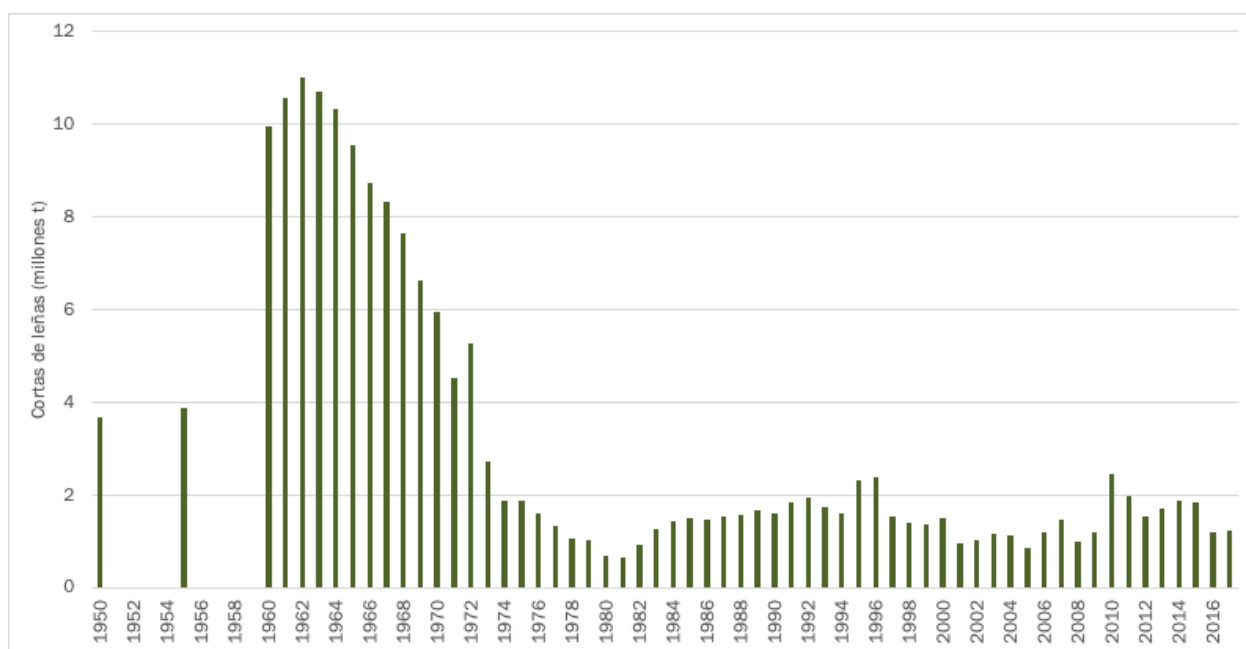


Figura 5. Cortas de leñas (millones de toneladas)

## 5. Conclusiones

La gestión forestal en España se ha caracterizado por un desarrollo histórico heterogéneo. Las especies forestales autóctonas, especialmente las frondosas, han ido ocupando progresivamente una mayor parte del territorio, debido a que en las repoblaciones forestales a gran escala se han

utilizado principalmente especies autóctonas y también a su capacidad de regeneración en terrenos agrícolas abandonados.

Otras decisiones de gestión no han cambiado sustancialmente a lo largo del tiempo. En algunos casos, esto se debe a la importancia marginal que tienen en la gestión forestal en España, como la fertilización o el uso de productos fitosanitarios. Otros indicadores como el tipo de regeneración, el régimen de corta y los turnos no han sido necesario cambiarlos para mejorar la gestión. La gestión forestal española ha dado preferencia a la regeneración natural, y a turnos largos para las especies autóctonas. Es una gestión que respeta los ciclos naturales y ha permitido preservar un alto grado de biodiversidad.

Algunas de las decisiones de gestión están estrechamente relacionadas entre sí y es difícil disociar su desarrollo. Es el caso de la preparación del terreno, utilizado principalmente para la reforestación. La evolución de la maquinaria, la mejora del viverismo y el mayor peso de la integración de la protección de la naturaleza han permitido una evolución hacia prácticas con menor impacto ambiental.

Aunque la silvicultura española se caracteriza, en general, por una baja rentabilidad económica en la producción de madera, la gestión de los bosques es crucial para mantener su biodiversidad y otros servicios ecosistémicos. Este estudio ayuda a entender qué decisiones deben tener más importancia en la gestión y cuáles deben variar en función de los objetivos de la política forestal del país. En el caso de España, los retos más relevantes para la práctica forestal futura son los que favorecen una mayor adaptación al cambio global. Las decisiones actuales sobre la composición de especies pueden necesitar una revisión para considerar también especies o procedencias no autóctonas que puedan adaptarse mejor a las condiciones climáticas futuras. En la misma línea, la mejora genética forestal debe centrarse no sólo en las especies más productivas, sino también en aquellas que sean capaces de adaptarse a las condiciones de aridez creciente en las zonas mediterráneas. La mecanización debe adaptarse a las condiciones de la silvicultura y la topografía mediterráneas, ya sea adaptando las máquinas existentes o desarrollando nuevas máquinas. Si la política forestal del país apuesta por aumentar la gestión forestal, las extracciones de madera aumentarán, pero siempre considerando otras decisiones (por ejemplo, régimen de cortas, integración de la protección de la naturaleza) que integren no sólo la obtención de madera, sino también la conservación de la biodiversidad y la prestación de múltiples servicios ecosistémicos. Es necesario seguir investigando sobre el desarrollo de las prácticas de gestión forestal en otras regiones europeas para comprender las diferencias y similitudes, facilitando una posible comparación y armonización de los resultados que permita extraer lecciones para apoyar mejor la toma de decisiones en materia de política forestal.

## 6. Agradecimientos

Pieter Johannes Verkerk ha contribuido a este estudio como parte del proyecto Gen Tree. Agradecemos también la información recibida por parte de numerosos expertos forestales procedentes de toda la geografía española sobre determinados indicadores y prácticas en el ámbito de la gestión forestal que no aparecen suficientemente descritos en documentación técnica y científica existente hasta la fecha.

## 7. Bibliografía

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Pemán García, J., & Arnó i Pujol, J. (1998). Novedades en mecanización de repoblaciones forestales. Vida rural, 1998, núm. 76, p. 55-58.

Robredo, F. (1980). Tratamientos masivos con diflubenzuron contra la procesionaria del pino en España. Bol. Serv. Plagas, 6(2), 141-155.

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 selvicultura y la ecofisiología. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, 2005, vol. 14, núm. 3, p. 462-481.

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.

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.