

# 8.2.8. PINARES DE *PINUS* *PINASTER*

SVEN MUTKE; IRENE RUANO BENITO; JAIME MADRIGAL GONZALEZ; RAFAEL CALAMA SAINZ

## DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA

Los pinares naturales de negral (*Pinus pinaster*) aparecen en Castilla y León espontáneamente en las sierras circundantes a la cuenca del Duero, asociados normalmente a serranías con incendios recurrentes por rayo y en estaciones demasiado secas para pino silvestre o laricio, aunque también entra en contacto y puede mezclarse con ellos. Durante el último siglo, sus masas se han recuperado y expandido por repoblaciones alrededor de sus regiones de procedencia en la comunidad con fines protectores, restauradores de la cubierta forestal, y productivos para madera y resina. Así, las masas de la Sierra de Teleno tienen continuidad en las repoblaciones de sierras de León y Zamora, la Bureba hacia los montes Obarenes, y en el sistema Central la sierra Gata hasta las Batuecas. En el sistema Ibérico entronca con las masas del pino silvestre. En la vertiente sur de las sierras de Gredos y Guadarrama hay continuidad en las cuencas altas del Tiétar y del Alberche hacia un pinar mixto de negral con piñonero. También ha sido usado profusamente para repoblaciones forestales en otras comarcas de la Comunidad como los páramos de León y Palencia, con cierta mezcla con pino silvestre e incluso laricio, y permitiendo la recuperación bajo dosel (y acotado a pasto) del monte bajo degradado de rebollo (ALIA et al., 1996).

Además, sus pinares espontáneos ocupan en los arenales de la cuenca central del Duero, mayormente al sur de este río, en terreno no apto para cultivo agrícola. Hacia el oeste va cediendo gradualmente espacio al pino piñonero, con el que comparte hábitat. También alcanza los páramos calizos de la zona, con o sin manto eólico de arenas, con frecuencia en mezcla con otras especies arbóreas. Hacia el este, en la provincia de Soria, el negral entra en las Tierras de Almazán en contacto y mezcla con rebollo. Donde la pobreza del suelo arenoso y la recurrencia de los incendios no lo impidan, el dosel de pinar puede permitir la instalación de un subpiso de frondosas, frecuentemente de rebollo o encina (ALIA et al., 1996).

A mediados del siglo XX, en la cuenca media del Adaja abulense se había favorecido la plantación del pino negral por el interés económico de su resina, aunque el suelo más compacto y el clima algo más árido es más propio de piñonero y encina, como se está comprobando en los años secos del siglo presente, provocando mortalidades considerables del negral. A esta reseña corológica hay que añadir las forestaciones en tierras agrarias, como los pinares-isla normalmente menores de 1 hectárea que reemplazaron parcelas de viñedo dañado por

la filoxera en los siglos XIX-XX, y también las resultantes del programa de la PAC<sup>1</sup> desde 1993.

En términos más generales, el pino negral mediterráneo se encuentra en la península dentro de un rango altitudinal entre 600 y 1.300 metros; con un régimen de lluvias desde 400 hasta 800 mm y una temperatura media anual entre 9 a 15 °C, clasificado como mesoterma a moderadamente termófila. Está presente en terrenos silíceos, aunque tolera la cal (BRAVO-OVIEDO & MONTERO, 2008).

Los pinares de pino negral autóctonos, aunque atestigüados a lo largo del Holoceno e incluso antes, han sido frecuentemente interpretados como paraclimáticos o azonales, ligados a sustratos pobres o a serranías con frecuencia alta de incendios por rayos. En el hábitat tipo europeo también se incluyen las plantaciones antiguas y naturalizadas de este pino dentro de su área natural de distribución (MUTKE et al., 2013). Actualmente, el pino negral cubre una superficie de 359.217 ha<sup>2</sup> en Castilla y León.

<sup>1</sup> Política Agraria Común (PAC), accesible en <https://www.mapa.gob.es/es/pac/default.aspx>

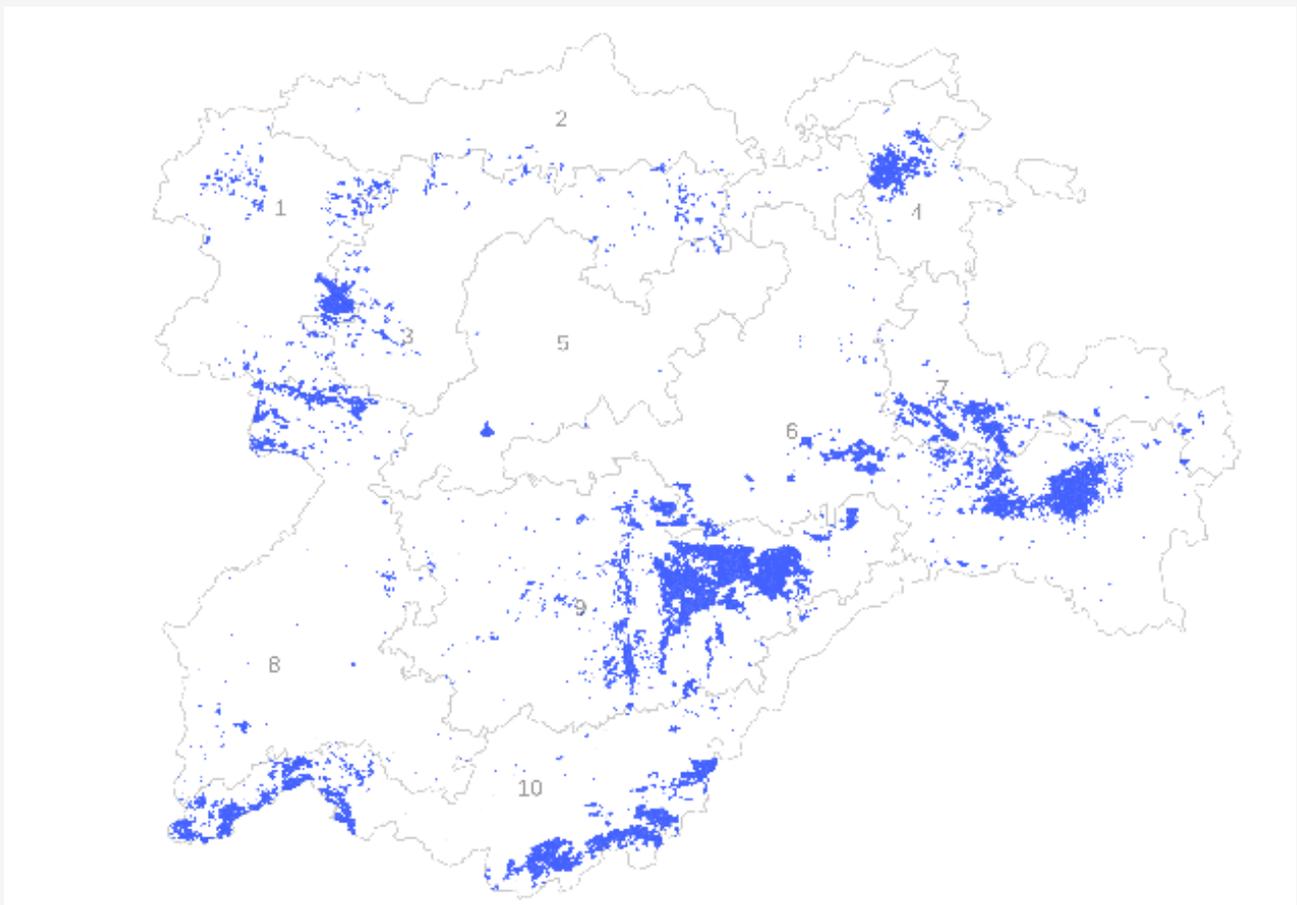
<sup>2</sup> Teselas con *Pinus pinaster* como especie principal. Mapa Forestal Español de máxima actualidad © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/mfe.aspx>



Masa de *Pinus pinaster* (Luyego, León). Foto de SEVILLA, F.



*Masa de Pinus pinaster sobre la que se aplica un resinado experimental (Coca, Segovia). Foto de SEVILLA, F.*



*Mapa de distribución de masas forestales con Pinus pinaster como especie principal según comarcas en el ámbito de Castilla y León (1. Bierzo-Sanabria; 2. Montaña Cantábrica; 3. Páramos silíceos y ribera; 4. Burgos norte; 5. Tierra de campos; 6. Páramos calizos y Soria; 7. Sistema Ibérico; 8. Oeste; 9. Tierra de pinares; 10. Sistema Central). Fuente: Mapa Forestal Español de máxima actualidad © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.*

# VULNERABILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO, IMPACTOS OBSERVADOS Y PREVISTOS

Las masas de pino negral son muy sensibles a la ocurrencia de sequías intensas fuera del periodo estival, a las altas temperaturas estivales y a la elevada exposición solar. Estos factores climáticos pueden implicar fallos en el establecimiento de la regeneración natural, reducciones en el crecimiento, procesos de decaimiento y mortalidad, agravamiento del efecto de plagas y otros agentes bióticos como muérdago o hongos patógenos de *Heterobasidion annosum* o *Ophiostoma minus* sp. (PRIETO-RECIO et al., 2015).

Mientras que en zonas como el sistema Ibérico (Soria, Burgos) o sistema Central (S<sup>a</sup> Gata) hasta la actualidad el pino negral se regenera sin problema en respuesta a los tratamientos aplicados (cortas a hecho en dos tiempos, aclareo sucesivo uniforme (ASU)), en los últimos años se han observado crecientes dificultades de regeneración en los arenales de la meseta Norte, especialmente en la provincia de Valladolid (EZQUERRA, 2020), así como en zonas de páramo calizo. El análisis de los subprocesos implicados ha permitido identificar un control de la precipitación sobre la producción de fruto (CALAMA et al., 2017; RUANO et al., 2015), siendo la escasez de semilla limitante en años muy secos. El principal cuello de botella identificado se asocia con la mortalidad de plántulas el verano siguiente a la emergencia (RUANO et al., 2009), que puede afectar a la totalidad de la cohorte fuera de las áreas bajo cubierta de las copas (RODRÍGUEZ GARCÍA et al., 2011). En la provincia de Valladolid (VERGARECHEA et al., 2019a, 2019b) se observa un fallo generalizado de la regeneración de pino negral en quince años de seguimiento de la red de estudio que el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Valladolid tiene instalada en los pinares en regeneración. Sólo en un 5% de las parcelas se observa regenerado establecido de esta especie (frente al 33% de *Pinus pinea*), por la alta sensibilidad del regenerado de *Pinus pinaster* a elevadas temperaturas estivales y otoñales. Por ello, ante los escenarios climáticos más adversos (RCP 8.5), la probabilidad de éxito en la regeneración de *Pinus pinaster* caerá al 20% incluso en condiciones óptimas de estructura de la masa. De hecho, ya se observa en muchas masas adultas actualmente dominadas por negral que el regenerado de la especie

está siendo desplazado por el piñonero, más resistente a la sequía, siendo una dinámica natural que se prevé aumentará en un futuro próximo (GORDO et al., 2020).

En las zonas donde la especie regenera bien se observan otros problemas asociados a una excesiva competencia inicial, bien con individuos de la propia especie (golpes de regenerado o siembras hiperdensas > 10.000 pies/ha), bien con el matorral heliófilo que puede surgir tras incendios forestales (o tras cortas a hecho en superficies excesivas).

En el interior de estos regenerados hiperdensos se observan diferentes procesos y daños, como los procesos de puntisecado tras años muy secos, lo que puede provocar que desde edades muy tempranas se produzcan malformaciones en fuste o copa debido a pérdida de dominancia apical (DEL RÍO et al., 2011). También se produce desde temprano una elevada esbeltez en los fustes, que puede provocar que se curven, tumben o den lugar a otras malformaciones que depreciarán su valor maderero, copas ralas (disminución de cohortes de acícula verde) y de puntisecado. Además, la acumulación de combustible seco en pie por la muerte de las ramas inferiores, la mortalidad natural por autoaclareo y el exceso de acícula seca desprendida pero retenida en estas ramas bajas produce una continuidad vertical explosiva de combustible, lo que implica una alta vulnerabilidad frente a los incendios. Por último, la pérdida de vigor en el arbolado implica una mayor sensibilidad frente a eventos abióticos o daños por plagas y/o enfermedades.

En el arbolado adulto presente en los pinares sobre arenales y páramos calizos de la meseta se observa en los últimos años la presencia de evidentes síntomas de decaimiento, tales como decoloración y defoliación, copas ralas, puntisecado, débiles crecimientos anuales y abundante presencia de muérdago, que derivan en un proceso de mortalidad especialmente ligado a episodios recientes muy secos como en los veranos de 2005, 2009, 2016 ó 2019. Entre los posibles agentes causantes de este decaimiento y mortalidad se han señalado la interacción entre factores de tipo biótico (hongos ophiostomales y *Heterobasidium*

*annosum*) y abiótico (déficit hídrico asociado a eventos de sequía extrema) (GEA-IZQUIERDO et al., 2019; PRIETO RECIO et al., 2017). CALAMA et al. (2022) contabilizan, a partir de los datos anuales de pinos resinados y aprovechamientos extraordinarios en la provincia de Valladolid, que entre 2012 y 2019 han muerto más del 11% de los pinos negrales localizados en lotes en resinación, identificando un impacto negativo de altas temperaturas máximas estivales y positivo de la precipitación. Los trabajos anteriores reflejan un mejor estado sanitario en rodales con tratamientos selvícolas que han adecuado la densidad de la masa y en los que la especie no aparece mezclada con *Pinus pinea*.

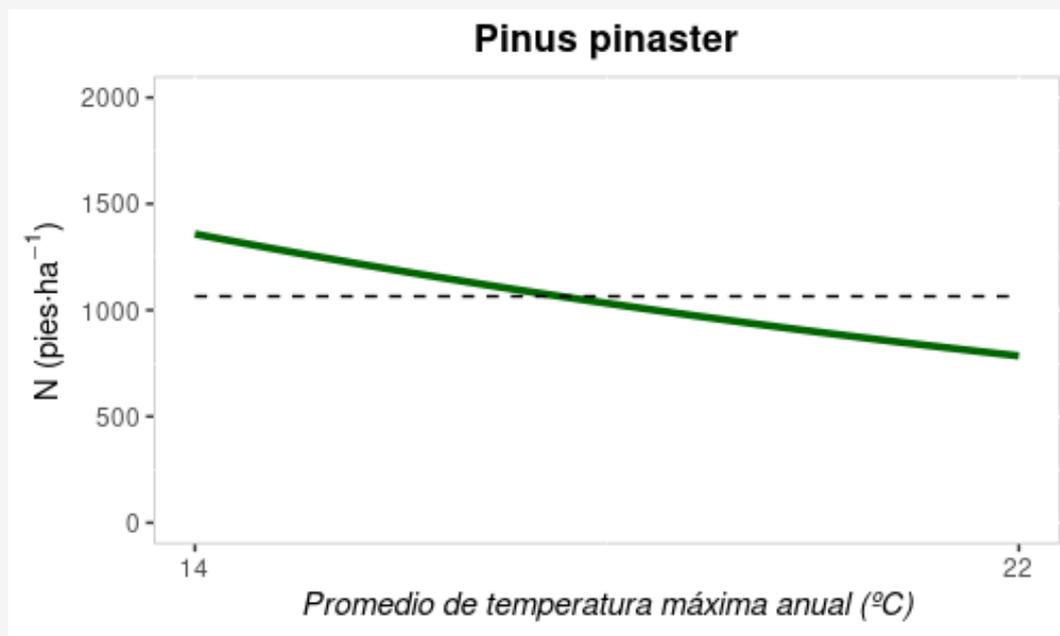
Frente a las amenazas bióticas, hay que destacar la alta sensibilidad del pino negral a la plaga invasora del nematodo de madera de pino (*Bursaphelenchus xylophilus*), cuyo riesgo de introducción accidental desde Portugal es alto, teniendo en cuenta que la habitabilidad de la cuenca incluso alta del Duero para la plaga aumentará con la temperatura (PAJARES, 2020). También hongos patógenos en expansión como *Heterobasidion annosum* u *Ophiostoma minus* se verán favorecidos por un mayor debilitamiento del pino negral debido a la recurrencia de sequías severas (DÍEZ, 2019). El aumento de temperaturas y sequías puede favorecer también la expansión de otras plagas como los perforadores, la defoliación masiva por procesionaria y la infestación masiva de la copa por muérdago, que se traduce en aumento de la vulnerabilidad de los pinos afectados. En periodos muy secos, los efectos de todos estos factores pueden verse agravados, igual que el aún mayor riesgo de incendio según la evolución de la sequía y de las tormentas estivales, sobre todo cuando no se acompañan de precipitaciones. Es previsible que los recurrentes incendios catastróficos habituales en el Teleno y las Sierras de Gata y Gredos, no siempre debidos a causas naturales como los rayos, se verán multiplicados en futuros veranos extremos como el de 2022 también en otras comarcas de grandes extensiones pinar, matorral y pastos.

Ante esta situación actual de creciente decaimiento y mortalidad en arbolado adulto de pino

negral en los arenales y su falta de regeneración en las estaciones más limitantes, existe un riesgo de reducción importante de la superficie dominada por pino negral que podría ser reemplazado por el piñonero, por matorral (retama), muy dudosamente por la encina (si ésta fuera capaz de instalarse en los arenales paupérrimos propios del pinar), y en el peor de los casos en berceales. En los páramos calizos, la estación es menos limitante y entran también la sabina albar, enebros y otros arbustos.

Las actuales masas puras de negral, con frecuencia sólo resultado de cortas y siembras selectivas del siglo XIX y XX para regularizar la masa en ordenación para resina y madera, especialmente en la Tierra de Pinares segoviana, podrán recuperar su dinámica natural de masa mixta de piñonero y negral, mientras las mixtas en los arenales más occidentales y secas corren el riesgo de transformarse por el fracaso unilateral de regenerado en masas puras de piñonero, especie más tolerante a un clima más caluroso y árido que el negral.

Estudios sobre la máxima densidad de la masa, o máxima capacidad de carga de la especie, demuestran la influencia de las condiciones climáticas en la misma, con menores densidades en estaciones con un rango de temperaturas anuales amplio (ver figura) y con un índice de aridez mayor (RODRÍGUEZ DE PRADO et al., 2021). La figura muestra cómo evoluciona la máxima densidad de la masa (línea de autoclareo o valor de densidad máximo para un diámetro medio cuadrático de 25 cm, SDI<sub>max</sub>) según cambia el rango de temperaturas en la estación. El área entre esta línea y la línea horizontal, que representa el SDI<sub>max</sub> medio a lo largo del gradiente climático, puede ser interpretado como un proxy de la vulnerabilidad de la máxima capacidad de carga de la especie ante distintas condiciones climáticas. En el caso del pino negral, el área entre las curvas sugiere que es una especie con sensibilidad a cambios en el rango de temperaturas, que puede ser vulnerable ante rangos muy amplios.



*Influencia climática de la máxima capacidad de carga (expresada como el Índice de Densidad Máximo de la Masa, SDImax) para Pinus pinaster. La línea continua (verde) representa la estimación del SDImax utilizando el modelo climático-dependiente de mejor ajuste para la especie (promedio de temperatura máxima anual (°C)). La línea horizontal discontinua (negra) representa el valor de referencia de SDImax. Gráfico adaptado de RODRÍGUEZ DE PRADO et al. (2020).*

En caso de una reducción excesiva de la fracción de cubierta cubierta, como ocurría en las cortas ha hecho del pasado, la vegetación tarda y no es capaz por mucho tiempo de establecer una cubierta continua, limitándose en muchos sitios durante un tiempo prologando a un vuelo de hierbas fugaces estacionales o el berceo (*Stipa gigantea*). En estas condiciones, la poca materia orgánica no es retenida, sino meteorizada y lavada, haciéndose extremadamente difícil lograr una regeneración de entidad suficiente en superficie, incluso recurriendo a la siembra directa repetida, a la espera de la ocurrencia de una serie de años favorables que permitan prosperar finalmente a una cohorte de reclutamiento. La pobreza y textura suelta de las arenas, mero sustrato más que suelo, sobre las que se asientan los pinares, representa tradicionalmente problemas para la regeneración debido a su falta de retención de humedad edáfica y nutrientes, así como al sobrecalentamiento de su superficie bajo insolación directa, conllevando a riesgos de erosión eólica si no es sujetado por sistemas radicales de la vegetación o por una capa de macrorrestos leñosos. Una de las causas de la situación actual era la extracción de la pinocha o barrujo para fines agrícolas, empobreciendo aún más el balance de nutrientes del ecosistema. Las actuales

tendencias y futuras previsiones hacia un clima más árido y caluroso aumentarían estos problemas si llegasen en algunos escenarios a unas condiciones esteparias.

También puede presentar problemas a nivel de raíz por un paso abrupto de condiciones de anoxia y encharcamiento en los suelos a carencia absoluta de agua durante el periodo de crecimiento de la especie, debido a los procesos intensivos de recarga artificial y extracción agrícola de agua de las zonas almacén de los acuíferos. Otras especies vegetales de perfil xerófito sobre sustratos arenosos, como *Malcolmia triloba* o *Pistorinia hispanica*, podrían verse igualmente afectadas fundamentalmente en los lugares de mayor encharcamiento, además de las especies líquénicas de suelo como *Cladonia rangiformis*, *Cladonia subrangiformis* o *Cetrarea aculeata*, sobre todo en periodos de encharcamiento agravados durante los eventos de lluvia torrencial. También puede haber aumento de la evapotranspiración por el cambio de saturación de agua en el suelo con riesgo de salinización en bodones, rasos y zonas endorreicos, por ejemplo, en los pinares cerca de Las Salinas (Medina de Campo, Valladolid).

# ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MEDIDAS RECOMENDADAS

Las estrategias de adaptación propuestas a continuación deben ser revisadas y adaptadas a la marcha del cambio climático y las experiencias acumuladas, y más en caso de especies como el pino negral que podrían perder parte de su área actual de distribución. Si se plasmara en el territorio el desplazamiento geográfico del nicho adecuado para la selvicultura actual de *Pinus pinaster*, habrá que adoptar una estrategia adecuada, y plantear la posibilidad de apoyar las dinámicas en marcha cuando fuera

necesario: si lograr la regeneración del negral, u otra especie, ya no fuera viable bajo futuras condiciones climáticas limitantes, habrá que evitar la pérdida de condición arbolada, en su caso introduciendo otras especies más adaptadas que no puedan llegar de forma natural en corto tiempo (migración asistida a pequeña escala), ejemplo de la (re)introducción de *Pinus pinea* en pinares resineros segovianos, o en su caso favorecer el negral donde la selvicultura del silvestre ya no fuera viable.

## Favorecer la especie apoyando la regeneración natural

Con el objetivo de favorecer la regeneración natural del pino negral en aquellas estaciones del interior de la meseta donde se consigue con dificultad, se propone que los rodales lleguen a final de turno con una densidad suficiente que garantice el sombreado de las plántulas establecidas en sus fases iniciales, evitando dejar huecos excesivos. En pinares orientados a la resinación, que han sido aclarados intensamente desde edades tempranas y donde las copas han alcanzado su potencial de expansión, las densidades podrían situarse en torno a 125-150 pies/ha, subiendo a 200 pies/ha en estaciones muy desfavorables.

Bajo las condiciones óptimas y asegurada la disponibilidad de semilla suficiente se debe aplicar un sistema de cortas gradual por aclareo sucesivo uniforme (ASU), basado en una única corta preparatoria-diseminatoria de baja intensidad y varias cortas liberatorias del regenerado establecido bajo la cobertura de la copa.

En la una única corta preparatoria-diseminatoria se eliminará en torno a un 33% de los pies, buscando un área basimétrica objetiva en torno a 15 m<sup>2</sup>/ha. Esta corta ligera tiene como finalidad eliminar los pies malformados y poco vigorosos, favorecer puesta en luz limitada, y laborear el terreno por acción de la maquinaria con el objetivo de favorecer la

emergencia. El mantenimiento de esta cobertura de copas tiene por finalidad generar ambientes lumínicos favorables para la germinación y supervivencia inicial de las plántulas y garantizar la disponibilidad de semilla suficiente durante los primeros veranos (RUANO et al., 2009, 2015). Los pies a mantener deben ser los que presenten mejor copa y mayor vigor, así como los que ocupen claros.

Para garantizar la viabilidad del regenerado, se propone la aplicación de cortas de liberación gradual de las manchas de regenerado viable establecido cuando se vea que el crecimiento está siendo afectado por el arbolado adulto remanente. Estas cortas se aplicarán con una periodicidad de 5-10 años y eliminado en cada intervención un máximo del 50% del área basimétrica remanente, con un máximo de 2-3 intervenciones. El objetivo será alcanzar en un periodo de 25 años la consecución de la regeneración, pudiendo mantenerse 5-10 pies maduros por ha como posible fuente semillera y para favorecer la biodiversidad.

Todo el regenerado preestablecido de pino negral que se considere viable debe respetarse en la ejecución de las cortas, favoreciendo su liberación incluso en la corta preparatoria-diseminatoria. La medida puede extenderse al pino piñonero y a otras especies arbóreas (*Quercus ilex* o *Juniperus*

*oxycedrus*) presentes. Por el contrario, el regenerado avanzado poco viable (muy poca acícula, porte tortuoso o malformado, o con pérdida de dominancia apical en pino negral) debe ser eliminado en la primera intervención.

En el caso de que transcurridos los primeros 8-10 años tras la aplicación de la corta preparatoria-diseminatoria no se haya establecido regenerado bajo las copas, bien en todo el rodal en regeneración o bien en algunas zonas, se puede proceder a realizar un gradeo del territorio y, en casos en los que se identifique falta de semilla, proceder a realizar siembras. Asimismo, en rodales maduros de *P. pinaster* donde tras las cortas se esté instalando un regenerado de piñonero, pero aún interese mantener la presencia del pino negral, se debe favorecer al regenerado preexistente de la especie e incluso, de manera excepcional, recurrir a la siembra o plantación de individuos.

En estaciones con buena regeneración (sistema Central y sistema Ibérico) pueden seguir aplicándose métodos de corta más intensivo, incluidos las cortas a hecho por fajas o bosquetes y corta a hecho en dos tiempos, siempre que se observe la consecución de la misma, pasando en caso contrario a la aplicación de las cortas por ASU. En estas intervenciones que implican una rápida puesta en luz del suelo, al igual que en el caso de la regeneración post-incendio o las siembras a voleo, el principal factor limitante es la aparición de matorral heliófilo que genera una fortísima competencia con las plántulas de pino desde sus estados iniciales de desarrollo, especialmente en periodos secos. En este caso, el matorral debe ser eliminado de forma manual en los dos-tres primeros años tras el establecimiento del regenerado.

## Regular la densidad de la masa para reducir el estrés hídrico y mejorar su estado de vitalidad

La aplicación de un régimen de claras intenso y precoz se ha descrito como una posible medida para favorecer la resistencia de la especie en las zonas más afectadas por decaimiento (CALAMA et al., 2022; PRIETO-RECIO et al., 2015). En los pinares regenerados mediante cortas por ASU, donde la densidad de establecimiento no supere los 2.000 pies/ha, se debe aplicar un clareo inicial precoz (altura media inferior a 2 m, lo que según calidades puede ser en torno a los 10 años) y fuerte, buscando una densidad final en torno a 800 pies/ha y una distribución uniforme de pies en el rodal (RODRÍGUEZ-SOALLEIRO et al., 2008). A partir de esta densidad podrá aplicarse una segunda intervención a los 15-20 años de edad (altura de 4 m) donde se reducirá la densidad en un 50% de los pies, con el objeto de dejar unos 500 pies/ha. Desde esta densidad podrá aplicarse la selvicultura propuesta para la especie en función de los objetivos de la masa. En las estaciones del interior de la meseta, con vocación de producción resinera, interesa la aplicación de claras tempranas al objeto de concentrar el crecimiento en los mejores 150-200 pies/ha.

En regenerados hiperdensos consecuencia de regeneración post-incendio o cortas a hecho en extensas superficies, tras el control del matorral heliófilo propuesto en la medida anterior, también deben aplicarse clareos fuertes y precoces. Sin embargo, en este caso la densidad remanente vendrá condicionada por la densidad inicial (que puede superar los 10.000 pies/ha), no debiéndose en estos casos reducir la densidad a menos 2.500-3.000 pies/ha a los 10 años de edad. A partir de esas edades se plantea un sistema de claras gradual que permita alcanzar, a través de dos o tres intervenciones separadas 5-10 años, unas densidades finales en torno a 400 pies/ha. En el caso de regenerados hiperdensos sobre un área continua de gran superficie, este clareo puede ser de tipo semisistemático, con apertura mecanizada de calles estrechas y clareo selectivo manual entre calles. En el caso de plantaciones densas o siembras a voleo, la intervención puede ser de tipo semisistemático (eliminando una línea de cada dos, e interviniendo en la otra línea) buscando alcanzar las densidades propuestas.

## Fomentar la diversificación específica

En zonas donde se observen severos procesos de decaimiento y mortalidad en los individuos maduros de pino negral, así como ausencia de regenerado de la especie, debe plantearse el favorecer la presencia de otras especies como *Pinus pinea*, *Quercus ilex*, *Q. pyrenaica*, *Q. faginea* o *Juniperus* sp. Asimismo, en estas zonas deben evitarse repoblaciones puras con *Pinus pinaster*, mezclándolas con *Pinus pinea* y resto de especies. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estudios previos (CALAMA et al., 2022; PRIETO-RECIO et al., 2015, 2017) han identificado una mayor probabilidad de decaimiento y mortalidad de pino negral en los rodales en los que aparece mezclado con *Pinus pinea*, así como un menor crecimiento (VERGARECHEA, 2021), factores todos asociados a la mejor adaptación del piñonero en condiciones de aridez. Esto implica que en zonas donde el pino

negral vegete de manera adecuada debe evitarse la mezcla íntima pie a pie con *Pinus pinea*, planteando bien el mantenimiento de rodales puros o la mezcla por bosquetes de gran tamaño o incluso rodales.

En otras zonas (sistema Ibérico y sistema Central) donde se mezcla con *Quercus pyrenaica*, la mezcla tiene efectos beneficiosos para ambas especies, pudiendo favorecerse estas estructuras mixtas (ALDEA et al., 2021). En cualquier caso, y de igual manera a lo propuesto en las medidas para los pinares de piñonero, en caso de favorecer la presencia de un subpiso de *Quercus* y *Juniperus* deberán mantenerse en bajas densidades mediante la aplicación de resalvos y claras al objeto de interrumpir la continuidad vertical del combustible.

## Adecuar la estructura de la masa para aumentar su resistencia frente a incendios forestales

En zonas con elevada densidad de arbolado, fruto del retraso de aplicación de tratamientos selvícolas, o en zonas de baja densidad de arbolado donde se instala un sotobosque denso de matorral, la ocurrencia de incendios es el factor de mayor vulnerabilidad, especialmente en zonas de pendiente y escenarios climáticos extremos. Desde los estados iniciales de monte bravo se recomienda la aplicación de tratamientos complementarios consistentes en la

creación de áreas cortafuegos, aplicación de podas de penetración de fuste en los pies remanentes tras claros, y los desbroces de matorral. Asimismo, se favorecerá el mantenimiento de una cobertura suficiente de arbolado que permita el control por sombreado del matorral, mediante la aplicación gradual de los regímenes de claras propuestos en el apartado correspondiente.

## Contribuir a la protección y restauración de la calidad y fertilidad de los arenales

Esta medida tiene como objeto mantener y restaurar la calidad y fertilidad del suelo de los pinares sobre arenales. A la falta casi completa de la fracción de finos por el origen eólico o fluvial del manto de arenas, la única forma viable de mejorar el suelo, antes de que el clima imperante de este siglo se vuelva aún más difícil, parece la retención e incorporación del máximo posible de materia orgánica para cambiar la inercia edáfica detenida en una escasa capa de pinocha sobre arenales casi limpios con pocas raíces. Si la materia orgánica puede actuar de primer buffer para humedad y nutrientes, esto permitirá además una biocenosis edáfica más rica que en las arenales estériles actuales, propiciando una bioturbación y una edafogénesis que en la actualidad está prácticamente arrestada.

Mediante la incorporación de restos de corta, astillados u otra materia orgánica, fracción a la que, al

menos experimentalmente, se podría incluir carbón vegetal (biochar) por sus propiedades beneficiosas para la química del suelo, se puede lograr mejorar la estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes de las capas superficiales, iniciando el proceso. Se seguirá procurando la incorporación de la materia orgánica procedente de trituración in situ en superficie o mediante un gradeado, enriqueciendo la estructura y composición del primer horizonte. Sería interesante evaluar, de manera experimental, la posibilidad de aplicar enmiendas para mejorar estructura y composición del suelo de los arenales, por ejemplo, con una fracción de carbón vegetal, emulando experiencias de exportar el modelo de "terra preta" a suelos europeos.

## PROPUESTA DE ENCLAVES O ZONAS DE ANÁLISIS POR COMARCAS EN CASTILLA Y LEÓN

Debe prestarse especial atención a las siguientes zonas de pinar:

- i. Montes de Arévalo (episodios de decaimiento edafoclimático de pino negral) en la comarca 9
- ii. Montes de Sepúlveda (puntisecado en pino negral por infección fúngica) en la comarca 9
- iii. Sección IIIª del Monte nº 48 del catálogo de U.P. de la provincia de Segovia (Común Grande de las Pegueras) en la comarca 9
- iv. Pinar de Gomezserracín en la comarca 9
- v. Masas dispersas de pino negral en la campiña arenosa (Carracillo, Segovia) en la comarca 9
- vi. Paramos calizos del este de Valladolid (comarca 6), fenómenos de mortalidad

# REFERENCIAS

- ALDEA, J., BRAVO, F., VÁZQUEZ-PIQUÉ, J., RUÍZ-PEINADO, R., & DEL RÍO, M. 2021. DIFFERENCES IN STEM RADIAL VARIATION BETWEEN *PINUS PINASTER* AIT. AND *QUERCUS PYRENAICA* WILLD. MAY RELEASE INTER-SPECIFIC COMPETITION. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 481, 118779. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2020.118779](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118779)
- ALÍA, R., MARTÍN, S., DE MIGUEL, J., GALERA, R. M., AGÚNDEZ, D., GORDO, J., SALVADOR, L., CATALÁN, G., & GIL, L. 1996. LAS REGIONES DE PROCEDENCIA DE *PINUS PINASTER* AITON. OAPN-MMA, MADRID. 75 PP. ISBN: 84-8014-156-5.
- BRAVO-OVIEDO, A., & MONTERO, G. 2008. DESCRIPCIÓN DE LOS CARACTERES CULTURALES DE LAS PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES DE ESPAÑA. EN: COMPENDIO DE SELVICULTURA APLICADA EN ESPAÑA. INIA-FUCOVASA. MADRID. [HTTPS://GREGORIOMONTERO.FILES.WORDPRESS.COM/2016/09/2008-CARACTERES\\_CULTURALES\\_ESPECIES\\_FIORESTALES-COMPEN-DIO-DE-SEVICULTURA-APLICADA-EN-ESPAC3B1A.PDF](https://gregoriomontero.files.wordpress.com/2016/09/2008-CARACTERES_CULTURALES_ESPECIES_FIORESTALES-COMPEN-DIO-DE-SEVICULTURA-APLICADA-EN-ESPAC3B1A.PDF)
- CALAMA, R., MANSO, R., LUCAS, M. E., ESPELTA, J. M., NICOLAU, M., BRAVO, F., ..., & PARDOS, M. 2017. NATURAL REGENERATION IN IBERIAN PINES: A REVIEW OF DYNAMIC PROCESSES AND PROPOSALS FOR MANAGEMENT. *FOREST SYSTEMS*, 26(2), eR02S. [HTTPS://DOI.ORG/10.5424/FS/2017262-11255](https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11255)
- CALAMA, R., MARTÍNEZ, C., PARDOS, M., DEL RÍO, M., MADRIGAL, G., MENÉNDEZ-MIGUELEZ, M., BRAVO, S., GONZÁLEZ, A., & GORDO, J. 2022. PATRONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE MORTALIDAD EN MASAS DE *PINUS PINASTER* RESINADAS EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID. ACTAS 8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. LLEIDA, CATALUÑA. [HTTPS://8CFE.CONGRESO-FORESTAL.ES/SITES/DEFAULT/FILES/ACTAS/8CFE-431.PDF](https://8cfe.congreso-forestal.es/sites/default/files/actas/8cfe-431.pdf)
- DEL RÍO, M., AGUIRRE, M., CALAMA, R., MADRIGAL, G., GORDO, F.J., FINAT, L., ÁLVAREZ, D., MONTERO, G., MUTKE, S. 2011. EARLY THINNING FOR CROWN EXPANSION AND DROUGHT STRESS REDUCTION. AGROPINE2011. INTERNATIONAL MEETING ON MEDITERRANEAN STONE PINE FOR AGROFORESTRY. VALLADOLID-ESPAÑA, 17-19 DE NOVIEMBRE DE 2011.
- DÍEZ, J. J. 2019. MARITIME PINE DECLINE IN NORTHERN CASTILE, DROUGHTS AND IMPLIED PATHOGENS. INTER-REGIONAL WORKSHOP "RESIN RESOURCE MONITORING & MODELLING IN A CONTEXT OF CLIMATE CHANGE", INIA MADRID, JANUARY 21/22. [HTTPS://INCREDIBLEFOREST.NET/SITES/DEFAULT/FILES/RESOURCE/FILES/SESSION2.2\\_DIEZ.PDF](https://incredibleforest.net/sites/default/files/resource/files/session2.2_diez.pdf)
- EZQUERRA, F. J. 2020. EL PINO NEGRAL EN CASTILLA Y LEÓN: UNA PANORÁMICA. EN: NUEVAS PERSPECTIVAS DEL *PINUS PINASTER* EN ESPAÑA. SIGCA – HAZI – GOBIERNO VASCO, 55-60 PP.
- GEA-IZQUIERDO, G., FÉRRIZ, M., GARCÍA-GARRIDO, S., AGUÍN, O., ELVIRA-RECUENCO, M., HERNANDEZ-ESCRIBANO, L., ... & RAPOSO, R. 2019. SYNERGISTIC ABIOTIC AND BIOTIC STRESSORS EXPLAIN WIDESPREAD DECLINE OF *PINUS PINASTER* IN A MIXED FOREST. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 685, 963-975. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2019.05.378](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.378)
- GORDO, J., GONZÁLEZ, A., CUBERO, D., MARTÍNEZ, C., GÓMEZ, M., DEL RÍO, M., VERGARECHEA, M., & CALAMA, R. 2020. DECAIMIENTO DE *PINUS PINASTER* EN LOS ARENALES DE LA MESETA CASTELLANA. EN: NUEVAS PERSPECTIVAS DEL *PINUS PINASTER* EN ESPAÑA. SIGCA – HAZI – GOBIERNO VASCO. 75-80 PP. [HTTPS://SIGCAMADERA-DECALIDAD.INFO/SITES/DEFAULT/FILES/PINASTER\\_WEB.PDF](https://sigcamadera-decalidad.info/sites/default/files/pinaster_web.pdf)
- MUTKE, S., GARCÍA DEL BARRIO, J. M., MARTÍNEZ JAUREGUI, M., SOLIÑO, M., MIGUEL, J. DE JUSTES, A., RUIZ-PEINADO, R., DEL RÍO, M., AUÑÓN, F., ALÍA, R., CHAMBEL, R., HERRUZO, C., SÁNCHEZ DE RON, D., & ALONSO, C. 2013. BASES PARA BUENAS PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DEL APROVECHAMIENTO RESINERO. INIA, MADRID. 96 PP. [HTTPS://4.INTERREG-SUDOE.EU/CONTENIDO-DINAMICO/LIBRERIA-FICHEROS/F16EB6C3-FBF9-3609-FB5F-3FCBBEA6C4AC.PDF](https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/F16EB6C3-FBF9-3609-FB5F-3FCBBEA6C4AC.PDF)
- PAJARES, J. 2020. EL NEMATODO DEL PINO, UNA PERMANENTE AMENAZA PARA NUESTROS PINARES. *FORESTA*, 78, 70-76. [HTTPS://WWW.FORESTALES.NET/CANALES/FICHA.ASPX?IDMENU=B6947309-987F-4BFF-808D-4E7E974CCAF8&COD=FC49A809-8F45-4223-8A59-7E0731A811AF&IDIOMA=ES-ES](https://www.forestales.net/canales/ficha.aspx?IdMenu=B6947309-987F-4BFF-808D-4E7E974CCAF8&COD=FC49A809-8F45-4223-8A59-7E0731A811AF&IDIOMA=ES-ES)
- PRIETO-RECIO, C., MARTÍN-GARCÍA, J., BRAVO, F., & DIEZ, J. J. 2015. UNRAVELLING THE ASSOCIATIONS BETWEEN CLIMATE, SOIL PROPERTIES AND FOREST MANAGEMENT IN *PINUS PINASTER* DECLINE IN THE IBERIAN PENINSULA. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 356, 74-83. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2015.07.033](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.033)

- PRIETO-RECIO, C., BRAVO, F., & DÍEZ, J. J. 2017. FACTORES BIÓTICOS, ABIÓTICOS Y DE GESTIÓN INVOLUCRADOS EN EL DECAIMIENTO DE *PINUS PINASTER* EN LA PENÍNSULA IBÉRICA. ACTAS DEL 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. PLASENCIA, CÁCERES. [HTTP://SECFORESTALES.ORG/PUBLICACIONES/INDEX.PHP/CONGRESOS\\_FORESTALES/ARTICLE/VIEW/18787/18515](http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/18787/18515)
- RODRÍGUEZ DE PRADO, D., SAN MARTÍN, R., BRAVO, F., & DE AZA, C. H. 2020. POTENTIAL CLIMATIC INFLUENCE ON MAXIMUM STAND CARRYING CAPACITY FOR 15 MEDITERRANEAN CONIFEROUS AND BROAD-LEAF SPECIES. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 460, 117824. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2019.117824](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117824)
- RODRIGUEZ-GARCIA, E., GRATZER, G., & BRAVO, F. 2011. CLIMATIC VARIABILITY AND OTHER SITE FACTOR INFLUENCES ON NATURAL REGENERATION OF *PINUS PINASTER* AIT. IN MEDITERRANEAN FORESTS. *ANNALS OF FOREST SCIENCE*, 68(4), 811-823. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S13595-011-0078-Y](https://doi.org/10.1007/s13595-011-0078-y)
- RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R., SERRADA, R., LUCAS, J. A., ALEJANO, R., DEL RÍO, M., TORRES, E., & CANTERO, A. 2008. SELVICULTURA DE *PINUS PINASTER MESOGEEENSIS*. EN: COMPENDIO DE SELVICULTURA APLICADA EN ESPAÑA. INIA-FUCOVASA. [HTTP://WEBS-PERSOAIS.USC.ES/EXPORT9/SITES/PERSOAIS/PERSOAIS/ROQUE.RODRIGUEZ/DESCARGAS/PINUS\\_PINASTER\\_SUB\\_MESOGEEENSIS.PDF](http://webs-persoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/DESCARGAS/PINUS_PINASTER_SUB_MESOGEEENSIS.PDF)
- RUANO, I., MANSO, R., FORTIN, M., & BRAVO, F. 2015. EXTREME CLIMATE CONDITIONS LIMIT SEED AVAILABILITY TO SUCCESSFULLY ATTAIN NATURAL REGENERATION OF *PINUS PINASTER* IN SANDY AREAS OF CENTRAL SPAIN. *CANADIAN JOURNAL FOREST RESEARCH*, 45, 1795-1802. [HTTPS://DOI.ORG/10.1139/CJFR-2015-0257](https://doi.org/10.1139/CJFR-2015-0257)
- RUANO, I., PANDO, V., & BRAVO, F. 2009. HOW DO LIGHT AND WATER INFLUENCE *PINUS PINASTER* AIT. GERMINATION AND EARLY SEEDLING DEVELOPMENT? *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 258(12), 2647-2653. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2009.09.027](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.027)
- VERGARECHEA, M., CALAMA, R., FORTIN, M., & DEL RÍO, M. 2019A. CLIMATE-MEDIATED REGENERATION OCCURRENCE IN MEDITERRANEAN PINE FORESTS: A MODELING APPROACH. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 446, 10-19. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2019.05.023](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.023)
- VERGARECHEA, M., CALAMA, R., PRETZSCH, H., ALDAY, J. G., & DEL RÍO, M. 2021. SHORT-AND LONG-TERM GROWTH RESPONSE TO CLIMATE IN MIXED AND MONOSPECIFIC FORESTS OF *PINUS PINEA* AND *PINUS PINASTER*. *EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH*, 140(2), 387-402. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10342-020-01336-X](https://doi.org/10.1007/s10342-020-01336-x)
- VERGARECHEA, M., DEL RÍO, M., GORDO, J., MARTÍN, R., CUBERO, D., & CALAMA, R. 2019B. SPATIO-TEMPORAL VARIATION OF NATURAL REGENERATION IN *PINUS PINEA* AND *PINUS PINASTER* MEDITERRANEAN FORESTS IN SPAIN. *EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH*, 138, 313-326. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10342-019-01172-8](https://doi.org/10.1007/s10342-019-01172-8)