



Los cultivos de Pinos en España. Interés económico e impacto ambiental.



Julio Illanes Jacinto



Universidad de Sevilla

Facultad de Farmacia

GRADO EN FARMACIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Trabajo de revisión bibliográfica

Los cultivos de Pinos en España. Interés económico e impacto ambiental

Julio Illanes Jacinto

Tutor: Pablo José García Murillo

Departamento de Biología Vegetal y Ecología

Publicación: Junio de 2022

RESUMEN

El género *Pinus* es un extenso género de coníferas que se distribuye de manera natural, fundamentalmente, por el hemisferio norte. Además del relevante papel que desempeñan en muchos ecosistemas naturales de una parte considerable del mundo, las plantaciones de algunas especies de *Pinus* se extienden por todos los continentes (excepto la Antártida), a causa del interés económico de los productos que se obtienen de ellas, y provocan un impacto significativo sobre los hábitats naturales.

En este trabajo se consideran estos dos últimos aspectos, poniendo un énfasis especial en el territorio español, ya que las especies de este género están presentes prácticamente por toda la geografía española. En este territorio se encuentran varias especies, cada con una distribución diferente, que son utilizadas en cultivos para la obtención de madera, resina, piñones, biomasa y metabolitos secundarios, siendo cada uno de estos productos, significativamente importantes para la economía española, pero también con un considerable impacto en el medio natural.

Palabras clave: *pinus*, pinos, industria forestal, impacto ecológico, pinar, incendios forestales.

ABSTRACT

The genus *Pinus* is a large coniferous genus naturally distributed mainly in the northern hemisphere. In addition to the relevant role it plays in many natural ecosystems, throughout a considerable part of the world, plantations of some *Pinus* species are spread throughout all continents (except Antarctica), due to the economic interest of the products obtained from them, and cause a significant impact on natural habitats.

This paper considers these last two aspects, placing focusing especially on the Spanish territory, since the species of this genus are present practically throughout Spain. Several species are found in this territory, each one with a different distribution, which are used in crops to obtain wood, resin, pine nuts, biomass and secondary metabolites, each of these products result significantly important for the Spanish economy, but also have a considerable impact on the natural environment.

Key words: *pinus*, pine tree, forest industry, ecological impact, pine forest, wildfires.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
3. METODOLOGÍA	4
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4.1. Género Pinus	5
4.1.1. Distribución.....	5
4.1.2. Sistemática	7
4.1.3. Descripción.....	7
4.1.4. Caracteres diagnósticos	8
4.1.5. Algunos aspectos de su biología	8
4.2. Interés económico de las especies del género pinus.....	12
4.2.1. Madera.....	12
4.2.2. Resina	13
4.2.3. Piñones	14
4.2.4. Biomasa.....	15
4.2.5. Metabolitos secundarios	16
4.3. Peculiaridades de los cultivos de pinos	17
4.4. Impacto de los cultivos sobre los ecosistemas naturales	17
4.4.1. Tareas asociadas al cultivo	17
4.4.2. Riesgo de incendios.....	18
4.5. Ventajas adaptativas de los pinos.....	18
4.5.1. Acículas.....	18
4.6. ¿Se pueden considerar bosques los cultivos de pinos?.....	19
4.7. Especies de pinos cultivadas en España.....	20
4.7.1. Especies exóticas y especies nativas	20
4.7.2. Distribución.....	20
4.7.3. Especies más rentables	22
4.7.4. Impacto ecológico de estas especies	23
4.7. ¿Es posible minimizar el impacto ecológico de estos cultivos?.....	25
5. CONCLUSIONES	27
6. BIBLIOGRAFÍA.....	29

1.INTRODUCCIÓN

Entre las coníferas que se encuentran en territorio español, *Pinus L.*, resulta ser el género más importante, por número de especies, superficie que ocupa, biomasa que produce y papel en los ecosistemas naturales.

Se trata de un género fácilmente reconocible por su porte arbóreo, hojas aciculadas, agrupadas en pares (generalmente) y estróbilos característicos.

En España este género está representado por 7 especies, 6 autóctonas (Amaral Franco, 1986): *P. halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. sylvestris* y *P. uncinata*, a las que hay que añadir *P. radiata*, una especie americana introducida para su aprovechamiento maderero.

Las especies de este género, los pinos, se encuentran distribuidos de forma nativa en el Hemisferio Norte, con la excepción de una especie que se encuentra en el Hemisferio Sur, *Pinus merkusii* (el pino de Sumatra). Sin embargo, si dejamos a un lado la distribución únicamente nativa, los pinos se encuentran distribuidos prácticamente por todo el globo, debido a su gran interés económico. Se reconocen más de 110 especies en este género.

La relevancia de este género radica en dos aspectos: el económico y el ecológico. En relación con el interés económico, los pinos siempre han jugado un papel clave en la economía forestal de aquellos países en los que se encuentran de manera nativa, y a su vez en aquellos en los que se han introducido artificialmente mediante grandes cultivos. De los pinos, al existir una gran variedad de especies, se pueden conseguir diversos productos, entre ellos, los más importantes son: la madera, la resina, los piñones, la biomasa y los metabolitos secundarios. Respecto a su papel ecológico, también pueden distinguirse dos situaciones: por un lado, están las formaciones naturales donde dominan los pinos, como ocurre en las zonas montañosas, un papel más desdibujado en las zonas bajas y litorales, y por otro, el impacto significativo sobre los ecosistemas naturales donde se desarrollan las plantaciones forestales de pinos. En España, se puede apreciar ambas situaciones, ya que existen comunidades vegetales naturales organizadas en torno a especies de pinos y también el gran impacto que producen la gran cantidad de cultivos de pinos que podemos encontrar en prácticamente toda la geografía española. Este impacto se debe a las actividades asociadas al cultivo, a la deposición de las acículas sobre el suelo acículas y a que las masas forestales de pinos incrementan el riesgo de incendios.

En este Trabajo de Fin de Grado se pretende determinar la importancia económica de estos pinos, resaltando aquellas especies más rentables en España, tanto nativas como exóticas, teniendo en cuenta su distribución y peculiaridades, así como las principales especies productoras de cada producto mencionado anteriormente.

Del mismo modo, se pretende también precisar el impacto que tienen los cultivos de pinos españoles sobre los ecosistemas naturales en dicho territorio.

Vinculado a este último asunto se encuentra el debate sobre lo que se considera un bosque. ¿Un bosque es una masa de árboles que crece en un lugar? ¿O es algo más? Este trabajo también pretende contribuir a esclarecer este debate.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es: Conocer el interés económico y el impacto ambiental que producen los pinos en España.

El objetivo principal se pretende conseguir mediante los siguientes objetivos particulares:

- Delimitar taxonómicamente el género *Pinus*, conocer sus rasgos corológicos y sus principales características biológicas.
- Estudio del interés económico de algunas especies de *Pinus*.
- Análisis de las causas del impacto ecológico de los pinos sobre los ecosistemas naturales.
- Análisis de las especies de pinos cultivadas en España en relación con su interés económico y el impacto que producen.
- Formas de minimizar el impacto de estas especies.

3. METODOLOGÍA

Este es un trabajo de revisión bibliográfica en el que se ha utilizado diferentes fuentes como son libros, artículos, páginas web y bases de datos.

El proceso de selección de libros y artículos se ha realizado mediante una búsqueda en bases de datos disponibles como han sido Google Académico, Researchgate, Scopus, Dialnet y el catálogo FAMA. Para ello se hizo una búsqueda primaria en la que se filtraron los resultados en base a las palabras: “Pinus”. “pinos”, “pinares”, “pine forest” o “pine wood”. Una vez seleccionados dichos libros y artículos, elegimos aquellos en los que se tenía acceso al texto completo en la mayoría de los casos, para así obtener la mayor información posible.

Posteriormente se realizaron nuevas búsquedas las que se han añadido palabras a las palabras: Pinus, pino o pine, otras como: “distribución”, “distribution”, “range”, “native distribution”, “native range”, “origen”, “uso”, “use”, “industria maderera”, “wood industry”, “resinas”, “resin industry”, “piñones”, “pinions”, “pine nut”, “farmacología”, “pharmacology”, “metabolitos secundarios”, “secondary metabolites”, “conservación”, “conservation”, “impactos”, “impacts”, “fuegos”, “incendios” o “wildfires”, entre otras.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: se han seleccionado libros y artículos tanto antiguos como más recientes por el interés de un uso de la información completa. Se ha dado

prioridad a los libros y artículos que estuvieran completos y verificados, para así evitar información incompleta o falsa.

Para completar y obtener datos más específicos, como han sido la búsqueda de sinónimos, posiciones sistemáticas y taxonomía, se ha consultado bases de datos más especializadas. Estas bases de datos han sido: International Plant Names Index (IPNI) o Gymnosperm DataBase, Plant List, Euro+Med Plantbase, Index Nominum Genericorum (ING) y World Checklist of Selected Plant Families (WCSP).

A través del buscador de Google se ha obtenido acceso a diferentes páginas web en las que se consiguió información más general sobre el tema a tratar, además de algunas de las imágenes que ilustran este trabajo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Género *Pinus* L.

El nombre válido del género *Pinus*, según el código de nomenclatura botánico, se basa en *Pinus sylvestris*, publicado en el segundo volumen de la obra de Linneo Species Plantarum (1753) (Index Nominum Genericorum, 2022).

Se trata de un género de plantas vasculares que pertenecen al reino *Plantae*, división Tracheophyta, clase Pinopsida, orden Pinales y por último a la familia Pinaceae. Es por ello que se le considera una conífera, a su vez que gimnosperma (Catalogue Of Life, 2022). Dentro de este género se reconocen en torno a 113-133 especies distintas (Catalogue Of Life, 2022; WFO, 2022). Son plantas vasculares que pertenecen al grupo de las coníferas y que reciben el nombre común, en castellano, de pinos (Wikipedia). Si tenemos en cuenta sinónimos y nombres inválidos, además de los nombres reconocidos, este género es capaz de alcanzar más de 700 de especies reconocidas (WFO, 2022).

4.1.1. Distribución

El género *Pinus* L. tiene la distribución más amplia de todos los géneros de la familia *Pinaceae* (Farjon y Filer, 2013), ver Fig. 1. Las especies del género *Pinus*, los pinos, son nativos del Hemisferio Norte, sólo una especie se distribuye de forma natural al sur del Ecuador, en la isla de Sumatra (*Pinus merkusii*, el pino de Sumatra) (Farjon y Filer, 2013).

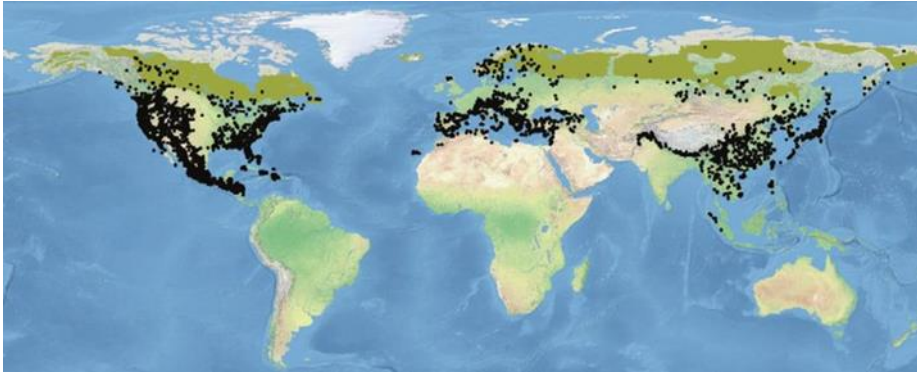


Figura 1. Mapa de distribución del género *Pinus* L.. (Farjon y Filer, 2013).

Muchas especies de este género se cultivan con fines forestales, económicos u ornamentales, por lo que a menudo resulta difícil establecer su área originaria o su identidad (Amaral Franco, 1986). En la zona norte del Bosque Boreal, el género *Pinus* está menos extendido que otros géneros, como *Larix* o *Picea*, mientras que en las localidades más occidentales de América del Norte se encuentran en la costa de Alaska. En Norteamérica se ubican desde los 66°N en Canadá (*Pinus banksiana*) hasta los 12°N por el sur en Nicaragua (*Pinus caribaea*). Las montañas subtropicales y tropicales de México albergan la mayor diversidad de especies de este género, con cerca de 47. El oeste de Estados Unidos (California) es el segundo lugar del planeta con más diversidad de pinos (Ecured, 2013)

En Estados Unidos los pinos del oeste están separados de los pinos del este por una amplia zona de llanuras que se extiende desde el Golfo de México en Texas hasta el sureste de Alberta en Canadá (Farjon y Filer, 2013).

El número de especies en América del Norte y América Central es mucho mayor que en Eurasia. En Eurasia se encuentran desde las Islas Canarias y Escocia, por el oeste, hasta el lejano oriente ruso, por el este, y, desde los 70° N en Noruega y Siberia Oriental (pino escocés y pino enano siberiano respectivamente), hasta las Filipinas, por el sur hasta los (Farjon y Filer, 2013).

En Europa, al sur de Escandinavia y Escocia (zona boreal) el género *Pinus* es abundante, al igual que en el sur de Europa, en el mediterráneo, y en partes del centro de Europa. Hacia el este el género *Pinus* se extiende hasta el Mar Caspio, pero desde allí hasta el este de Afganistán hay una gran brecha (Farjon y Filer, 2013).

En la zona de Asia podemos encontrar más de 20 especies diferentes de *Pinus* (Richardson, 1998) (Kremenetski et al., 1998). En la zona de Siberia y Mongolia es frecuente encontrar la especie *Pinus sylvestris*, y además, sabemos por la presencia continua de polen de *Pinus pumila* y *sibirica* que estas también están presentes. Si nos fijamos en la zona de China se pueden encontrar hasta 22 especies distintas, 12 de la sección *Strobos* y 10 de la sección *Pinus* sobre todo distribuidas en las zonas forestales del sureste (Kremenetski et al., 1998; Richardson, 1998). Por último, en la zona de Japón también podemos encontrar diversas especies; *Pinus pumila*, *koraiensis*, *parviflora*, *densiflora* y *thunbergii* (Kremenetski et al., 1998; Richardson, 1998) ().

En el norte de África existen pinos en las zonas montañosas, así como en el Himalaya y en el sureste asiático. Se han introducido pinos en áreas templadas y subtropicales del Hemisferio Sur, incluyendo Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, Uruguay, Paraguay, Nueva Zelanda y Australia, donde crecen extensamente como recurso maderero, para obtención de resina y otros materiales. Incluso algunas especies se han convertido en invasoras (Ecured, 2013; Zayas Maldonado, 2021).

4.1.2. Sistemática

Basándose en la anatomía de la madera y la identificación de metabolitos activos, y posteriormente, basándose en diversas investigaciones filogenéticas moleculares, se clasificó este género en dos linajes o subgéneros monofiléticos bien definidos: *Pinus* y *Strobilus* [(como señalan López et al., 2019 a partir de la clasificación realizada por Germandt et al. (2005)]. Las especies del subgénero *Pinus* (*dyploxylon*: pinos duros) presentan 2 haces fibrovasculares en sus acículas, umbo dorsal y alas seminales articuladas; mientras que las del subgénero *Strobilus* (*haploxylon*: pinos blandos), tienen 1 haz fibrovascular en las acículas, umbo terminal y alas seminales adnatas (López et al., 2019).

4.1.3. Descripción

Árboles o arbustos monoicos (rara vez semidioicos), siempre verdes; copa generalmente cónica cuando jóvenes, a menudo redondeada o plana con la edad. Corteza de tallos más viejos surcadas y chapadas de diversas formas, placas y/o crestas en capas o escamosas. Ramas generalmente en pseudovérticilos; brotes dimórficos con brotes largos y brotes cortos; brotes cortos que nacen en espirales cerradas de las axilas de las brácteas escamosas y que llevan fascículos de hojas (acículas). Las ramitas son robustas y terminan en una yema compuesta con muchas escamas. Brotes de ovoides a cilíndricos, ápice puntiagudo (romo), generalmente resinosos. Hojas dimórficas, las juveniles dispuestas en espiral; las adultas (acículas) dispuestas en braquiblastos de (1) 2-5 (6) por fascículo, que persisten de 2 a 12 años o más, cilíndricas o \pm 2-3 anguladas y redondeadas en la superficie abaxial, sésiles, canales de resina en su mayoría 2 o más (rara vez 0-1; máx. c. 20); cubiertas en la base por 12-15 escamas superpuestas, estas (al menos las basales más firmes) que persisten durante la vida del fascículo o se caen después de la primera temporada. Estróbilos (conos) estaminados numerosos y pequeños, en un grupo denso en forma de espiga alrededor de la base del crecimiento del año actual, en su mayoría ovoides a cilíndricos-cónicos, de color canela a amarillo, rojo, azul o lavanda; conos femeninos solitarios o en pequeños grupos, madurando en 1.5-2(-3) años, colgantes a \pm erectos, en la madurez cónicos o cilíndricos, sésiles o pedunculados, liberando semillas poco después de la madurez o diversamente serotinosos (no se abren en madurez pero mucho más tarde, generalmente en respuesta al fuego). Escamas numerosas, persistentes, leñosas o flexibles, la superficie de la porción apical expuesta de cada escama (apófisis) engrosada, con umbo (superficie expuesta de la escama del cono joven) representada por una cicatriz (a veces apiculada) o extendida en un gancho, espolón, garra, o

picazón; brácteas incluidas. Dos semillas en la base de la escala del cono, aladas, en algunas el ala vestigial; cotiledones (3)6-14(24). $x=12$ (The Gymnosperm Database, 2022).

4.1.4. Caracteres diagnósticos

Hojas funcionales adultas, persistentes, aciculares, dispuestas de 2-5, en braquiblastos y estróbilos leñosos con escamas persistentes.

4.1.5. Algunos aspectos de su biología

4.1.5.1. Factores limitantes

Dentro de los factores limitantes para el crecimiento de una especie del género *Pinus*, dos de las más importantes son las condiciones climáticas, las del suelo así como la sequía y los incendios (Creus, Saz, 2004; Rubilar et al., 2009).

Los climas y condiciones donde podemos encontrar pinos son muy variados, habiendo entre ellos algunos que sean más o menos propensos a crecer en un lugar según los factores limitantes de cada uno (Richardson, Rundel, 1998). Pueden aguantar desde temperaturas muy bajas a otras muy altas, de ahí que podamos encontrarlos en los bosques boreales y también en la cuenca del mediterráneo u otros lugares con climas tropicales. Pueden crecer en suelos rocosos y arenosos, así como en los márgenes de los pantanos (Richardson, 1998).

Pueden llegar a crecer tanto en suelos que sean normalmente muy secos, así como en otros más encharcados, en climas en los que haya más lluvias estacionales. A su vez, suelen crecer mejor en lugares soleados, también dependiendo de la especie de la que estemos hablando (Richardson, 1998). Todas estas pequeñas variaciones influyen en la distribución que ocurre entre las diferentes especies, ya que habrá pinos en ambientes más fríos y otros en ambientes más calurosos, y hace que los primeros tengan una temperatura óptima para la fotosíntesis mucho más baja que los segundos. Al igual, especies en zonas semiáridas serán mucho más sensibles a posibles cambios de lluvia que aquellos en zonas tropicales (Richardson, 1998).

Además del clima, otro de los factores limitantes son los incendios, siendo considerados sistemas propensos al fuego. A su vez contribuyen de forma notable a la progresión, gracias a adaptaciones (Creus, Saz, 2004). Esto se debe a que algunas piñas son capaces de soportar altas temperaturas superando con éxito los efectos del fuego mientras éste suprime por un tiempo la vegetación que podía ocasionarles competencia para germinar (Creus, Saz, 2004).

4.1.5.2. Crecimiento

Este crecimiento será diferente según las condiciones de calor y humedad, provocando que varíe la germinación (Flores Martínez, 2013). Su crecimiento puede ser rápido y en pocos casos lento, siendo por lo tanto especies económicamente aprovechables (Agrotendencia, 2020).

Los pinos son espermatofitas y gimnospermas, por eso sabemos que su cuerpo posee dos partes, un vástago orientado hacia la luz, compuesto por tallo y hojas, y la raíz, lo que nos ayuda a conocer el tipo de crecimiento que poseen, siendo en este caso monopódico. Esto significa que el eje principal que es el tallo permanece indefinidamente mientras que los ejes laterales se desarrollan menos. El eje principal se desarrollará más intensamente que el segundo, y así sucesivamente. Estos procesos están relacionados con la dominancia apical, es decir el efecto inhibitorio que ejerce la yema apical sobre las laterales.

Si nos centramos en el crecimiento literal de los pinos, todo comienza con la germinación de la semilla, que dará lugar a un embrión el cual crecerá alimentándose del almidón que contiene la semilla, tras eso, desarrollará primero las raíces y un pequeño tallo y hojas, convirtiéndose así en una plántula (Skip, 2021). Con la plántula llegará la etapa de la madurez, que puede durar años y en la cual crecerá y generará más ramas y raíces hasta madurar por completo, pudiendo llegar a medir hasta 40 metros, cuando generará las semillas con las se podrá reproducir (Skip, 2021). Los pinos pueden llegar a vivir hasta más de 600 años, mientras que la media a su vez para que haya crecido completamente puede llegar entorno a los 20 años. Además, para poder recoger los primeros piñones de un pino, habría que esperar mínimo 25-30 años desde la siembra, estando el piñón maduro 3 años más tarde de la floración. Si nos atenemos a la producción de madera, la corta final se suele producir en turnos de 30 a 40 años, para asegurar diámetros de 35-40 cm, obteniendo cuatro trozas de madera aptas para el aserrado (Agrobyte, 2020).

4.1.5.3. Reproducción

4.1.5.3.1. Multiplicación Vegetativa

Este es un tipo de reproducción asexual utilizada por las plantas para su rápida proliferación, en la cual a partir de un fragmento vegetal de la planta madre, se regenera una planta entera (Barbat, 2006). La mayor parte de los trabajos de propagación vegetativa llevado a cabo con pinos han sido a través de esquejes o injertos, aunque se ha visto que la capacidad de enraizamiento de los esquejes disminuye con el aumento de la edad del árbol del que se obtiene, lo que limita la multiplicación de los más viejos (Mergen et al., 1964). Sin embargo, otra forma de reproducción asexual sería el enraizamiento de fascículos de agujas de pinos, ello proporciona un gran número de propágulos de la misma composición genética. Se observó su buen funcionamiento en varias especies de pinos como *Strobus*, *densiflora*, *elliottii*, *resinosa* y *echinata* (Mergen et al., 1964).

Este tipo de reproducción, que se realiza de manera artificial, se puede llevar a cabo gracias a que muchas de las células de los tejidos diferenciados de la planta conservan la totipotencialidad. Debido a esta característica una planta ya adulta puede volver a diferenciarse, retomando otra vez

la actividad meristemática, y multiplicarse dando origen a los órganos vegetativos. Si bien, la multiplicación vegetativa suele ser poco frecuente en las coníferas (Ferriol, 2021), esta suele utilizarse para especies de *Pinus* cuyas semillas sean escasas y costosas. El procedimiento de realización es moderadamente complicado; las semillas serán polinizadas en cruzamientos controlados y se convertirán en plantas donantes de brotes para la multiplicación vegetativa, permaneciendo en viveros (Imbrogno et al., 2013). Las plantas madres de los viveros brindarán brotes o estacas que luego de ser enraizadas y una vez hayan alcanzado el estándar de calidad necesario, podrán ser plantadas en el campo para integrar plantaciones operativas (Imbrogno et al., 2013).

Dentro de los tipos de reproducción asexual que pueden llevar a cabo los pinos también se encuentran: poliembrionía, agamospermia y apomixis (Ferriol, 2021). La poliembrionía más frecuente en *Pinus* es la simple o arquegonial, es decir se produce la multiplicación de más de un arquegonio (Carneros, 2009). Hay otro tipo de poliembrionía, la de partición, en este caso los embriones son resultado de la división de la capa apical de células de un pre-embrión en cuatro filas de células, de cada una de las cuales podrá formar un embrión. Al igual que anteriormente, en este caso uno de los embriones se desarrolla como dominante mientras los otros degeneran (Carneros, 2009).

La agamospermia y la apomixis son dos tipos de reproducción asexual con una gran diferencia, la primera de ellas se suele producir más en gimnospermas mientras que la segunda de ellas en angiospermas (De Escobar y Girón, 1982). Se encuentra dentro de la reproducción asexual porque produce semillas sin la intervención de gametos. Este tipo de reproducción al igual que la propagación vegetativa producirá individuos genéticamente idénticos a su progenitor, aunque en la agamospermia se permite una mayor dispersión gracias a la producción de semillas (De Escobar y Gir, 1982). La apomixis es al igual que la agamospermia un tipo de reproducción asexual que da lugar a individuos genéticamente iguales al progenitor, produciendo sus semillas sin que exista fecundación (Ecured, 2013). La principal diferencia, ya mencionada anteriormente, es que esta última es típica de las plantas apomicticas, que son principalmente angiospermas, por lo que no suele producirse en los pinos, que son especies gimnospermas (Ecured, 2013).

4.1.5.3.2. Reproducción sexual

Generalmente es la reproducción más frecuente en las diferentes especies de pinos. Se trata de especies vegetales monoicas, es decir, que en un mismo pino encontraremos estructuras reproductivas masculinas y femeninas, las cuales se denominan conos, y es donde se encuentran los esporófilos. Cabe destacar que suelen alcanzar la capacidad reproductiva entre los 10-25 años, manteniéndola durante toda su vida (Ferriol, 2021).

Los conos masculinos son simples, son pequeños y pueden ser localizados en solitario o agrupados en los extremos de las ramas. Cada uno de ellos posee esporófilos dispuestos de manera

helicoidal, y éstos a su vez constan de 2-15 esporangios, que son los encargados de producir el polen (Ferriol, 2021).

Los conos femeninos son estructuras compuestas, por lo que constarán de dos tipos de brácteas: una en posición helicoidal y otra decusada en el eje. La bráctea llamada seminífera será la que más tarde se convertirá en la semilla (Ferriol, 2021).

Los conos masculinos se localizarán en la parte inferior, y los femeninos en la superior, evitando así que los granos de polen lleguen a los conos femeninos, esta estrategia adoptada se debe a que las coníferas pueden sufrir depresión por consanguinidad, provocando abortos o retrasos en la germinación (Ferriol, 2021).

Lo más destacable de la reproducción de los pinos es que sucede mediante la polinización y gracias al viento, gracias a lo que no suele haber problemas como en otras especies de plantas en busca de polinizadores (Ferriol, 2021). Para que se lleve a cabo la reproducción sexual será necesario la participación de los dos conos, mediante la polinización y fecundación. La polinización se produce en primavera por lo que existirá una gran producción de polen por parte de los conos masculinos (Ferriol, 2021). El grano de polen llegará al primordio seminal, y el tubo polínico comenzará a crecer cuando aún no se habrá formado el gametofito femenino. Cuando este ya haya madurado, exudará una gota polinizante para mejorar la entrada de los granos de polen a uno de los arquegonios que éste posee. Desde la polinización hasta la fecundación, podrá pasar hasta un año (Ferriol, 2021).



Figura 2. Cono Masculino (Internet)



Figura 3. Cono Femenino (Internet)

4.1.5.3.3. Semillas

Debido a las peculiaridades reproductivas del género *Pinus*, este posee una tan alta tasa de producción de semillas (Ferriol, 2021).

Un año después de la polinización es cuando se producirá la fecundación y la posterior formación de la semilla, la cual madurará en otoño y saldrá del cono cuando las escamas de éste empiecen a separarse y encorvarse (Ecobotánico, 2017). Cabe destacar que el éxito de germinación en las semillas de pino es aproximadamente del 80%. El tiempo medio de germinación será distinto

según la especie, siendo mayor en especies como *Pinus pinaster* estando en torno a 3-4 semanas mientras en *Pinus nigra* y *sylvestris* será relativamente menor (Álvarez et al., 2018).

La semilla tendrá una testa dura, generada por la capa intermedia del tegumento del primordio seminal. Habitualmente, las semillas son aladas, para favorecer su propagación por el viento (Ferriol, 2021).

4.2. Interés económico de las especies del género pinus.

4.2.1. Madera

La madera de pino es la más utilizada, y eso se debe a las características que posee, ya que es fácil de trabajar, y porque la mayoría de las especies son de crecimiento rápido y de fácil cultivo. Muchas especies de pinos son utilizadas para producir madera, aunque hay algunas más importantes que otras. Algunas de las principales especies madereras serían *Pinus radiata*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. uncinata*, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *P. pinea* y *P. canariensis*, *Pinus taeda*, y otras especies englobadas en la llamada madera de mobila, en los que se engloba a *Pinus elliotti*, *Pinus mitis*, *Pinus echinata* o *Pinus taeda*. Algunas de ellas son mayormente utilizadas para obtener otros productos (Maderera, 2017) como en la industria del papel, mobiliario de interior debido a su carácter rústico y revestimientos (*P. radiata*), chapas decorativas, madera laminada encolada (*P. sylvestris*), industria musical, leña, esculturas (*P. uncinata*) embalaje, contrachapado, carpintería de interior o de armar. Todo esto se debe a la combinación de buenos índices de resistencia, flexión, contracción e impregnabilidad (Maderame, 2018).

Algunas de las grandes potencias madereras son EEUU y Canadá, predominando en más de dos tercios del volumen las coníferas. En el caso de Canadá el volumen maderero asociado a pinos llega al 39%, mayormente de la zona de Columbia Británica (Darr y Boulter, 1991). Si hablamos del caso de Europa, Suecia sería una de las mayores potencias, generando el 10% de la madera consumida anualmente en todo el mundo (Malagón, 2018), así como Finlandia, siendo la exportación de madera el 20% de sus ingresos en exportaciones (Ruicasa.com, 2021). En el caso de Sudamérica, las principales potencias sería Brasil y Chile gracias por ejemplo a que en Chile los bosques ocupan más del 20% del país (Aguirre, 2020). Por último, si hablamos de Asia podríamos decir que es China quién tiene un papel importante en la producción de madera, gracias a su pujante economía, su enorme mercado interior y su mano de obra barata (Lu, 2004). En España, la mayor parte de la producción de madera procede de Galicia, región al noroeste peninsular. En la producción maderera gallega, la más destacada es la de la especie *Pinus pinaster* seguido de *Pinus radiata* y de *Pinus sylvestris* (Riesco y Díaz, 2007). Normalmente, el destino de estas maderas suele ser la industria del aserrado y chapas planas, siempre y cuando sean las de mayor calidad, mientras que las de menor calidad y trozas delgadas se destinarán a las industrias de desintegración, es decir, para la fabricación de tableros de fibras, de partículas o pasta para

papel (Riesco y Díaz, 2007). Un ejemplo de la rentabilidad de *Pinus sylvestris* lo tenemos en la Sierra de Guadarrama, donde según un estudio la rentabilidad se fijó en 335€/ha (Vidal, 2012). Aunque la mayor parte de la producción de madera se deba a las anteriores especies, también se utiliza para obtener madera la especie *Pinus nigra*. Tras un estudio de caracterización de su madera, se vio que era más pesada, resistente y rígida si la comparamos con el pino silvestre especialmente, aunque a su vez su madera fue más rechazada por deformaciones que ésta última (Fernández-Golfín et al., 2001). Todo esto llevó a la conclusión que este tipo de madera sería normalmente apta para el trabajo estructural. (Fernández-Golfín et al., 2001). Por último, aunque no menos importante, *Pinus pinea* (Barbieri et al., 1978), si bien, el interés principal de esta especie es para la obtención de piñones. Es una madera de calidad ordinaria, es decir, material para uso común, carpintería en general o fabricación masiva de muebles; que se puede utilizar en industrias que no necesitarán grandes cantidades de metros cúbicos, como para muebles macizos, juguetes y productos ornamentales (Barbieri et al., 1978).

4.2.2. Resina

La resina es una mezcla compleja de terpenos, ácidos resínicos y componentes neutros, siendo normalmente un 60-75% de ácidos resínicos, 10-15% de trementina y agua y 5-10% de sustancias neutras (Ecured, 2019). La producción de resina es otro de los principales intereses económicos que tienen los pinos, la miera (una secreción que producen los vegetales cuando son excitados por métodos físicos o químicos) ofrece innumerables usos en diferentes industrias, y con muy diversas aplicaciones a lo largo de miles de años. Sus características como solubilidad y viscosidad hace que se utilicen como base para productos farmacéuticos, cosméticos y la fabricación de jabón (Tadesse et al., 2001).

Brasil es el mayor exportador de resina de pino del mundo, pudiendo colocar hasta el 70% de su producción del año en el mercado externo (Almada, 2021). España es la segunda mayor productora de Europa, siendo Castilla y León, en concreto en el triángulo entre Segovia, Ávila y Valladolid, la zona que genera prácticamente el 95% nacional, y a su vez España se considera la mayor productora de resina de Europa (Núñez-Torrón Stock, 2021). La actividad resinera en las zonas más productoras, supuso una fuente de ingresos mayor que la extracción de madera, aún siendo escasos los pinares españoles dedicados a esto (Riesco, 1994).

Pinus pinaster es el mayor productor de resina en España, siendo la que mejor se adapta a su aprovechamiento. Este aprovechamiento comenzó hacia 1845, pero no fue hasta 1892 cuando se le empezó a dar la importancia que requería, alcanzando su mayor producción en el año 1961 (Rodríguez et al., 2008). Es a partir de ese momento en el que empieza a disminuir, debido al aumento de los costes de recogida, escasez de mano de obra y competencia internacional (Rodríguez et al., 2008).

Tras *Pinus pinaster* otro productor de resina es el pino carrasco (*Pinus halepensis*). Su madera rica en resina hace que sea utilizado en momentos de mucha demanda, empleándose después esta resina sobre todo para obtener trementina (Ferriol, 2021).

La producción de resina es considerada como el segundo producto forestal no maderable. Un ejemplo de ello lo tenemos en México, en el estado de Michoacán. En este se produjeron la totalidad de 18.388 toneladas, con un valor de producción de 189.3 millones de pesos, llegando al 42% del valor nacional de los productos no maderables (Ojeda Ledesma, 2012).

4.2.3. Piñones

El mayor productor de piñones es el pino piñonero (*Pinus pinea*), un árbol de origen mediterráneo, nativo en la Península Ibérica y que produce el piñón más importante y valorado por el mercado y el mundo gastronómico de entre todos los piñones de pino, y que es comercializado como fruto seco o condimento (Loewe y González, 2012). También es considerado un pino piñonero el *Pinus cembroides*, encontrándose al sur de América, en la zona fría árida de México (Granados et al., 2015).

Los piñones poseen propiedades nutricionales y medicinales importantes (Pérez, 2018). Destaca en ellos la presencia de ácidos grasos esenciales, como el omega 3 y el 6. Son muy ricos en vitaminas, sobre todo la vitamina E, nutriente esencial capaz de reforzar nuestro sistema inmunológico, y en minerales, en especial en potasio magnesio y cinc. En caso de niveles altos de colesterol y triglicéridos, su consumo habitual ayudaría a reducir los niveles de colesterol LDL y aumentar el HDL. Por último también podríamos decir que son útiles en caso de estreñimiento, debido a que aportan una gran cantidad de fibra (Pérez, 2018).

El interés económico radica en su mercado tanto exterior como interior (Barranco y Ortuño, 2003). El piñón de *Pinus pinea* es el considerado de mayor valor, llegando a alcanzar el precio de 100€ el kg. Su alto precio depende de la gran dificultad de la obtención de los piñones, así como del corto tiempo para su obtención y la gran variabilidad de la producción según el año, incluyendo posibles plagas de insectos. La industria española está considerada como la mayor procesadora del piñón de *Pinus pinea*, con casi un 45% de la producción global, todo esto gracias al aumento de la demanda industrial, y a una emergente demanda recreativa (Ovando et al., 2008). En el mercado, la mayor competencia suele ocurrir durante la compra de la piña, ya que es la etapa que define la producción anual. Teniendo en cuenta que el piñón mediterráneo es comprado a unos € 25/kg, y que cada quintal produce 4kg, serían unos €100 lo que daría un total de € 3.500/ha (Loewe y González, 2012). El sector privado de las piñas puede llegar a mover entre 4 y 5 millones de kilos de piñas, lo que se traduce en el mercado en 2,5 millones de euros, aunque las piñas transformadas en piñones pueden llegar a alcanzar en el mercado entre 5 y 7 millones de euros (Landeró, 2011).

Si hablamos sobre la utilidad del piñón, además de ser un alimento (“fruto seco”) o condimento (utilizado en Italia para elaborar el pesto), también en el proceso de su elaboración se pueden

obtener subproductos de interés económico. La cáscara se puede utilizar para la calefacción de casas o fábricas; el polvo y corazón de la piña, pueden ser comercializados juntos como biomasa; y brácteas de la piña, como biomasa o para alimentación de las calderas (Loewe y González, 2012).

4.2.4. Biomasa

La biomasa es el conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial. Se trata de un concepto muy amplia que incluye desde residuos procedentes de actividades forestales, agrícolas y ganaderas, hasta la fracción orgánica de los residuos doméstico e industriales (Miteco, 2019).

Estados Unidos es actualmente el mayor productor de biomasa a nivel mundial, con cerca de la producción del 44% del total, seguido de Brasil e Indonesia (Statista, 2021). Si nos centramos en España, podríamos decir que es una potencia europea en recursos biomásicos (De Gregorio, 2019). Es el tercer país europeo tras Suecia y Finlandia. Pese a ser una potencia en estos recursos, se encuentra a la cola del aprovechamiento de los recursos forestales y agroganaderos en la generación de energía y la valorización de la fracción orgánica de los residuos (De Gregorio, 2019). Aún siendo muy pobre este aprovechamiento, el sector de la biomasa está generando un relevante valor económico. En un informe de AFI se pone de manifiesto que la valorización energética de biomásas es una fuente de actividad económica con un marcado componente industrial y destacada capacidad de generación de empleo, valorando la aportación de este sector en 2.732 millones de euros de Valor Añadido Bruto, 32.945 empleos directos, indirectos e inducidos y 1.101 millones de euros para las arcas públicas (De Gregorio, 2019).

Como ejemplo de combustibles biomásicos podemos referirnos a las briquetas, pelets, y gránulos (Ortiz, 2008).

Los productos como serrines, astillas, virutas y residuos mayores plantean a las empresas una serie de problemas, por la acumulación y eliminación de ellos, y es por eso que se utilizan en el ámbito del aprovechamiento energético (Ortiz, 2008). Aún así presentan el problema de que se necesitan grandes volúmenes debido a su densidad, haciendo que sea más caro el transporte y manejo. Para evitar esos problemas, se compacta estos residuos obteniendo productos elaborados como briquetas o pelets que presentan ventajas en su utilización para aprovechamiento energético (Ortiz, 2008).

Entre las especies de pinos posibles para la producción de biomasa encontramos *Pinus halepensis*. En este caso, si atendemos a las masas naturales y artificiales de esta especie podremos observar diferencias en la producción de biomasa (Hernández Tecles, 2013). En un estudio realizado, se proporcionó información valiosa sobre cómo cuantificar la biomasa seca para valorar la media anual de las masas de *P. halepensis*, todo esto mediante un gradiente de concentración en el sureste de la Península Ibérica (Hernández Tecles, 2013). Se observó que las producciones medias de biomasa estaban muy relacionadas con la calidad de la estación, así como las distintas edades,

las densidades y el origen de las repoblaciones, provocando diferencias significativas en la producción de biomasa (Hernández Tecles, 2013).

4.2.5. Metabolitos secundarios

La obtención de metabolitos secundarios es la actividad económica más reciente y moderna que se le ha atribuido a especies de pinos. En los últimos años se ha logrado un importante desarrollo y crecimiento de la tecnología que ha provocado la posible extracción y producción de metabolitos a partir de residuos de actividades forestales como el serrín y la corteza (Cuetocue et al., 2020). La acumulación de estos productos puede tener efectos ambientales negativos, por lo que transformar estos desechos en productos de uso social se puede traducir también en una forma de saneamiento ambiental (Cuetocue et al., 2020).

Pinus patula es una especie, que según se ha visto en varios estudios realizados, ofrece la posibilidad de obtener metabolitos secundarios de interés, como: la obtención de un adsorbente natural a partir de su corteza (Cuetocue et al., 2020), la producción fermentativa de etanol (García-Velásquez et al., 2018) o la obtención de furfural a partir de su corteza (Moncada et al., 2016).

La importancia económica de esta actividad radica en que existe un 65% de los residuos generados por la actividad maderera en principio carentes de utilidad, siendo una gran oportunidad económica para su aprovechamiento como biocombustibles o productos químicos. En este caso la corteza de *Pinus patula* es muy abundante en Colombia. Por ello a esta última se le extrajeron los taninos de la corteza para la obtención de gel y su uso como adsorbente (Cuetocue et al., 2020). Antes de conseguir esto último, se tuvo que obtener y adecuar la corteza y caracterizar su madera en porcentaje de humedad y ceniza, habiendo sido previamente clasificada por tamaños, antes de la extracción de los taninos y la consiguiente obtención del gel (Cuetocue et al., 2020).

La producción fermentativa de etanol se realizó también con residuos de *Pinus patula*. En este caso se realizó esa obtención para después ser utilizado como sustrato para *Saccharomyces cerevisiae*, con el objetivo de ver el rendimiento comparado con etanol obtenido de otra manera (García-Velásquez et al., 2018). Se llegó a la conclusión que la producción de etanol generó unos costos mayores a los del mercado; aún así, la menor eficiencia energética obtenida mediante la ruta bioquímica que la termoquímica, avaló la necesidad de implementar las alternativas anteriores para considerar a esta especie como potencial materia prima para la producción de etanol (García-Velásquez et al., 2018).

Otra especie de pino a partir de la cual se pueden obtener metabolitos secundarios es *Pinus pinaster* o pino marítimo. A través de este pino se consiguieron extraer flavonoides, y más tarde se registró un producto llamado Pycnogenol (FarmaciaGermana, 2022). Este fue patentado y registrado en 1987 por los laboratorios Horphag Research.

Hay que tener en cuenta que los principales componentes de la corteza de este pino son la Catequina y la Taxifolina, el primero de ellos pertenecientes a las catequinas y el segundo es un flavanonol (FarmaciaGermana, 2022). Además de estas dos sustancias, que son las principales, la

corteza también posee otras. del grupo de los esteroides vegetales, más conocidos como fitosteroles. Viendo estos componentes podríamos deducir la actividad terapéutica del Pycnogenol, que sería parecida a plantas medicinales con flavonoides. Entre sus actividades destacan la protección del sistema cardiovascular, antiagregante plaquetario y antitrombótico en fumadores, antiinflamatorio y también beneficioso en el tratamiento del asma y la rinitis alérgica produciendo específicamente aumento del pico de flujo respiratorio y mejora de sintomatología entre otros (FarmaciaGermana, 2022).

Se considera a las resinas metabolitos secundarios de algunos pinos, por lo que para hacernos una idea de su importancia económica podemos fijarnos en la situación de ésta en México, como ya habíamos comentado anteriormente, alcanzando con 18.388 toneladas, un 42% del valor nacional, siendo el valor de producción 189.3 millones de pesos (Ojeda Ledesma, 2012).

4.3. Peculiaridades de los cultivos de pinos

Si nos atenemos a alguna de las peculiaridades de estos cultivos, es que son muy baratos, y esto es debido a que no necesitarán riego ni tampoco será necesario abono. En este último caso, la utilización de abono ha obtenido un crecimiento puntual poco significativo por lo que no será necesario (Campogalego.es, 2016).

4.4. Impacto de los cultivos sobre los ecosistemas naturales

4.4.1. Tareas asociadas al cultivo

Antes de realizar el cultivo de pinos en el terreno, dependiendo de la parcela elegida se deberán realizar varias tareas para prepararlo correctamente. Si elegimos una parcela con matorral hay que eliminar la competencia, es decir, las especies leñosas que pueden suponer un freno para el crecimiento del pino (Dasonomía, 2016). A esta actividad se denomina desbroce. El desbroce es necesario a causa de que muchos de los matorrales y especies herbáceas, son capaces de ejercer una fuerte competencia por la luz, el agua y los nutrientes necesarios (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008). Esta tarea se puede realizar de varias maneras; manual, mecánica, química y combinada.

La tarea de eliminación de manera manual se lleva a cabo mediante herramientas como azadas, machetes o palas anchas. Para evitar que el suelo quede desnudo y desprotegido se suele dejar los restos de la plantas cortadas alrededor de los pinos plantados (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008).

La implicación de la utilización de rastras de discos se llevará a cabo en el caso de que la tarea sea mecanizada, realizándose varias pasadas una en sentido cruzado a la otra siempre que sea posible (Dasonomía, 2016). Todas estas tareas agresivas reducen en general la presencia de especies competidoras y repercuten en los costes de preparación y provocan impactos en el suelo y en su fertilidad. También se puede considerar la aplicación de herbicidas, que solventan la

necesidad de desbroce manual, y elimina la competencia subterránea para las raíces (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008), si bien, aporta al medio sustancias tóxicas, en algunos casos también para los hombres.

Más tareas asociadas al cultivo de pinos podrían ser los clareos, las claras, las podas o tratamientos sanitarios. Los clareos son cortas no comerciales que se ejecutan en los primeros estadios del desarrollo para: selección del arbolado y conducción de la masa principal, rebajando su densidad a valores deseados (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008). En cambio, las claras son cortes de mejora a fin de guiarlo hacia unos objetivos de producción determinados, utilizándose diferentes esquemas según el producto final que se quiera (Dasonomía, 2016). Las podas generalmente pueden tener varios objetivos, destacando la finalidad de mejorar el acceso al interior de la masa y reducir el contacto entre el sotobosque y las copas de los árboles. Por último, los tratamientos sanitarios serán necesarios para tratar posibles plagas de enfermedades que puedan afectar a los pinos (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008), al igual que en el caso de los herbicidas, los fitosanitarios aportan al medio moléculas tóxicas que inciden de forma notable en los ecosistemas naturales.

4.4.2. Riesgo de incendios

Los ecosistemas mediterráneos son susceptibles a los incendios forestales, incrementando esta frecuencia a partir del control del fuego por los humanos, dentro de las especies mediterráneas afectadas por los incendios encontramos al género *Pinus* (Bodí et al., 2012).

Los pinos son especies pirófitas, es decir que sobreviven y se adaptan a zonas donde la frecuencia de incendios es alta, lo que, combinado con ambientes en los que el uso del fuego es habitual y su clima la favorece, da lugar a una mezcla peligrosa (Sistemascontraincendiosmadrid, 2017).

Los pinos podrían identificarse como especies no rebrotadoras o germinadoras, es decir, estas retienen las semillas hasta que son estimuladas por el calor y se dispersan. En este caso, los individuos no resisten al incendio y son sustituidos por otros que brotan de las semillas y encuentran un espacio sin competencia, con mucha luz y con un suelo rico en nutrientes (Bodí et al., 2012). Hay varias especies en las que las piñas se abren con el calor y se dispersan las semillas; *Pinus halepensis*, *brutia* y *pinaster*. Estas se regenerarán rápidamente (Bodí et al., 2012). Sin embargo, también existen pinos muy sensibles que según la extensión del incendio pueden ser eliminadas temporalmente como el *Pinus nigra o sylvestris* (Bodí et al., 2012).

4.5. Ventajas adaptativas de los pinos

4.5.1. Acículas

Se denominan acículas a las hojas de los pinos. Estas presentan una estructura anatómica muy diferente a la de una hoja típica y responde a un diseño que reduce enormemente las pérdidas de agua de la planta, lo cual confiere a los pinos unas ventajas adaptativas cuando se desarrollan en

medios donde el acceso al agua es complicado. Se originaron en el Devónico, una época de aridez generalizada (Peters, 2001).

Teniendo en cuenta sus características, hay que destacar que las acículas de brotes adventicios son de distinta coloración y mucho más cortas. En la mayoría de las coníferas, una de la principal característica de las acículas es que su superficie está cubierta por ceras que forman estructuras tubulares, provocando impermeabilidad de las superficies e influyendo en los procesos de lixiviación, la absorción de xenobióticos y nutrientes, y jugando un papel muy importante en la reducción de la pérdida de agua por transpiración (Peters, 2001). Esto último permite a los pinos sobrevivir en zonas muy secas, a su vez será gracias también a estas y a su estructura interna la obtención de una gran ventaja para la captación de energía lumínica y el intercambio gaseoso, efecto que se traduce en un mayor rendimiento fotosintético (Peters, 2001).

Las acículas de pinos también poseen aceites esenciales con actividad antimicrobiana, así como sustancias alelopáticas, que provocan efectos perjudiciales sobre la germinación, crecimiento o desarrollo de las planta con las que conviven (Amaya, 2011).

4.6. ¿Se pueden considerar bosques los cultivos de pinos?

Esta es una cuestión que debemos explicar. En contra de lo que mucha gente piensa los cultivos de pinos no son bosques, al igual que otro tipo de cultivo como olivos tampoco son bosques, pero al ser árboles grandes se crea una percepción errónea.

Los cultivos, como su propio nombre indica ya están definidos como una naturaleza productora, es decir, que está encaminada a producir bienes que después serán utilizados por los humanos (Arba, 2020).

Según la FAO, los bosques son una superficie mínima de tierras entre 0,05 y 1,0 ha con una cubierta de copas que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 m a su madurez in situ. Según esto, la definición de lo que es o no es bosque un bosque solo atiende a características físicas, algo erróneo ya que se debe incluir a otras plantas, animales o insectos que conviven con los árboles y los procesos ecosistémicos que se establecen con estos. Un bosque no es meramente un conjunto de árboles sino que es un ecosistema fruto de la coevolución de miles de años entre plantas leñosas que han sido capaces de colonizar el territorio y que dominan el paisaje, otras plantas que se han adaptado a vivir en el ambiente forestal, animales que dependen de todas esas plantas y organismos descomponedores y detritívoros, que reciclan y mineralizan la materia orgánica (Cordero Rivera, 2011). La definición polémica de la FAO puede deberse a que ésta mantiene una íntima vinculación con la industria de papel y otros productos, para las cuales decir que un monocultivo de árboles de más de 100mil ha es un bosque es una conquista gigante. Si nos atenemos a la definición según la ley forestal andaluza, serán montes toda superficie rústica cubierta de especies arbóreas, de matorral o herbáceas, de origen natural o artificial, y no los serán aquellos dedicados a siembras o

plantaciones características de cultivos agrícolas, las superficies dedicadas a cultivos de plantas ornamentales y viveros forestales (Conserjería de Medioambiente, 1989). Otra definición verdaderamente aceptada de lo que es un bosque sería que es, a parte de más de un conjunto de árboles, la organización más compleja del mundo vegetal, organización viva y dinámica, formada por todo tipo de especies arbóreas, insectos o plantas, ya que es sensible a cualquier modificación de las fuerzas que actúan en su territorio (Ferrerías y Arozena, 1987).

A su vez, existen los bosques primarios y secundarios. Los bosques primarios son enormes extensiones de bosque, que aún no han sido explotadas comercialmente, en cambio, los bosques secundarios serán aquellos que hayan sido parcial o totalmente explotados (Greenpeace.org, 2022).

Otro punto importante es que en los bosques, los elementos que lo conforman se interrelacionan de manera perdurable en el tiempo, no necesitando normalmente la intervención del ser humano, como si es necesario en el caso de los cultivos de pinos (Arba, 2020). En el caso de cultivos de especies exóticas, la falta de interacción entre los organismos hace que esas plantaciones jamás puedan llegar a ser bosques (Cordero, 2011). Es por estas razones expuestas que no podemos llamar bosques a los cultivos de pinos.

4.7. Especies de pinos cultivadas en España.

4.7.1. Especies exóticas y especies nativas

Dentro de las especies cultivadas en España podemos encontrar aquellas nativas de la península, al igual que aquellas exóticas que se introdujeron en su momento por su importancia y rentabilidad.

Podemos encontrar varias especies; *Pinus canariensis*, *uncinata*, *sylvestris*, *pineae*, *pinaster*, *halepensis*, *nigra*, siendo todas estas especies las autóctonas del panorama español. A parte, la única especie exótica será *Pinus radiata*, también llamado *insignis* o de Monterrey, siendo este último su origen natural (Anthos, 2022). Esta ha sido utilizada para reforestación en el norte de España, y también debido a su alta productividad, acaparando el 13% de la producción de madera en España (MITECO, 2022). Llegó a España gracias a su alta productividad en torno a la producción de madera, siendo esa una de las causas por las que es la especie de pino más cultivada en el mundo (MITECO, 2022)

4.7.2. Distribución

Como su propio nombre indica, la especie *Pinus canariensis* (Figura 4) se encuentra casi exclusivamente en las Islas Canarias, aún así se pueden observar algunas poblaciones escasas en lugares como Cádiz, y en la cuenca del mediterráneo por zonas de Murcia y la Comunidad Valenciana (Anthos, 2022). *Pinus halepensis* (Figura 5, rojo) se encontrará fundamentalmente en la cuenca del mediterráneo, partiendo desde la costa andaluza y siguiendo todo el litoral hasta el final de la costa brava, terminando en los pirineos. También podremos encontrar muchas

poblaciones y casi exclusivamente esta especie en las Islas Baleares. A diferencia, la especie *Pinus sylvestris*, (Figura 5, verde) forma bosques de carácter climácico en los valles secos del pino montano pirenaico, ocupa buena parte del piso oromediterráneo, equivalente al subalpino, en las Cordilleras Béticas y sistemas Central e Ibérico (Ferrerías y Arozena, 1987). Se podría decir pues que por sus ubicaciones es un pino más de interior, encontrándolo sobre todo en el norte de España, lindando con los pirineos, en zonas de Cataluña, Aragón, Navarra, siendo abundante también más al interior, en zonas de Madrid, así como de Castilla y León (Anthos, 2022). La especie *Pinus nigra* (Figura 5, amarillo) no es de las más abundantes en España, su área de distribución se extiende principalmente por la mitad oriental de la Península, por la España caliza (Ferrerías y Arozena, 1987).

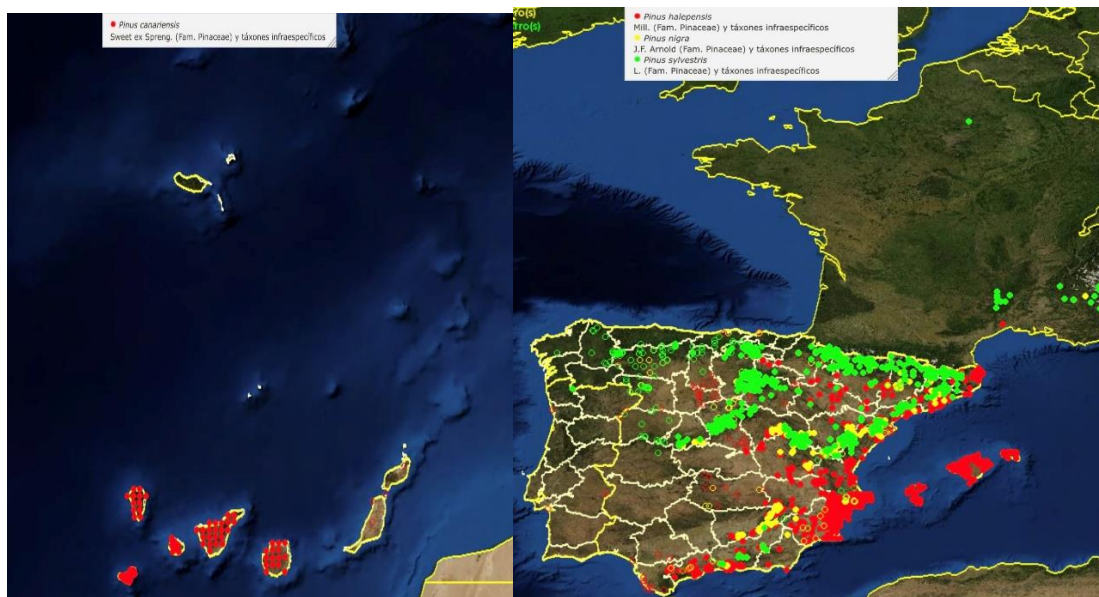


Figura 4. Distribución *Pinus canariensis*.
(Anthos, 2022)

Figura 5. Distribución *Pinus halepensis*
Nigra y *sylvestris* (Anthos, 2022)

Pinus pinaster y *pinea* son de las especies de pinos más abundantes de la geografía española. *P. pinea* (Figura 6, amarillo) se suele distribuir más en las zonas más cálidas como la cuenca del mediterráneo, comenzando las primeras poblaciones en el litoral de Huelva, continuando por la costa andaluza, valenciana, para acabar en la costa catalana. A su vez también habrá pequeñas poblaciones de éstas por la zona interior de Andalucía, y una gran concentración de ellas en la zona de Castilla y León, entre Ávila y Segovia (Anthos, 2022). En cambio, *Pinus pinaster* (Figura 6, rojo) ateniéndonos a su distribución, se suele encontrar más en zonas más frías, aunque aún así habrá poblaciones en zonas como Andalucía, en menor cantidad por ejemplo que si lo comparamos con la zona de la Comunidad Valenciana o Ávila y Segovia, donde podremos encontrar una mayor concentración. El grueso de poblaciones de esta última especie se encontrará en Galicia, tanto en zonas litorales como interiores (Anthos, 2022).

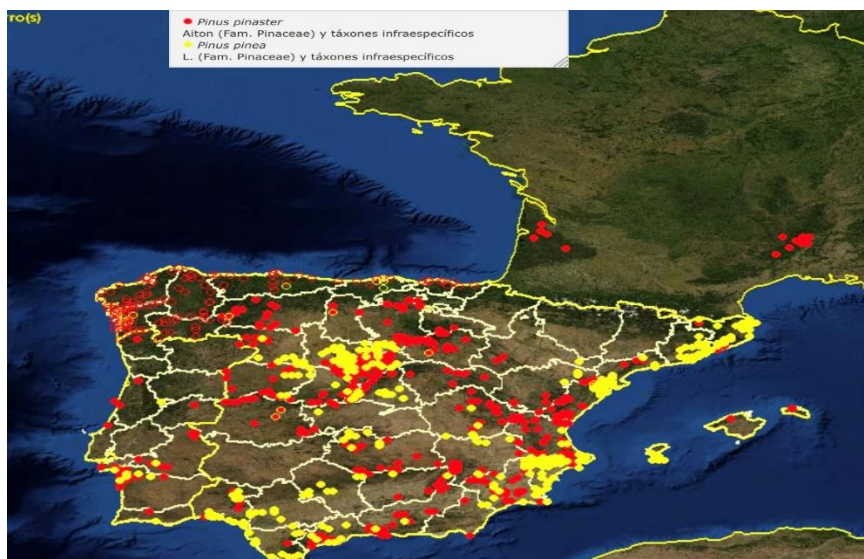


Figura 6. Distribución *Pinus pinaster* y *pineae* (Anthos, 2022).

Por último hablaremos de la distribución de *Pinus uncinata* y *P. radiata*. *Pinus uncinata* (Figura 7, amarillo) lo encontraremos casi exclusivamente el norte de España en los pirineos, desde la zona catalana hasta la zona navarra, pudiendo haber algunas pequeñas poblaciones en alguna zona de La Rioja. En cambio, *Pinus radiata* (Figura 7, rojo), al ser exótico, será el que en menor cantidad podremos encontrar en la geografía española, siendo en su mayoría poblaciones artificiales, encontrándose sobre todo en la zona norte de España, estando la mayor proporción en el País Vasco y en Galicia (Anthos., 2022).



Figura 7. Distribución *Pinus radiata* y *uncinata* (Anthos, 2022).

4.7.3. Especies más rentables

Hay varias especies rentables dentro de la geografía española, aunque entre ellas habrá algunas con mayor rentabilidad que otras.

Como ya se ha expuesto anteriormente, las especies más rentables serían *Pinus pinaster*, *P. radiata* y *P. sylvestris*, en este caso, estas tres se utilizan sobre todo para la producción de madera

siendo a primera de las tres especies la más utilizada (Riesco Díaz, 2007). A su vez y como he mencionado anteriormente, cabe destacar que la segunda especie más utilizada, *Pinus radiata*, supone el 13% de la madera que se corta actualmente en España, aún siendo de las especies con menos ejemplares en la geografía española, lo que nos confirma su gran productividad y lo que conlleva una gran rentabilidad con la escasa población disponible en España (MITECO, 2022). Teniendo en cuenta que España es la segunda mayor productora de resina de Europa, habrá que destacar la importante rentabilidad de la especie de pino que la produce, *Pinus pinaster* (Núñez-Torrón Stock, 2021). Cabe destacar que la actividad resinera en las zonas más productoras supuso una fuente de ingresos mayor que la extracción de madera, aún siendo escasos los pinares españoles dedicados a esto, lo que nos da una idea de su gran rentabilidad (Riesco, 1994). Esto último y que esta especie también es la más utilizada en España para la producción de madera la convierte en una de las más rentables en España.

No podemos olvidar mencionar en apartado de rentabilidad a la especie que produce uno de los piñones con mayor valor en el mercado y sobre todo para el mundo gastronómico, y que es producido sobre todo en España, al ser un producto de *Pinus pinea*, especie nativa de España y muy extendida por toda su geografía (Loewe y González, 2012). Teniendo en cuenta que en España es donde se encuentra más del 70% de las poblaciones de pino piñonero, es normal introducir a esta especie entre las más rentables de nuestro país. Aún así hay que tener en cuenta que el valor promedio del rendimiento es de un 4%; con 25kg de piña se obtienen 1kg de piñón, de ahí que sea un producto muy valorado. A su vez, si hay un año con excesiva producción de piña, esto afectará negativamente a la cosecha de tres años más tarde, reduciendo su producción (Loewe y González, 2012). Su precio normalmente está en torno a € 25/kg, que si teniendo en cuenta que cada quintal produce 4kg de piñón blanco, serán 100€, dando un total de € 3.500/ha de ingresos (Loewe y González, 2012).

4.7.4. Impacto ecológico de estas especies

Si nos atenemos a los impactos que provocan las distintas especies de *Pinus* sobre la naturaleza y geografía española, se puede observar que todas ellas provocan un impacto considerable, teniendo algunas de ellas impactos específicos, en relación a sus distintas características y el fin para el que son cultivadas, ya sea madera, resina, piñón, o biomasa. Es importante mantener una gestión forestal sostenible, especialmente debido a que los beneficios que producen bosques podrían desaparecer si la estabilidad de las masas forestales es afectada por las actividades humanas (Castillo et al., 2003).

Uno de los principales impactos ecológicos se debe a los trabajos de acondicionamiento que se deben hacer antes de empezar a cultivar pinos. Como anteriormente en otro apartado ya recalcamos, se deben realizar varias tareas antes, y más aún si se elige una parcela con matorral, en la que deberemos eliminar las competencias para no entorpecer el crecimiento de los pinos. Una de estas tareas es el desbroce, que es lo que antes habíamos mencionado, eliminar

competencias ya que estas son capaces de ejercer una fuerte competencia por la luz, el agua y los nutrientes necesarios (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008).

El mantenimiento de estos cultivos también conlleva un considerable impacto ecológico, estos trabajos con las claras, podas o trabajos sanitarios. Estos trabajos de mantenimiento, en concreto las claras y podas, consisten en reducir la masa foliar de los árboles drásticamente. Esto puede acarrear grandes problemas de salud, pudiendo llegar a secarse (Sánchez-Rodríguez y Rodríguez-Soalleiro, 2008). En el caso de los tratamientos sanitarios, estos consisten en la utilización de diversos productos como los insecticidas, mediante bolsones con este producto en su interior, o métodos mecánicos y biológicos. Un ejemplo de tratamiento habitual en pinos es aquel contra la procesionaria del pino (Higia, 2022).

Hay que tener en cuenta también que toda explotación forestal de pinos afecta tanto al ciclo de los nutrientes como a la diversidad biológica (Castillo et al., 2003). En el caso del ciclo de nutrientes, esta explotación provoca un aumento considerable de las pérdidas de nutrientes del ecosistema y por tanto su fertilidad, es decir, provoca que los suelos donde estén sean cada vez menos fértiles llegando incluso a no poder ser utilizados para la agricultura (Castillo et al., 2003). Si la tala y extracción de estos pinos ocurren más rápidamente que la recuperación de los nutrientes, el ecosistema al final sufrirá una pérdida neta de nutrientes, a no ser que se usen fertilizantes. Es por todo esto que debe transcurrir un tiempo mínimo entre cortas y talas para que el ecosistema se recupere, mediante la implementación de la rotación ecológica por ejemplo (Castillo et al., 2003).

Otro aspecto a tener en cuenta sería el riesgo de incendios, esto se debe a que los pinos especies pirófitas, es decir que son capaces de recuperarse con gran rapidez tras el paso de un incendio, también tienen un impacto ecológico con la aparición de incendios forestales, lo que se debe ya que al ser las especies más utilizadas para la repoblación son a su vez las más afectadas por los incendios. Solo cuatro de ellas, el pino resinero, silvestre, y carrasco, acapararon el 20% total de las repoblaciones de 1940-1982, y el 78% fueron afectadas por los incendios de 1970-1983 (Castroviejo et al., 1985). Dependiendo de la especie, su comportamiento tras un incendio será diferente, en el caso de especies germinadores, estas no son capaces de soportar los incendios, siendo sustituidos por otros que brotan gracias a la dispersión de las semillas estimuladas por el calor, hablamos de especies como *Pinus halepensis* o *pinaster*. Sin embargo existirán otras especies de pinos más sensibles, que podrán ser eliminadas temporalmente, tardando más en regenerarse, como es el caso de *Pinus nigra* o *sylvestris* (Bodí et al., 2012).

Aparte de los impactos de los que ya hemos hablado, que suelen ocasionar todas las especies por igual, algunas especies en concreto actúan también de manera distinta según sus características o según para la producción que se utilicen. En el caso de *Pinus pinaster*, que como ya hemos mencionado anteriormente en un par de ocasiones, y que es el principal productor de madera y resina en España, siempre se le ha relacionado la resinación con la protección contra incendios

forestales, ya que la no resinación de esta especie provocaría una importante acumulación de combustible, y especialmente por el gran carácter inflamable de los viejos pies resinados (Rodríguez et al., 2008). Este sería un ejemplo de un impacto favorable en este caso.

Respecto a *Pinus pinea*, este juega un papel muy importante sobre todo en los sistemas costeros con dunas como es en el caso del Golfo de Cádiz (Muñoz-Reinoso, 2021). Según un estudio realizado recientemente, estas plantaciones afectan a la movilidad de la arena y a la deposición de niebla salina, principales factores que causan la zonificación de la vegetación en las dunas, provocando que desaparezcan las especies adaptadas a estas arenas y a los vientos cargados con sal (Muñoz-Reinoso, 2021). Además, estos pinares proporcionan sombra y reducen el viento, por lo que perjudican el crecimiento y polinización de otras especies que son polinizadas por el viento, como por ejemplo: *Juniperus macrocarpa*, una especie nativa emblemática, tolerante al estrés, cuyo éxito reproductivo está amenazado por estas plantaciones (Muñoz-Reinoso, 2021).

4.7. ¿Es posible minimizar el impacto ecológico de estos cultivos?

Uno de los grandes retos que se presentan en relación a los problemas de conservación producidos por los cultivos de pinos es minimizar el impacto que estos cultivos tienen sobre los ecosistemas naturales. Estos cultivos resultan necesarios para la actividad económica de muchas regiones del territorio español; sin embargo, presentan unas contrapartidas: el reemplazo de los bosques naturales, por plantaciones monoespecíficas exóticas genera una disminución de la biodiversidad y suprime muchos procesos ecosistémicos, asimismo incrementa el riesgo de incendios, como se vio en el apartado 4.6.4.

Frente a este escenario, una adecuada gestión forestal de las plantaciones pueden ser una oportunidad para atenuar este impacto al disminuir la destrucción de hábitat, contribuyendo de esta forma a la conservación de funciones ecosistémicas (Brockerhoff et al. 2008, Cadotte et al. 2011).

Algunos manejos forestales, como el “raleo” (la eliminación de árboles dentro de la plantación con la finalidad de regular las condiciones de competencia entre los individuos y permitir el desarrollo de los individuos remanentes), promueven el desarrollo de la vegetación nativa en el sotobosque, como consecuencia fundamentalmente del aumento de la radiación solar (Trentini, 2017). El aumento de la diversificación del sotobosque sumado, posiblemente a la menor superficie de rizósfera del pino tienen consecuencias en las características fisicoquímicas y biológicas del suelo. También induce significativamente cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo y en las comunidades de hongos y bacterias que habitan allí, cambios que mitigan los efectos negativos de las plantaciones de pinos y promueven la resiliencia de las comunidades naturales (Trentini et al., 2020).

Otra posibilidad son los bosques mixtos de *Pinus* y especies autóctonas como *Quercus ilex* o *Q. suber*. Estos bosques mixtos, suponen un incremento notable en la biodiversidad y mantienen

muchos procesos de los ecosistemas naturales que con un cultivo forestal tradicional se perderían. Además, los bosques mixtos pueden provocar también una disminución en los incendios (De Luis Calabuig y Tárrega García-Mares, 1990). Las especies de *Quercus* nativas en territorio español pueden sobrevivir a los incendios aunque con las ramas inferiores más o menos afectadas cuando se tratan de fuegos de superficie (De Luis Calabuig y Tárrega García-Mares, 1990). Así por ejemplo, *Quercus suber*, el alcornoque, tiene una alta resiliencia al fuego, siendo la única europea con capacidad de rebrote de tronco y de copa tras el paso de fuegos de copa intensos (Pausas, 1997, Paula et al. 2009) y teniendo en cuenta que el alcornocal constituye un componente característico de los ecosistemas mediterráneos, el desarrollar bosques mixtos de pinos con esta especie, no sólo mantendría muchos valores naturales de los ecosistemas nativos, sino que constituiría una barrera que frenaría el avance del fuego, disminuiría el riesgo de incendios y facilitaría la recuperación de la cubierta vegetal post incendio. Algo semejante ocurriría con el rebollo (*Quercus pyrenaica*) (de Luis Calabuig et al., 2001) o la encina (*Quercus ilex*).

5. CONCLUSIONES

- Los pinos son árboles del género *Pinus* L., monoicos, siempre verdes, con hojas en braquiblastos, que se incluyen en el grupo de las plantas vasculares, y dentro de estas, entre las gimnospermas, donde resultan ser el género con mayor número de especies y con una distribución más amplia. Se extienden de forma nativa por los territorios del hemisferio norte.
- En territorio español se encuentran 7 especies de pino autóctonas y una exótica naturalizada. Las nativas son; *Pinus canariensis*, *uncinata*, *sylvestris*, *pinea*, *pinaster*, *halepensis*, *nigra* y la exótica *Pinus radiata*. De todas estas, las más abundantes y más distribuidas por el territorio español serían *Pinus pinaster* y *pinea*, y tras ellas *Pinus halepensis* y *sylvestris*.
- Muchas especies del género *Pinus* son de enorme interés para la actividad humana, ya que proporcionan diversos materiales muy demandados en diferentes industrias: madera, resina, piñones, biomasa y metabolitos secundarios.
- La madera de numerosas especies de *Pinus* es ampliamente utilizada debido a sus características y al rápido crecimiento de estos árboles. Dos de las grandes potencias madereras son EEUU y Canadá, y en Europa predominan Suecia y Finlandia. En España la mayor producción de madera proviene de Galicia, sobre todo de las especies *Pinus pinaster*, *radiata* y *sylvestris*.
- La resina es otro producto obtenido de algunas especies del género *Pinus*. Se trata de una mezcla compleja de terpenos, ácidos resínicos y componentes neutros. Su obtención permite el desarrollo de innumerables usos en diferentes industrias, destacamos su uso como base para productos farmacéuticos, cosméticos y la fabricación de jabón. *Pinus pinaster* es el mayor productor de resina en España. La resina es considerada el segundo producto forestal no maderable.
- *Pinus pinea* produce el piñón blanco en España, un recurso de gran valor económico a causa de su importancia gastronómica en todo el mundo. Su precio en el mercado puede llegar a alcanzar los 100 € el kg; por ello, la movilización de entre 4 y 5 millones de kilos piñas en España para la obtención de los piñones, puede suponer en el mercado un valor de entre 5 y 7 millones de euros.
- El sector de la biomasa y de los metabolitos secundarios conseguidos a partir de los pinos, es capaz de aportar 2.732 millones de euros de Valor Añadido Bruto, así como 32.945 empleos directos, indirectos e inducidos y 1.101 millones de euros a las arcas públicas.
- Económicamente hablando, las especies de *Pinus* más rentables en el territorio español serían: *Pinus radiata*, que llega a producir el 13% de la madera que se corta actualmente

en España; *Pinus pinaster*, la mayor productora de resina en España y actividad que ha llegado a suponer una mayor fuente de ingresos que la extracción de madera, y *Pinus pinea*, la especie productora del piñón blanco.

- Los cultivos de pinos tienen un impacto significativo sobre los ecosistemas naturales, debido a que, para su cultivo, deben realizarse una serie de tareas previas, siendo la más conocida de ellas el desbroce. Asimismo, la elevada deposición de acículas en el suelo causa también un significativo impacto en los medios naturales.
- Del mismo modo, los cultivos de pinos incrementan el riesgo de grandes incendios, algo que afecta a los ecosistemas naturales y también a las actividades humanas. La gran cantidad de biomasa que se localiza en las plantaciones forestales y la alta ignicibilidad de la madera de pino, son los factores que propician este riesgo.
- Resulta necesario desarrollar planes que minimicen el impacto ecológico y el riesgo de incendios que los cultivos de pinos provocan en el territorio español. A este respecto, las acciones más importantes serían: el diseño de plantaciones con menor densidad y la interposición de especies leñosas nativas de escasa ignicibilidad, como las del género *Quercus*, en los cultivos de pinos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agrobyte. Manual de silvicultura del Pino Pinaster [Internet]. [citado en abril de 2022]. Disponible en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/pino/8edad.html>
- [Agrotendencia.tv](http://www.agrotendencia.tv). Cultivo de pino [Internet]. Agrotendencia.tv. 2020 [citado en febrero de 2022]. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-pino/>
- Aguirre A. Madera; sus principales productores [Internet]. Maderas La Rola. 2020 [citado 28 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.maderaslarola.com/uncategorized/principales-paises-productores-de-madera/>
- Almada M. Brasil: el Estado de Paraná tiene un potencial de 70 mil hectáreas para la exploración del mercado de resina de pino. 2021. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: [Brasil: el Estado de Paraná tiene un potencial de 70 mil hectáreas para la exploración del mercado de resina en pino - Argentina Forestal](http://www.argentinaforestal.com.ar/brasil-el-estado-de-parana-tiene-un-potencial-de-70-mil-hectareas-para-la-exploracion-del-mercado-de-resina-en-pino)
- Álvarez Díaz JM, Bueno Fernández N, Cañas RA, Ávila C, Cánovas FM, Ordás Fernández RJ. Analysis of the WUSCHEL-RELATED HOMEBOX gene family in *Pinus pinaster*: New insights into the gene family evolution. *Plaphy*. 2018; 123: 304-318.
- Amaral Franco, J. *Pinus L.* En S. Castroviejo, M. Laínz, G. López González, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva & L. Villar. *Flora Ibérica*. Real Jardín Botánico, CSIC. 1986; 168-174
- Amaya Gutiérrez MN. Evaluación de la actividad antimicrobiana de aceites esenciales obtenidos de acículas de dos especies de pinos. Jalisco: CUCBA; 2011.
- Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España [Internet]. [citado en abril de 2022]. Disponible en: <http://www.anthos.es/>
- Arba-s.org. ¿Qué es un bosque? [Internet]. [citado en abril de 2022]. Disponible en: <https://arba-s.org/que-es-un-bosque/>
- Barbat T. La multiplicación de las plantas. *Horticom*. 2006; Extra 1: 32-43.
- Barbieri CM, Grassino D, Lupano H. Características de la madera de *Pinus pinea L.* (pino piñonero) de Miramar. *LEMIT*. 1978; Serie II(2): 29-41.
- Barranco Reyes J, Ortuño Pérez SF. Aproximación al sector del piñón en España. *REEAP*. 2004; 201: 165-189.
- Bodí MB, Cerdà A, Mataix-Solera J, Doerr SH. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *BAGE*. 2012; 58(58): 33-55.

- Brockerhoff, E. G., Jactel, H., Parrotta, J. A., Quine, C. P., & Sayer, J. (2008). Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity?. *Biodiversity and Conservation*, 17(5), 925-951.
- Cadotte, M. W., Carscadden, K., & Mirotchnick, N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1079-1087.
- Campogalego. Cinco cuestiones a tener en cuenta en las plantaciones de pino. 2016. [citado en abril de 2022]. Disponible en: [Cinco consejos para las plantaciones de pinos - Campo Galego](#)
- Carneros García E. Embriogénesis somática en pino piñonero («*Pinus pinea*» L.) Universidad de Alcalá. Departamento de Biología Celular y Genética; Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario. 2009.
- Castillo FJ, Imbert JB, Blanco JA, Traver C, Puertas F. Gestión forestal sostenible de masas de pino silvestre en el Pirineo Navarro. *Ecosistemas*. 2003; 12(3).
- Castroviejo S, García Dory MA, Martínez S, Prieto F. Política forestal en España: ¿Producción o conservación? *Arbor*. 1985; 477: 13-40.
- Catalogue Of Life [Internet]. COL. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.catalogueoflife.org/?taxonKey=6QPY>
- Christopher J. The Gymnosperm Database, 2021. [citado marzo 2022] <https://www.conifers.org/pi/Pinus.php>
- Conserjería de medioambiente. Plan Forestal Andaluz, 1989 [Internet]. [citado en mayo de 2022]. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/web/guest/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/plan-forestal-andaluz-1989-3/20151
- Cordero Rivera A. Cuando los árboles no dejan ver el bosque: efecto de los monocultivos forestales en la conservación de la biodiversidad. *Acta biol. Colomb*. 2011; 16(2): 247-268.
- Creus Novau J, Saz Sánchez MA. La sequía como principal factor limitante del desarrollo de *Pinus halepensis* Mill. en el sector central del valle del Ebro. *Santander: AEC*; 2004. Serie A, N°4; 607-618.
- Cuetocue Petins MM, Sarria Villa RA, Gallo Corredor JA, Benítez Benítez R. Optimización del proceso de obtención de un adsorbente natural a partir de corteza de pino. 2020; 33(2): 61-70.
- Dasonomía. Cultivo de pinos. [Internet] 2016 [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fdasonomia.files.w>

ordpress.com%2F2016%2F11%2Fcultivo-de-pinos-apuntes.doc&wdOrigin=BROWSELINK

- Darr DR, Boulter DWK. Timber trends and prospects for North America. *Unasylva*. 1991; 42(166): 51-59.
- De Escobar L, Girón M. Biología de la reproducción en las plantas superiores. *Actualidades Biológicas*. 1982; 11(41): 78-85.
- De Gregorio M. Biomasa en España. Generación de valor añadido y análisis prospectivo. *Presupuesto y gasto público*. 2019; 97: 41-57.
- De Luis Calabuig E, Tárrega García-Mares R, Galván LC, Relea LV, Porras EM. Fuego y paisaje en áreas de dominio del Roble Rebollo. *Ecosistemas*. 2001; 10(1).
- De Luis Calabuig E, Tárrega García-Mares R. La problemática de los incendios forestales y su incidencia sobre los robledales de *quercus pyrenaica* en la provincia de León. *Ecología*. 1990; Extra 1: 223-237.
- EcoBotanico. Reproducción de los pinos. [Internet]. EcoBotanico, 2017 [citado en febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.ecobotanico.com/como-se-reproducen-los-pinos/>
- Ecured. Apomixis - EcuRed [Internet] 2013. [citado en abril de 2022]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Apomixis>
- Ecured. Pinus. Ecured. [Internet] 2013. [citado en abril 2022]. Disponible en: [Pinus - EcuRed](#)
- Ecured. Resina de Pinos. Ecured. [Internet] 2019. [citado en abril de 2022]. Disponible en: [Resina de pino - EcuRed](#)
- Eimil-Fraga C, Sanchez-Rodriguez F, Rodríguez-Soalleiro R. Macro y micronutrientes en acículas de *Pinus pinaster* de diferentes clases de edad y su relación con el índice de sitio de las plantaciones. *Revista de la Real Academia Galega de Ciencias*. 2012;31:137-62.
- El Blog de Ruicasa. Cuáles son los países con mayor producción de madera en todo el mundo [Internet]. El Blog de Ruicasa. 2021 [citado en abril de 2022]. Disponible en: <https://www.ruicasa.com/blog/2021/02/26/paises-mayor-produccion-madera/>
- Eucaliptos pinos e incendios forestales - Sistemas Contra Incendios [Internet]. 2017 [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://sistemascontraincendios-madrid.es/blog/eucaliptos-pinos-e-incendios-forestales/>
- Euro+Med PlantBase [Internet]. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.emplantbase.org/home.html>
- Farjon A, Filer D. An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Leiden, Netherlands: Brill;2013

- FarmaciaGermana. Pycnogenol: los flavonoides curativos del pino marítimo. [Internet] [2017. [citado en abril de 2022]. Disponible en: [Pycnogenol: los flavonoides curativos del pino marítimo - Farmàcia Germana \(farmaciagermana.com\)](http://farmaciagermana.com)
- Ferreras Chasco C, Arozena Concepción M. Los Bosques. Madrid: Alianza; 1987.
- Ferriol Molina M. Los coniferópsidos: caracteres reproductivos. 2020.
- Fernández-Golfín J, Díez R, Baonza M, Gutiérrez A, Hermoso E, Conde García M, et al. Caracterización de la calidad y las propiedades de la madera de Pino Laricio (*Pinus nigra* Arn. *Salzmannii*). Investigación agraria Sistemas y recursos forestales. 2001;10:311-32.
- Flora Iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. [Internet] [citado en febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.floraiberica.es/PHP/cientificos.php?gen=Pinus>
- Flores Martínez E. Comportamiento germinativo y crecimiento en vivero de *Pinus maximartinezii*. 2013;80.
- García-Velásquez CA, Carmona-García E, Sthefanía Caballero A, Solarte-Toro JC, Martínez-Ruano JA, Cardona CA. Fermentative production of ethanol using *Pinus patula* as raw material: Economic and Energy assessment. Waste and Biomass Valor. 2018; 11: 1777-1788.
- Granados Victorino RL, Sánchez D, Sánchez-González A. Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *Orizabensis*) de la Cuenca Oriental. Madera Bosques. 2015; 21(2): 23-42.
- Greenpeace España. Bosques. Greenpeace.org. [Internet] 2022. [citado en mayo de 2022]. Disponible en: [Bosques | Greenpeace España - ES | Greenpeace España](https://www.greenpeace.org/es/bosques/)
- Hernández Tecles EJ. Componentes de biodiversidad y producción de biomasa en masas naturales del género *Pinus* en España. Albacete; 2013.
- Higia. Tratamientos contra la procesionaria del pino [Internet]. Higia. [citado en mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.higiaiberica.com/servicios/sanidad-ambiental/tratamientos-fitosanitarios/procesionaria-pino/>
- Imbrogno LP, Niella F, Rocha P, Gómez Kosky R. Efecto de dos medios de cultivo en la elongación in vitro de brotes de *Pinus taeda* L. Biotecnología Vegetal. 2013; 13(3): 189-192.
- Landero J. El sector factura entre cinco y siete millones al año [Internet]. Huelva Información. 2011 [citado en abril de 2022]. Disponible en: [El sector factura entre cinco y siete millones al año \(huelvainformacion.es\)](http://huelvainformacion.es)
- Kremenetski CV, Sulerzhitsky LD, Hantemirov R. Holocene history of the Northern range limits of some trees and shrubs in Russia. AAR. 1998; 30(4): 317-333.

- Loewe V, González M. Apuntes sobre una gira de estudio sobre el piñón piñonero (*Pinus pinea*) a Italia, España y Portugal. INFOR. 2012; 18(1): 77-92.
- López JA, Alba F, Sánchez D, Luengo E. Los pinares de la Sierra de Gredos. Pasado, presente y futuro. Institución Gran Duque de Alba. 1ª ed, Ávila: Diputación de Ávila; 2019.
- Lourizan CIF. Pino insigne [Internet]. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://lourizan.xunta.gal/es/centro/departamentos/departamento-de-silvicultura-y-mejora/recursos-geneticos/materiales-de-reproduccion/pino-insigne>
- Lu W. Creciente papel de China en el comercio mundial de la madera. Fao.org. [Internet] [citado marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y5918s/y5918s06.htm>
- Maderea. Madera de pino; especies de pino y usos [Internet]. 2017 [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.maderea.es/madera-de-pino-especies-de-pino-y-usos/>
- Maderame. Madera de Pino: Tipos, Propiedades y Usos. [Internet] 2018. [citado en marzo de 2022] Disponible en: [Madera de Pino: Tipos, Características y Usos | Maderame](#)
- Malagón P. Suecia duplica su masa forestal en menos de 100 años gracias a la industria maderera [Internet]. Libre Mercado. 2018 [citado en abril de 2022]. Disponible en: <https://www.libremercado.com/2018-12-21/suecia-duplica-su-masa-forestal-en-menos-de-100-anos-gracias-a-la-industria-maderera-1276630085/>
- Mergen, F., Burley, J. & Simpson, B.A. Artificial hybridization in *Abies*. Der Züchter. 1964; 34: 242–251.
- MITECO (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico). Biomasa. [Internet] 2019. [citado en abril de 2022]. Disponible en: [Biomasa | Idae](#)
- Ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente. Los pinares de pino radiata. [Internet] 2022. [citado en mayo de 2022]. Disponible en: [pradiata tcm38-153862.pdf \(miteco.gob.es\)](#)
- Moncada J, Cardona CA, Higueta JC, Vélez JJ, López-Suarez FE. Wood residue (*Pinus patula* bark) as an alternative feedstock for producing ethanol and furfural in Colombia: experimental, techno-economic and environmental assessments. CES. 2016; 140: 309-318.
- Muñoz-Reinoso JC. Effects of pine plantations on coastal gradients and vegetation zonation in SW Spain. Estuar. Coast. Shelf. Sci. 2021; 251.
- Núñez-Torrón Stock A. El futuro está en los pinos: la resina puede convertirse en el nuevo petróleo, y España es el lugar con más fabricantes de Europa. [Internet] 2021

[citado en marzo de 2022]. Disponible en: [España será la meca de la resina, el nuevo petróleo biodegradable | Business Insider España](#)

- Ojeda Ledesma JR. Resina, industria forestal con importancia económica. [Internet] El Economista. 2012 [citado en mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.economista.com.mx/opinion/Resina-industria-forestal-con-importancia-economica-20120822-0003.html>
- Ortiz Torres L. Producción de biocombustibles sólidos de alta densidad en España. CIDEU. 2008; 5: 107-123.
- Ovando P, Campos P, Calama R, Montero G. Rentabilidad de la forestación de tierras agrícolas marginales con pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Valladolid. Palma de Mallorca: AERNA. 2008.
- Pérez C. Beneficios de los piñones, frutos secos con muchas propiedades. [Internet] Natursan. 2018. [citado en abril de 2022]. Disponible en: [Beneficios de los piñones, frutos secos con muchas propiedades \(natursan.net\)](#)
- Peters J. Ecofisiología del pino canario. La Laguna: RIULL; 2001.
- Paula S, Arianoutsou M, Kazanis D, Tavsanoğlu Q, Lloret F. 2009. Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. Ecology. 2009;90(5):1420
- Pausas J. Resprouting of *Quercus súber* in NE Spain after fire. J Veg Sci. 1997; 8(5):703-706.
- Plants of the World Online. *Pinus* L. | Kew Science [Internet]. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:328247-2>
- Richardson DM. Ecology and Biogeography of *Pinus*. 1º ed. Cape Town: Cambridge University Press; 1998.
- Riesco Muñoz G, Díaz González J. Características físicas de la madera de pino procedente de raleos en el noroeste de España. Maderas Ciencia y tecnología. 2007;9(3):233-244.
- Riesco Muñoz G. Ordenación de montes para la producción de resina en España. Spcforestais. 1994; 1: 193-198.
- Rodríguez RJ, Serrada R, Lucas JA, Alejano R, Del Río M, Torres E, Cantero A. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *Mesogeensis* Fieschi y Gaussen. En: Serrada R, Montero G, Reque J, editores. Compendio de Selvicultura aplicada en España. INIA. 2008; 399-430.
- Rubilar R, Fox T, Alle L, Albaugh T. Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus* sp. Y *Eucalyptus* sp. en Chile y Argentina. Inf. Agronómicas del Cono Sur. 2009 40: 1-6.

- Sánchez-Rodríguez F, Rodríguez-Soalleiro R. Selvicultura de *Pinus radiata*. En: Serrada R, Montero G, Reque J, editores. Compendio de Selvicultura aplicada en España. INIA. 2008; 471-502.
- Skip D. Ciclo de vida de los pinos. Ehowenespañol. [Internet]. 2021. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: [Ciclo de vida de los pinos \(ehowenespanol.com\)](http://ehowenespanol.com)
- Smithsonian. Index Nominum Genericorum (ING) [Internet]. [citado en Abril de 2022]. Disponible en: <https://naturalhistory2.si.edu/botany/ing/>
- Statista Research Department. Biomasa: producción de energía de 2019-2050 [Internet]. [citado en abril de 2022]. Disponible en: [Biomasa: producción de energía 2019-2050 | Statista](#)
- Tadesse W, Auñón F, Prada MA, Gil L, Alía R, Pardos JA. Mejora genética de *Pinus pinaster* ait. para la producción de miera. Secforestales. 2001; 10(1): 141-150.
- The Plant List [Internet]. [citado en febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.theplantlist.org/>
- Trentini, CP. Impacto del raleo sobre la vegetación del sotobosque y aspectos funcionales del suelo en plantaciones de *Pinus taeda* en Misiones, Argentina (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). 2017.
- Trentini, C. P., Campanello, P. I., Villagra, M., Ferreras, J., & Hartmann, M. (2020). Thinning partially mitigates the impact of Atlantic forest replacement by pine monocultures on the soil microbiome. *Frontiers in microbiology*. 2020; 11: 1491.
- Vidal F. La valoración de arbolado en España. Una revisión. *EARN*. 2012; 12(1): 115-140.
- WFO (World Flora Online. WFO Plant List [Internet]. [citado en marzo de 2022]. Disponible en: <https://wfoplantlist.org/plant-list/taxon/wfo-4000029794-2021-12>
- Zayas Maldonado M. M. Origen y distribución del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) Trabajo Fin de Grado inédito. Universidad de Sevilla, Sevilla, 2021.