

Con el apoyo de:



20
AÑOS



APLICACIÓN CASOS DE ESTUDIO

- La certificación forestal FSC como instrumento de gestión forestal adaptativa-

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Los indicadores ACC seleccionados han sido evaluados en tres montes piloto, Navahondona (Cazorla, Jaén), Montes de Valsaín (Segovia) y Barrantes (Pontevedra). Estos tres montes se sitúan a lo largo de la península Ibérica (ver Figura 1) cubriendo una variada tipología de pinares. En concreto, los Montes de Valsaín cuenta con masas de pinares compuestos por especies eurosiberianas (i.e. *Pinus sylvestris*), el monte de Navahondona está compuesto mayoritariamente por pinares mediterráneos de montaña (i.e. *P. nigra*), mientras que el monte de Barrantes está formado por pinares cuya distribución es mediterráneo-occidental y atlántica (i.e. *P. pinaster* y *P. radiata*, respectivamente).

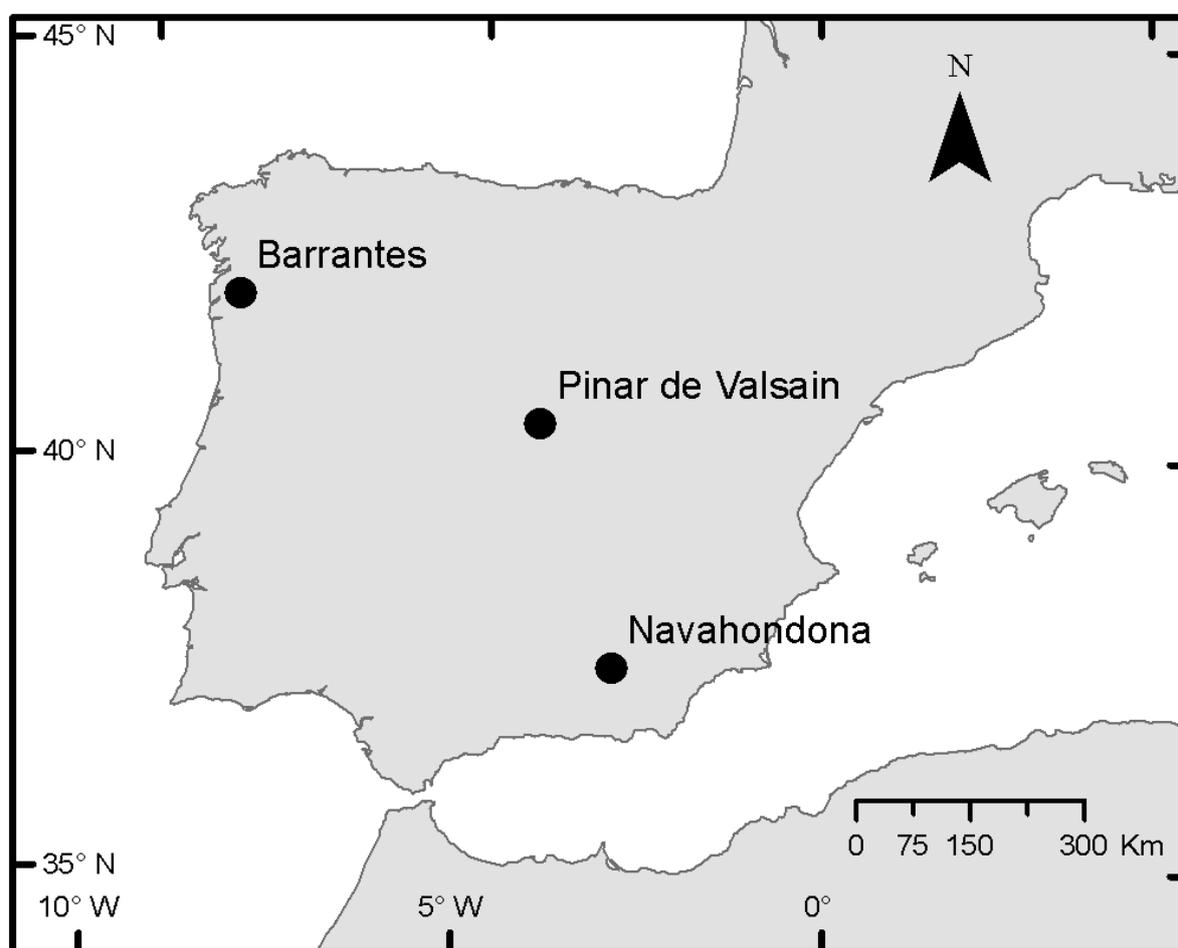


Figura 1. Localización de los tres montes de estudio.

Con el apoyo de:



En cada uno de estos montes hemos evaluado los impactos y la vulnerabilidad ante el cambio climático y propuesto una serie de actuaciones de cara a la mejora en la gestión forestal adaptativa, certificada FSC y eficiente de cara a paliar los efectos del cambio climático. Los indicadores evaluados en esta primera fase del estudio han sido aquellos para los que existían datos. En concreto, se han calculado indicadores que hacen uso de los datos existentes en las ordenaciones forestales, en el inventario forestal nacional, así como en bases de datos externas (e.g. bases de datos climáticas o bases de datos de ocurrencia de las diferentes especies). En un futuro se propone implementar algunos de estos indicadores con mediciones en el campo, que puedan ser monitoreados y evaluados a lo largo del tiempo.

Con el apoyo de:



20
AÑOS



MONTE DE ESTUDIO 1

Montes de Valsaín (Segovia)

Con el apoyo de:



1.1 DESCRIPCIÓN DEL MONTE DE ESTUDIO 1: Montes de Valsaín

Los Montes Valsaín, formados por el Monte Matas y el Monte Pinar, catalogados como monte número 1 y 2 del Catálogo de Utilidad Pública de la Provincia de Segovia, se encuentran situados en el término municipal de San Ildefonso-La Granja perteneciente al Organismo Autónomo de Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente y gestionado por el Centro de Montes y Aserradero de Valsaín. En concreto, los Montes de Valsaín están situado en la vertiente norte de la sierra de Guadarrama, perteneciente a la Cordillera Carpetana (Figura 2). Su superficie total es de 7606 ha, de la cual una parte minoritaria está incluida dentro de Parque Nacional de Guadarrama, mientras que el resto forma parte de la zona Periférica de Protección (ZPP), donde los usos y aprovechamientos forestales están permitidos. Estos montes se encuentran ordenados desde finales del siglo XIX, encontrándose actualmente el Monte Pinar en la 7ª Revisión de la Ordenación y el Monte Matas en la 2ª Revisión de la Ordenación. La ordenación forestal del monte indica cómo se organizan los recursos forestales en el espacio y en el tiempo, así como sus usos y aprovechamientos.

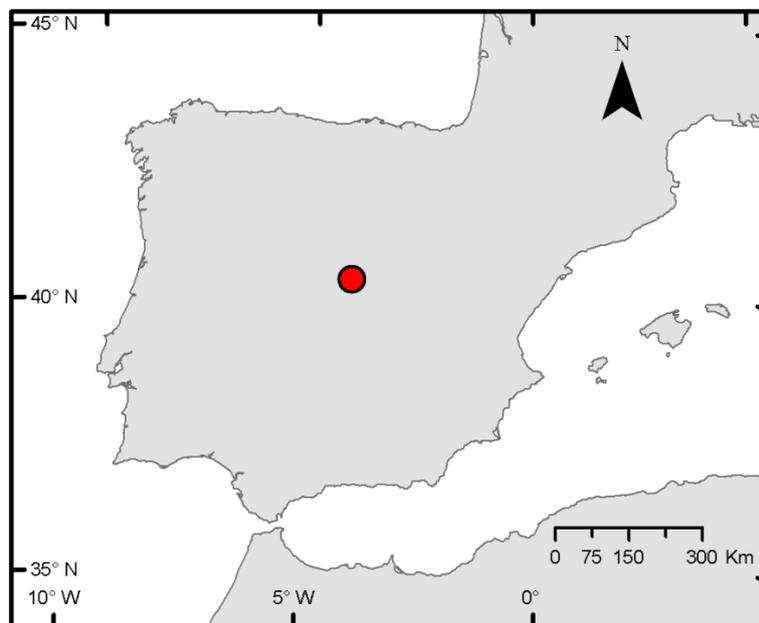


Figura 2. Localización del monte ordenado Montes de Valsaín situado entre las coordenadas máximas ($3^{\circ} 57' 29,8607''$ W, $40^{\circ} 53' 33,1822''$ N) y mínimas ($4^{\circ} 5' 31,2938''$ W, $40^{\circ} 46' 52,6228''$ N) proyectadas en el sistema de referencia ED50.

Con el apoyo de:



El rango altitudinal oscila entre los 1000 y 2000 m s.n.m., con unos niveles de precipitación desde los 900 mm en las zonas más bajas hasta los 1500 mm en las zonas elevadas. La precipitación total anual es de 1322,95 mm, mientras que la temperatura media anual es de 6,44°C. La tendencia climática de las últimas décadas en los Montes de Valsaín indica que la temperatura media anual ha sufrido un aumento desde los años 80, siendo este aumento más notable en los últimos años (Figura 3a). Por otro lado, la sequía, medida mediante el índice de SPEI muestra valores más negativos (más sequía) desde los años 80, siendo estos valores más acusados en los últimos años (Figura 3b).

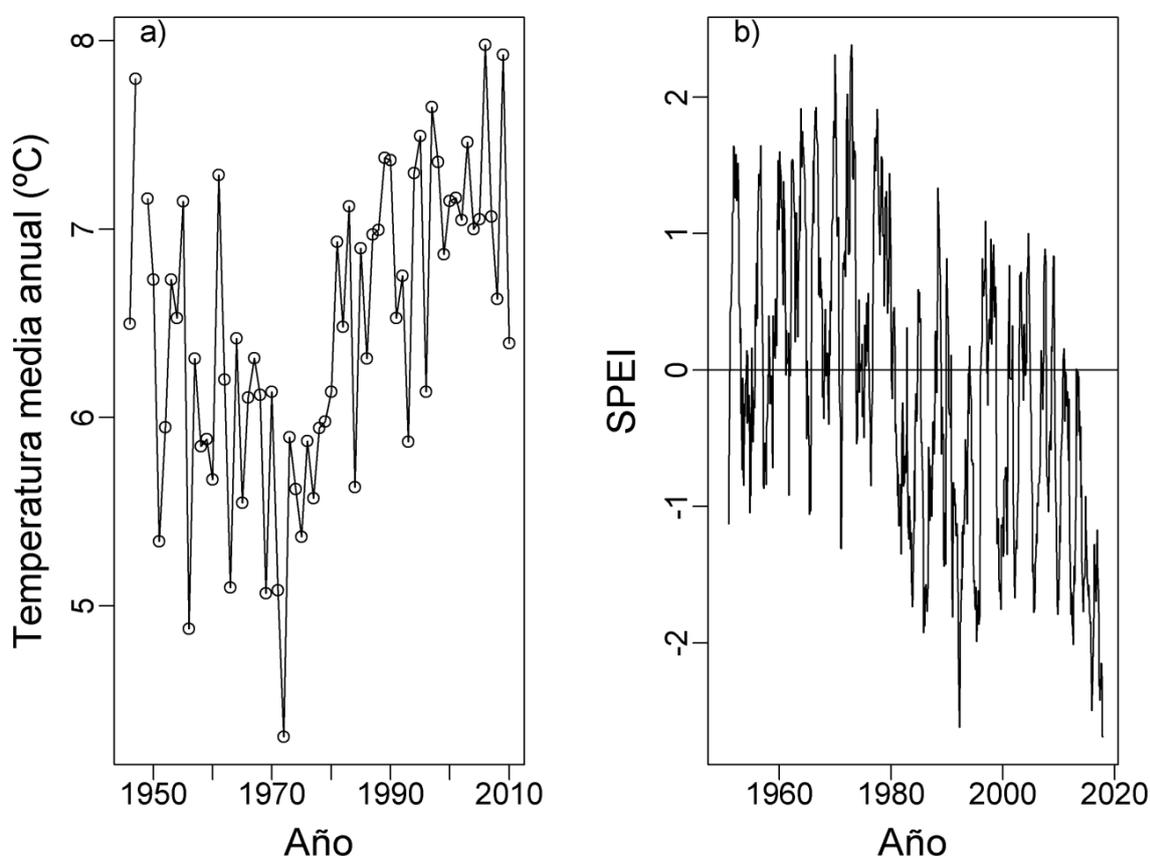


Figura 3. (a) Temperatura media anual y (b) SPEI para la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI en los Montes de Valsaín. Elaboración propia.

La especie más abundante en los Montes de Valsaín es el pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), que se distribuye entre los 1200 y 2000 m s.n.m. El roble melojo (*Quercus pyrenaica* Willd.) domina en zonas más bajas entre los 1000 y 1400 m s.n.m. También hay presencia de



pequeños rodales de encina (*Quercus ilex* L.) en estas zonas bajas. Asimismo, los pastos son comunes a diferentes altitudes. En los Montes de Valsaín tiene desde el año 2004 un Sistema de Gestión Forestal Sostenible (SGFS), acorde con las líneas de trabajo desarrolladas en la Unión Europea, para el sector forestal y a lo establecido en la Ley 43/2003 de Montes. Este Sistema ha sido auditado conforme a los principios y criterios de los Sistemas de Certificación Forestal PEFC y FSC® obteniéndose ambas certificaciones de Gestión Forestal Sostenible.

Uso de datos para el cálculo de indicadores de los Montes de Valsaín

Para el cálculo de los indicadores ACC en los Montes de Valsaín se han utilizado datos de diversos tipos:

- Datos climáticos (CLI)
- Datos de modelización (MN)
- Datos de ordenaciones de montes (OM)
- Memorias anuales (MA)

Ver anexo 1 para más información sobre los datos y métodos utilizados para cada uno de los indicadores.

A continuación, se hace una breve descripción del proyecto de ordenación para los Montes de Valsaín, ya que a diferencia de los datos CLI y MN que proceden de la misma fuente para los tres montes de estudio, los datos OM son exclusivos para cada monte. El plan de ordenación de los Montes de Valsaín y sus siete posteriores revisiones (Tabla 1) divide el monte en diferentes unidades dasocráticas (i.e. sección, cuartel, tramo, cantón) cada una de las cuales puede ser utilizada como unidad de muestreo para el cálculo de indicadores. En este informe, usamos el nivel de cuartel como unidad de muestreo (ver Figura 4).

Con el apoyo de:

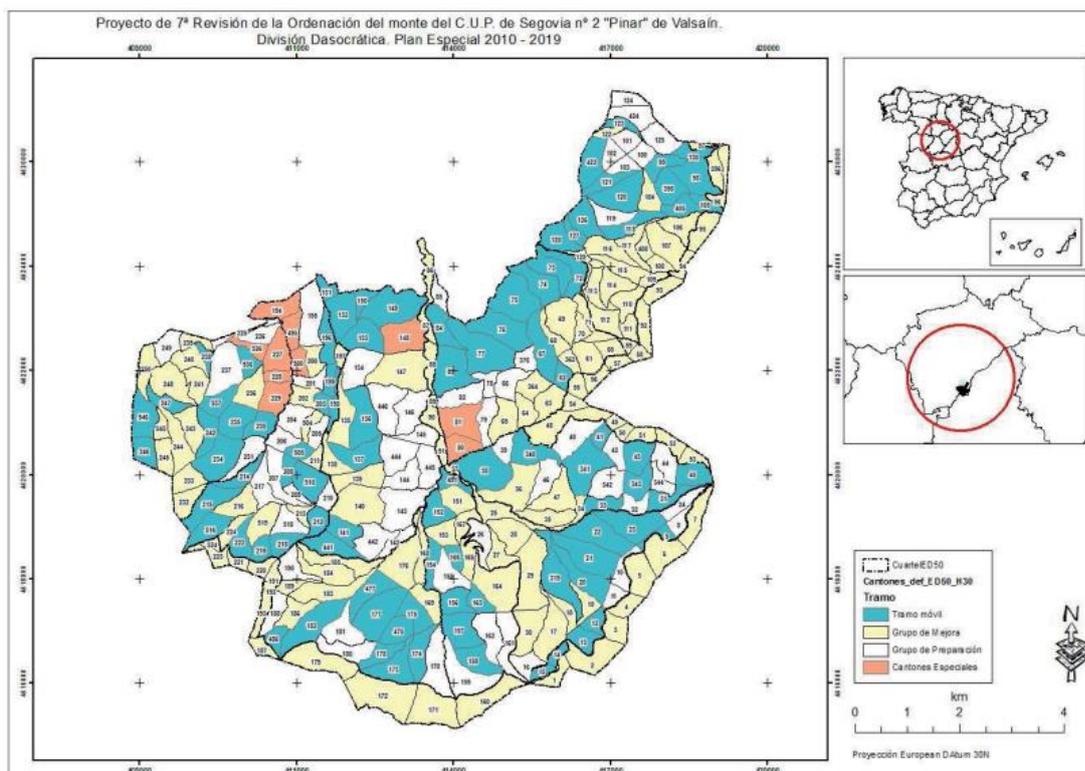


Figura 4. División dasocrática del monte Pinar de Valsain durante la última revisión de ordenación (2010). Las líneas gruesas negras indican la división de los cuarteres, mientras que las líneas finas indican la división de los cantones. Los diferentes colores muestran los diferentes tramos. Fuente: 7ª Revisión del Plan de Ordenación del Pinar de Valsain.

Con el apoyo de:



Tabla 1. Descripción de la evolución del proyecto de ordenación y sus revisiones a lo largo de los siglos XIX, XX y XXI en el monte ordenado Pinar de Valsaín.

Proyecto	Año	Método ordenación	Método cortas	Turno	Periodo regeneración	No. secciones	No. cuarteles	No. de tramos	Superficie pública (ha)	Superficie arbolada (ha)	No. Pies métricos	No. Pies métricos	Existencias (mc)	Posibilidad anual	Aprovechamientos (mc)
Ordenación	1889	TP	AS	120	20	3	9		7449				1814150	29448	192140
1ª Revisión	1941	TP	AS	120	20	3	9				852726	1854212	1481708	19013	167656
2ª Revisión	1948	TP	AS	120	20	3	9	36	7449.67	6604.39	708319	1862408	1640251	21870	240751
3ª Revisión	1959	TP	AS	120	20	3	9	36	74493.69	6604.39	808044	1868122	1671270	23956	120121
4ª Revisión	1965	TP	AS	120	20	3	9	36		6719.75	945402	1804284	2062116	46634	513735
5ª Revisión	1990	TM/EG	AS/EH	120	20	3	9	36	7622	7192	2114976	2098618	2101543	27000	277138
6ª Revisión	2000	TM/EG	AS/EH	120	20-30	3	9	36	7610	7217	1048267	1911508	2190375	28708.5	276710
7ª Revisión	2010	TM/EG	AS/EH	120		3	9	36	7606	7207		2440001	2393021		

Donde los métodos de ordenación corresponden a TP, tramos permanentes; TM, tramo móvil; EG, entresaca generalizada. Los métodos de corta se corresponden con AS, aclareo sucesivo; EH, entresaca por huroneo.

RESULTADOS DE LOS INDICADORES

INDICADOR 1-Sequía (SEQ)

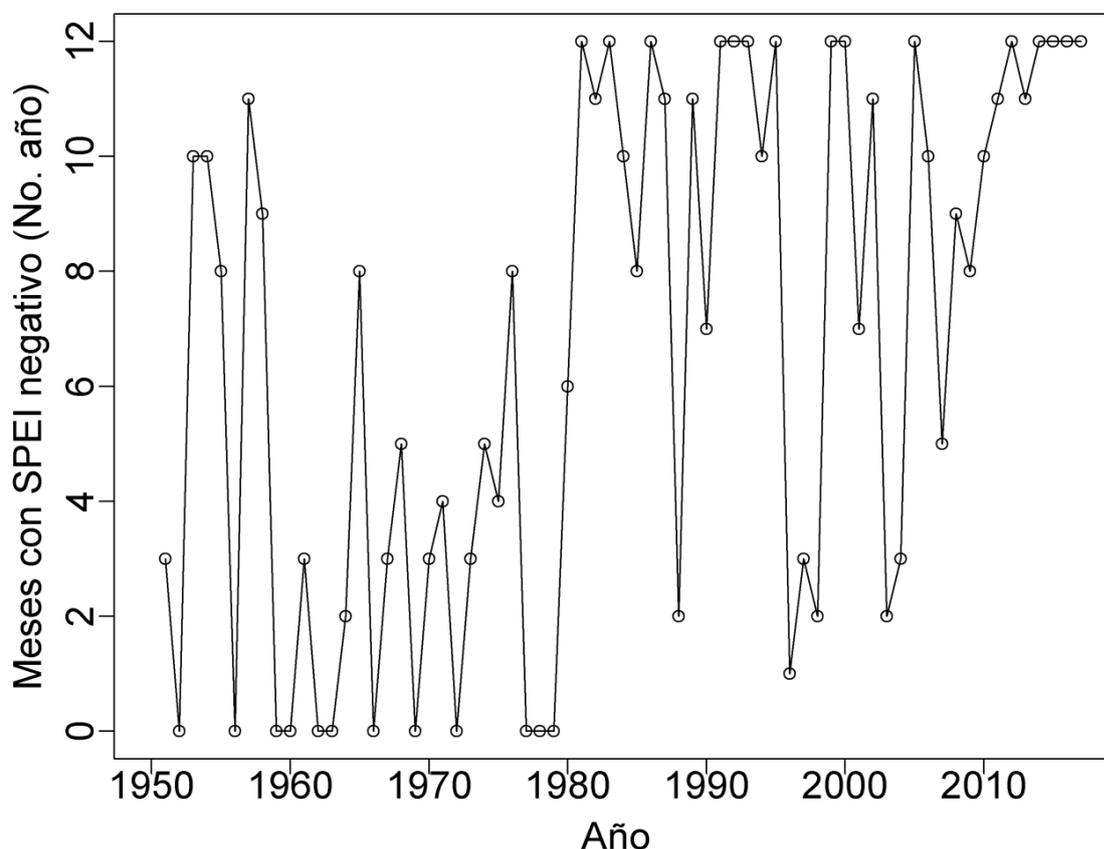


Figura 5. Evolución del número de meses con sequías al año desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

El número de meses con sequías al año sufre un aumento importante a partir de los años 80 (Figura 5). Desde entonces hasta la actualidad el cambio es menor, aunque en la última década se observa que el número de meses con SPEI negativo se mantiene en valores bastante elevados, donde todos o la mayor parte de los meses hay valores negativos de SPEI. **El indicador SEQ sugiere un incremento del peligro por sequía en los últimos años.**

INDICADOR 2-Heladas tardías (HEL)

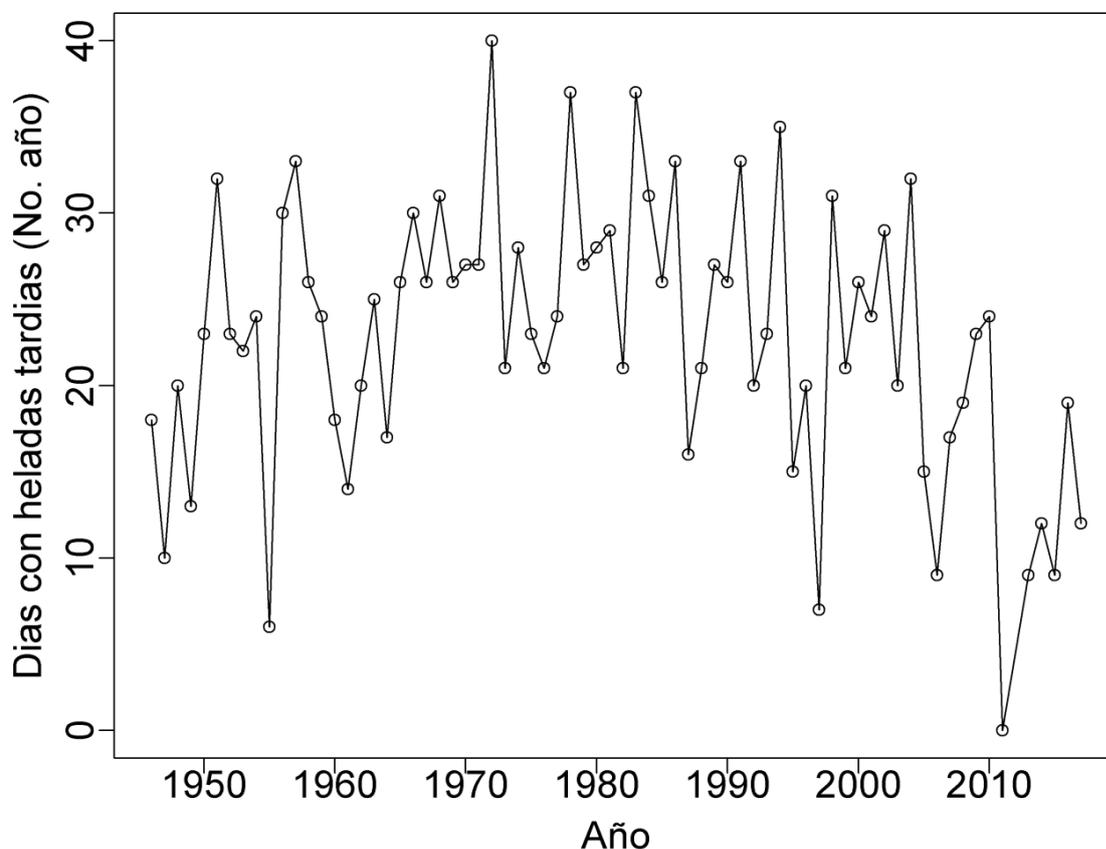


Figura 6. Evolución del número de días con heladas tardías desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

El número de días con heladas tardías al año sufrió un aumento hasta los años 80, a partir de los cuales decrece considerablemente hasta la actualidad (Figura 6). **El indicador HEL sugiere un descenso del peligro por heladas tardías en los últimos años.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 3-Incendios (INC)

En los Montes de Valsaín no se han producido en los últimos años incendios que puedan ser atribuidos al cambio climático. Los conatos que se han identificado han sido por causa antrópica y alguno de ellos procedentes de rayos.

Se concluye que los incendios en estos montes no están motivados ni se han incrementado como consecuencia de los efectos del cambio del clima. Este indicador no se considera significativo en este monte debido hoy por hoy a las condiciones climáticas locales y a la existencia de una gestión bien planificada.

El indicador INC sugiere un peligro bajo por incendios en los últimos años.

INDICADOR 8-Crecimiento (CRE)

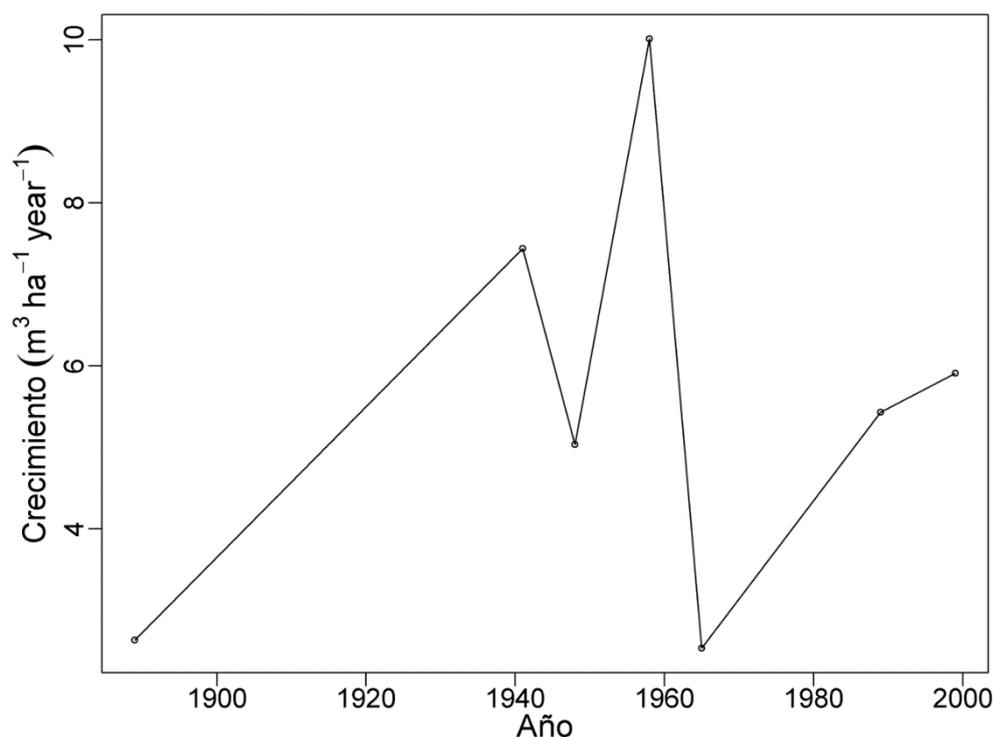


Figura 8. Evolución del crecimiento medio anual por hectárea de *Pinus sylvestris* en los Montes de Valsaín desde finales del siglo XIX hasta el año 2000.

El crecimiento medio anual de *Pinus sylvestris* en los Montes de Valsaín muestra oscilaciones entre los 3 y 10 m³ ha año, a lo largo del siglo XX, con marcados descensos en

Con el apoyo de:



el crecimiento en los años 1940 y 1960, mientras que en los demás años muestra incrementos en el crecimiento (Figura 8). En los últimos años la tendencia del crecimiento es de aumento. **El indicador CRE sugiere un impacto bajo del cambio climático en los últimos años.**

INDICADOR 11.1- Defoliación (DEF)

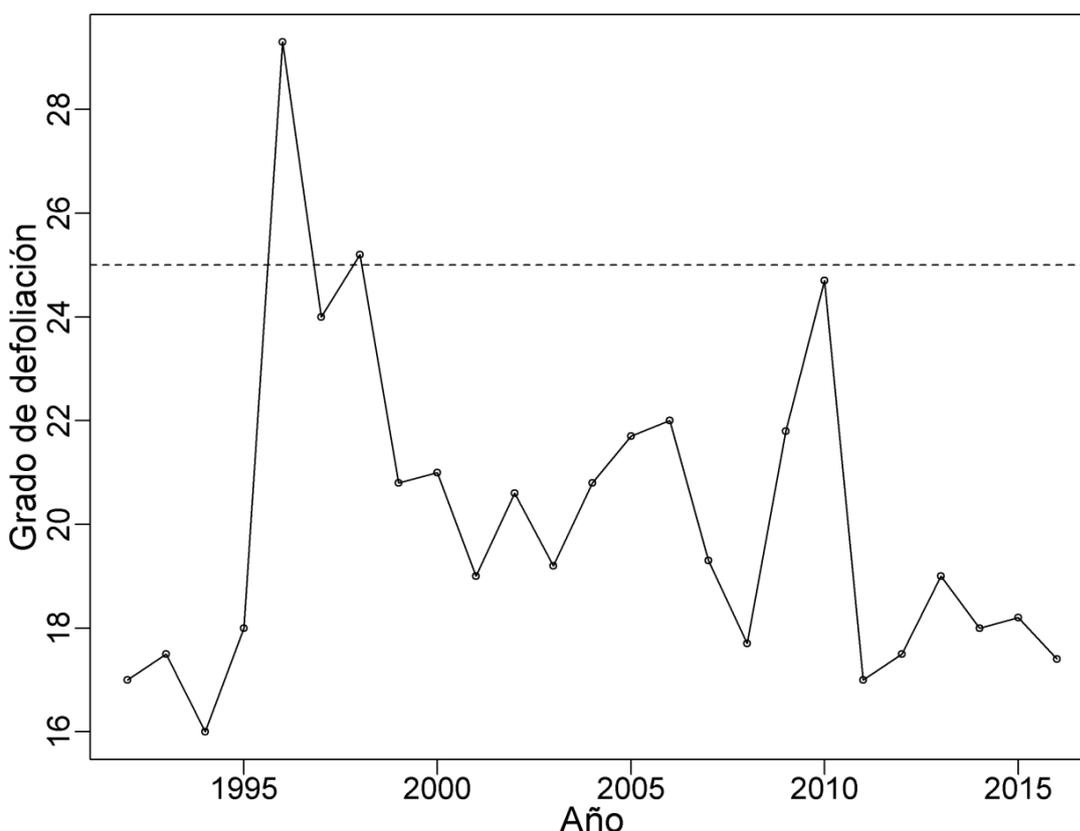


Figura 9. Evolución del grado de defoliación en individuos de *Pinus sylvestris* en los Montes de Valsaín desde 1992 hasta el año 2016.

El grado de defoliación que se lleva midiendo en los Montes de Valsaín como parte de la red de seguimiento del estado fitosanitario de las masas forestales desde el año 1992, oscila entre el 16 y el 28%. En general, el grado de defoliación se mantiene por debajo del 25% (ver línea punteada, Figura 9), lo que se considera como un nivel de defoliación ligero. No obstante, en los últimos años el grado de defoliación se ha mantenido en niveles aún más bajos, cercanos al 18%. **El indicador DEF sugiere un impacto poco significativo en los últimos años.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 11.2- Afeción plagas (PLA)

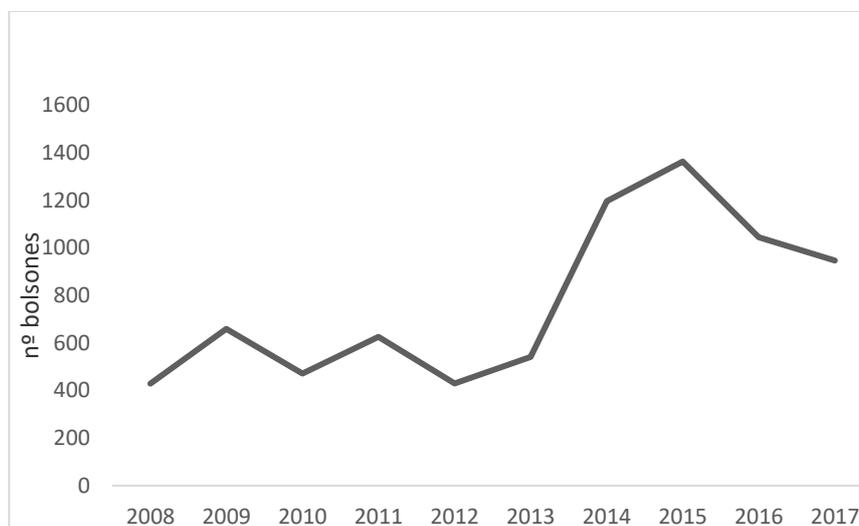


Figura 10. Evolución del número de bolsones de procesionaria eliminados de individuos de *Pinus sylvestris* en los Montes de Valsaín desde 2008 hasta el año 2017.

Este indicador de defoliación refleja la afeción de la procesionaria medida como el número de bolsones de la misma eliminados de individuos de *Pinus sylvestris*. Los datos extraídos de las memorias anuales muestran un aumento del número de bolsones entre los años 2013 y 2014, la tendencia de los últimos años es descendiente.

El indicador DEC sugiere un descenso moderado del impacto por procesionaria en los últimos años.

Con el apoyo de:



INDICADOR 13-Heterogeneidad de clases diamétricas (HET)

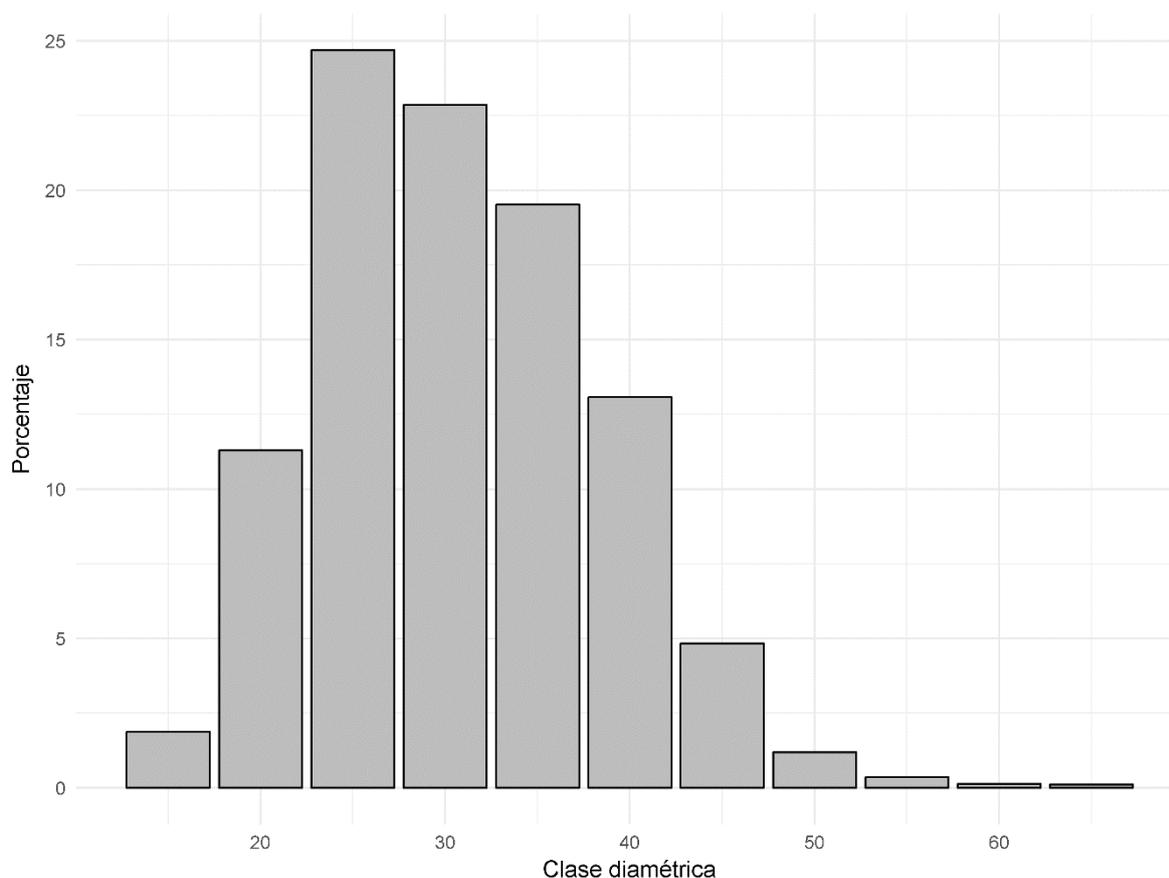


Figura 11. Porcentaje de clases diamétricas para individuos de *Pinus sylvestris* en el Pinar de Valsaín. Elaboración propia. Fuente de datos: 7ª revisión.

El indicador de heterogeneidad de clases diamétricas muestra el porcentaje de individuos para cada uno de los grupos diamétricos (cm). En el Pinar de Valsaín la heterogeneidad tiene una distribución normal, donde existen individuos de la mayoría de clases diamétricas (Figura 11). El menor porcentaje de individuos corresponde a las clases diamétricas mayores mientras que la mayor parte de los individuos se encuentran entre los 25 y 35 cm de diámetro.

El indicador HET sugiere una capacidad de adaptación media-alta.

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 17-Rango de distribución (RDI)

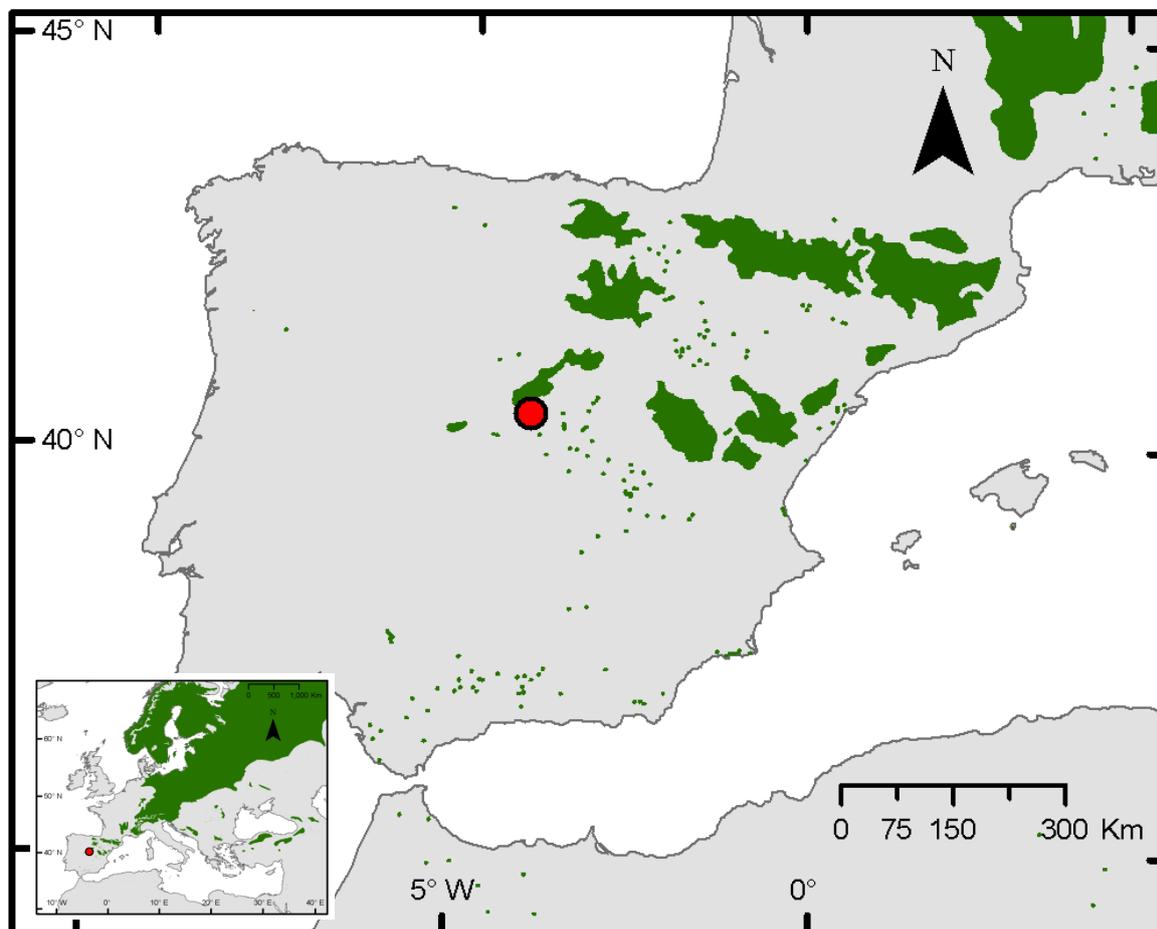


Figura 12. Localización de la población de estudio (en rojo) con respecto al rango de distribución de la especie *Pinus sylvestris* en España y en Europa (mapa reducidos de la parte inferior izquierda) según Euforgen.

Las poblaciones de *Pinus sylvestris* de los Montes de Valsáin se encuentran cerca del límite sur de la distribución global de la especie (Figura 12). **El indicador RDI sugiere una vulnerabilidad alta.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 18-Cambios distribución de especies - presencia-ausencia (CDEpa)

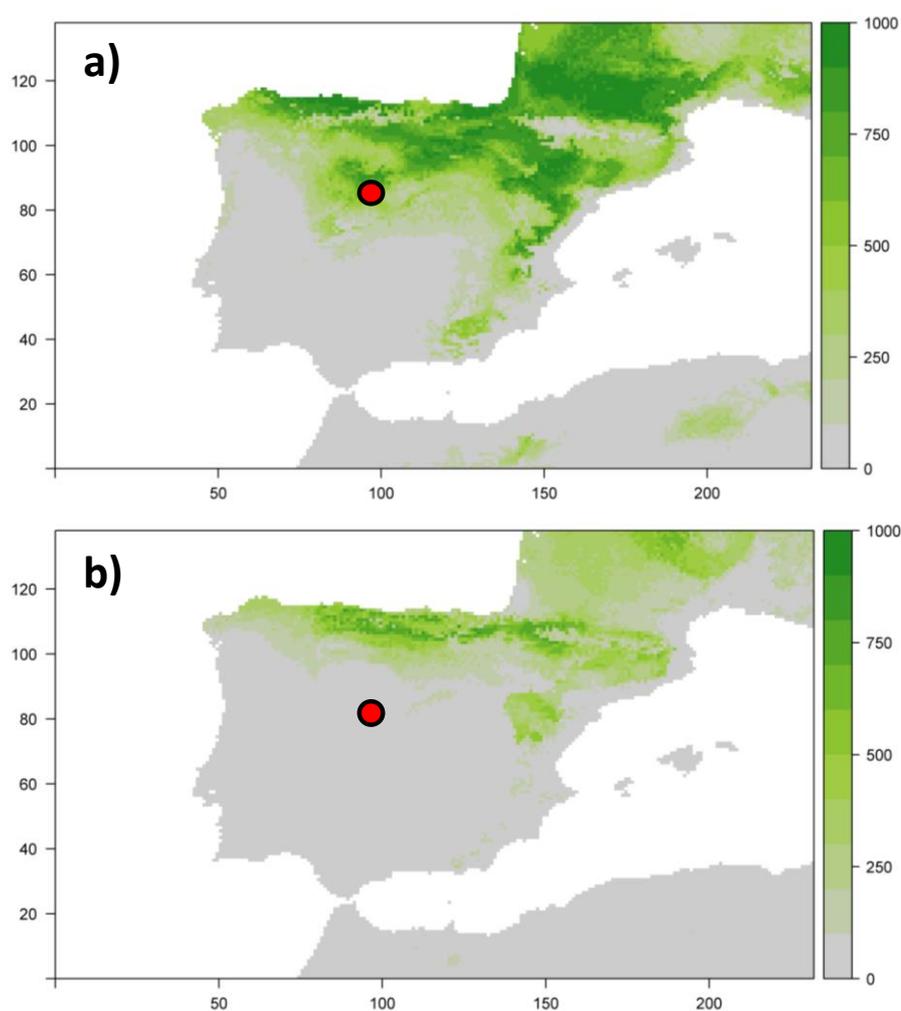


Figura 13. Distribución potencial de *Pinus sylvestris* en a) condiciones actuales y b) condiciones futuras de cambio climático. La barra de la derecha indica el nivel de idoneidad para la presencia de la especie en un determinado lugar, donde 0 es idoneidad nula y 1000 es muy idónea. Elaboración propia.

La distribución potencial de *Pinus sylvestris* se ve reducida drásticamente cuando el modelo es proyectado en los escenarios futuros de cambio climático (Figura 13b) con respecto a su distribución potencial actual (Figura 13a). **El indicador CDEpa sugiere una vulnerabilidad alta.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 19-Cambios distribución de especies - regiones de procedencia (CDErp)

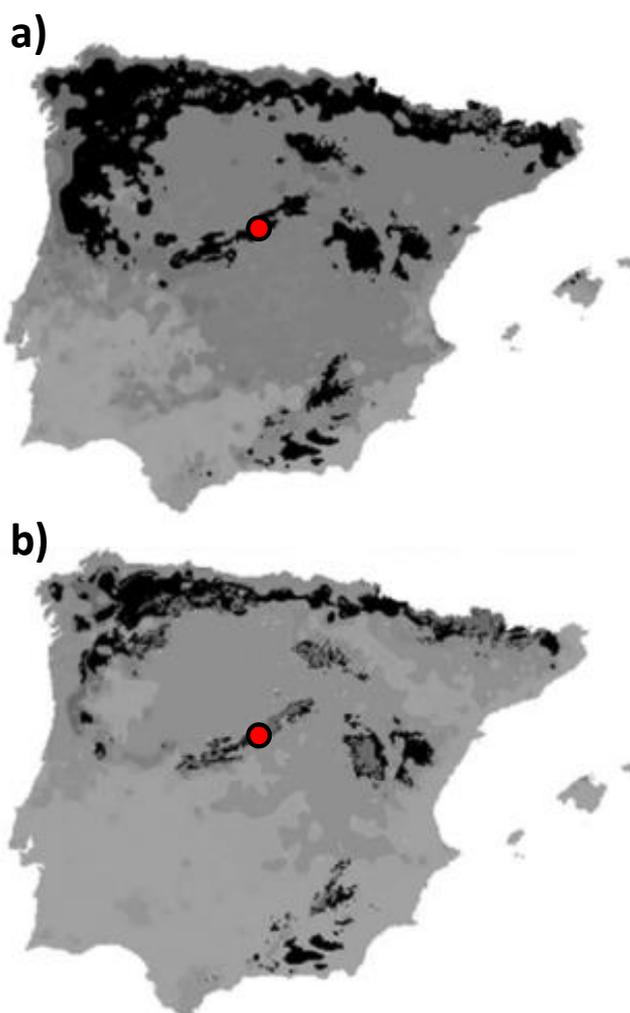


Figura 14. Distribución potencial de *Pinus sylvestris* en a) condiciones actuales y b) condiciones futuras de cambio climático. Fuente: modificado de Benito-Garzón et al. 2011.

La distribución potencial de *Pinus sylvestris* se ve reducida bajo escenarios de cambio climático (Figura 14b) en comparación con las condiciones actuales (Figura 14a). La reducción en la superficie es inferior cuando el modelo se calibra con datos procedentes de ensayos de procedencia (Figura 14) que tienen en cuenta la adaptación local y la plasticidad de la especie, en comparación con los modelos calibrados con datos de presencia-ausencia (Figura 13). **El indicador CDErp sugiere una vulnerabilidad moderada-alta.** La vulnerabilidad es inferior en los modelos de distribución calibrados con datos de regiones de procedencias que en aquellos calibrados con datos de presencia-ausencia.

Con el apoyo de:



INDICADOR 16-Gestión (GES)

Tabla 2. Descripción de los parámetros de gestión para el monte Pinar de Valsaín.

Parámetros de gestión	Características específicas
Método ordenación	Tramo móvil y entresaca generalizada
Tratamiento selvícola	Aclareo sucesivo por bosquetes
Turno de corta	120
Edad de regeneración	20 años
Estructura masa	Semirregular
Tratamientos intermedios	<p>Cortas de regeneración en cuarteles productores (preparatorias, diseminatorias y aclaratorias)</p> <p>Cortas de mejora en tratamientos selvícola intermedios (clareos y claras) en masas jóvenes cerradas y cortas de mejora sobre individuos aislados o pequeños golpes de arbolado</p> <p>Cortas de resalveo para mejora del monte bajo</p>
Tratamiento biodiversidad	<p>Mantenimiento de individuos de grandes dimensiones (5 a 15 individuos)</p> <p>Conservación vegetación de ribera en arroyos. Prohibida la saca y arrastre por cauces de ríos y arroyos.</p> <p>Criterios de gestión forestal compatibles con la conservación de las especies de aves (especial atención al águila imperial, buitre negro, cigüeña negra), quirópteros y lepidópteros ropalóceros asociados a hábitats forestales y con la prevención de problemas fitosanitarios</p> <p>Mantenimiento de un número significativo de árboles secos o huecos (3 al 8% del volumen total en pie), tanto en pie como caídos por su valor para la fauna y flora.</p> <p>Acciones de investigación y divulgación</p>
Medida prevención incendios	Si
Usos no madereros	Uso protector, social de recreo, científico, pascícola, cinegético, micológico, investigación
Diversidad de especies	Si, <i>Pinus sylvestris</i> es mayoritario pero también hay presencia de <i>Quercus pyrenaica</i> y <i>Q. ilex</i>
Presencia de especies no autóctonas	No

Con el apoyo de:



El indicador GES sugiere una adaptación de la masa a través de los métodos de gestión llevados a cabo que varían para uno de los diferentes parámetros (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de la valoración de la adaptación de la masa en base a los diferentes parámetros de gestión para los Montes de Valsaín.

Parámetros de gestión	Adaptación
Tratamiento selvícola	Adaptación alta
Turno de corta	Adaptación media-alta
Edad de regeneración	Adaptación media-alta
Estructura masa	Adaptación moderada
Tratamientos intermedios	Adaptación alta
Tratamiento biodiversidad	Adaptación alta
Medida prevención incendios	Adaptación alta
Usos no madereros	Adaptación alta
Diversidad de especies	Adaptación alta
Presencia de especies no autóctonas	Adaptación alta

Con el apoyo de:



20
AÑOS



MONTE DE ESTUDIO 2

Navahondona (Cazorla, Jaén)

Con el apoyo de:



DESCRIPCIÓN DEL MONTE DE ESTUDIO 2: NAVAHONDONA

El monte público “Navahondona”, catalogado como monte número 1 del Catálogo de Montes de Utilidad Pública de la Provincia de Jaén, se encuentra situado en el término municipal de Cazorla, perteneciente al Partido Judicial de Cazorla en la provincia de Jaén. En concreto el monte Navahondona se encuentra situado en el extremo oriental del Macizo Subbético andaluz (Figura 15). Forma parte del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas y su superficie total es de 16.456,53 ha de las cuales 6826,61 se encuentran en el área de reserva con grado de protección A. Este monte se encuentra ordenado desde finales del siglo XIX, encontrándose actualmente en la 7ª Revisión de la Ordenación.

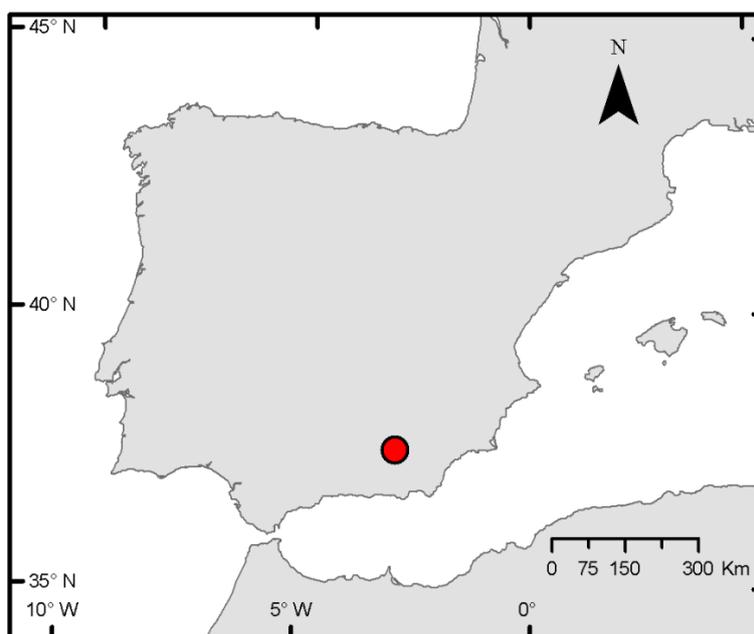


Figura 15. Localización del monte ordenado Navahondona situado entre las coordenadas máximas ($3^{\circ} 01' W$, $37^{\circ} 58' N$) y mínimas ($2^{\circ} 46' W$, $37^{\circ} 48' N$) proyectadas en el sistema de referencia ED50.

El rango altitudinal oscila entre los 780 y 2108 m s.n.m., con unos niveles de precipitación total anual de 1030,7 mm, mientras que la temperatura media anual es de $13,3^{\circ}C$. La tendencia climática de las últimas décadas en el monte Navahondona indica que a pesar de que existe una notable oscilación en los valores de temperatura media, la temperatura media anual ha sufrido un aumento en los últimos años (Figura 16a). Por otro lado, la sequía,

medida mediante el índice de SPEI muestra valores más negativos (más sequía) desde los años 90 (Figura 16b).

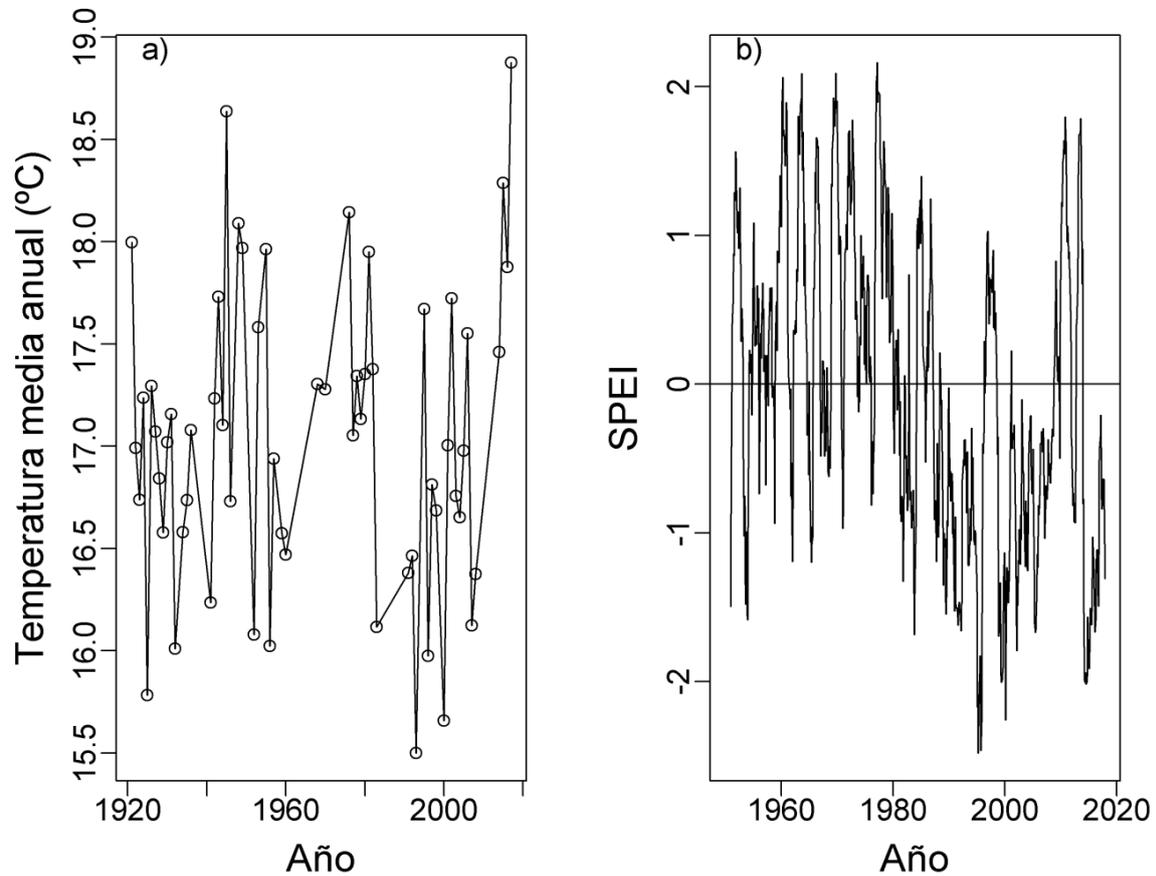


Figura 16. (a) Temperatura media anual y (b) SPEI durante el siglo XX y principios del siglo XXI en Navahondona. Elaboración propia.

Uso de datos para el cálculo de indicadores del monte Navahondona

Para el cálculo de los indicadores ACC en el monte de Navahondona se han utilizado datos de diversos tipos:

- Datos climáticos (CLI)
- Datos de modelización (MN)
- Datos de ordenaciones de montes (OM)

Ver anexo 1 para más información sobre los datos y métodos utilizados para cada uno de los indicadores.

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



A continuación, se hace una breve descripción del proyecto de ordenación para el monte de Navahondona, ya que a diferencia de los datos CLI y MN que proceden de la misma fuente para los tres montes de estudio, los datos OM son exclusivos para cada monte. El plan de ordenación del monte Navahondona y sus siete posteriores revisiones (Tabla 4) divide el monte en diferentes unidades dasocráticas (i.e. sección, cuartel, tramo, cantón) cada una de las cuales puede ser utilizada como unidad de muestreo para el cálculo de indicadores. En este informe, usamos el nivel de cuartel como unidad de muestreo (ver Figura 17).

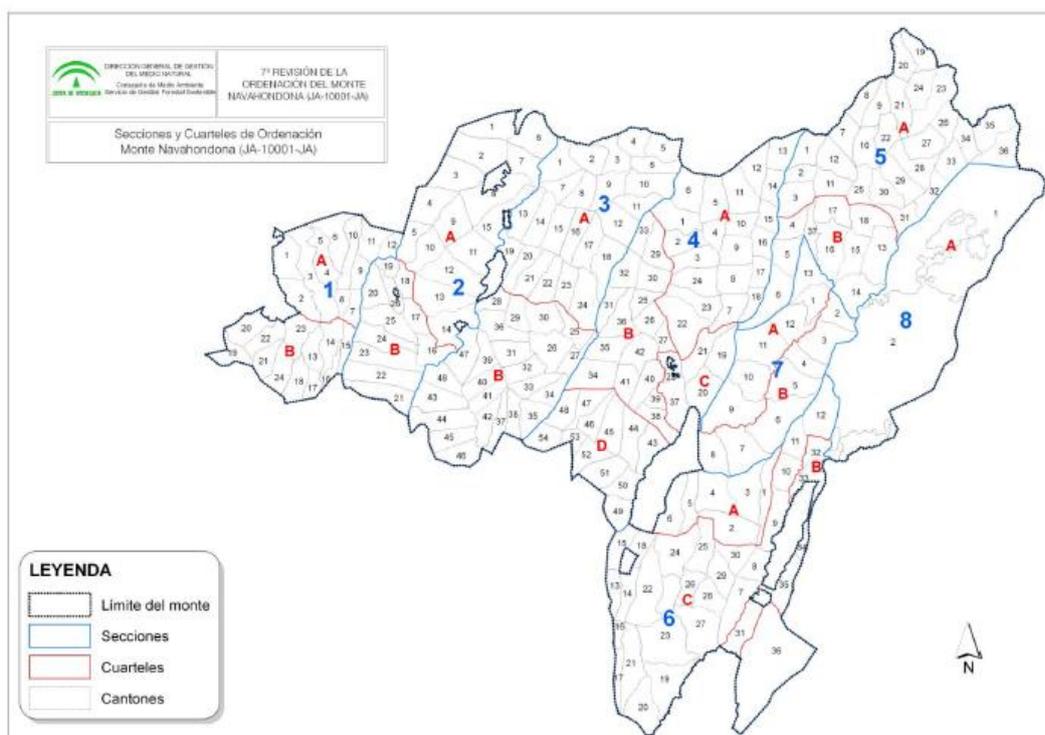


Figura 17. División dasocrática del monte Navahondona durante la última revisión de ordenación (2010). Las líneas rojas delimitan los cuarteles que va a ser nuestra unidad de estudio. Fuente: Proyecto de la 7ª Revisión del monte Navahondona.

Con el apoyo de:



Tabla 4. Descripción de la evolución del proyecto de ordenación y sus revisiones a lo largo de los siglos XIX, XX y XXI en el monte ordenado de Navahondona.

Proyecto	Año	Método ordenación	Método cortas	Turno	Periodo regeneración	No. secciones	No. cuarteles	No. de series	No. de tramos	Superficie pública (ha)	Superficie arbolada (ha)	No. Pies métricos	Existencias (mc)	Posibilidad anual	Aprovechamientos (mc)
Ordenación	1893	TP	C	120	20	6	40		45	13568	13458	901596	884656	14422	222635
1ª Revisión	1920	TP	AS	120	20	6	15		45	13251	10194	740064	624929	9316	159356
2ª Revisión	1944	E	ER	150	30	5	13		45	13251	10194	677141	575200	8157	102744
3ª Revisión	1959	E	ER	150	30	6	15		45	13258	10229	897916	768119	5830	86247
4ª Revisión	1967	E	ER	150	30	6	15		45	13266	10208	993490	843884	19060	224921
5ª Revisión	1979	EC	ER		10*	6		4		14369	11711	1011800	765005	7260	54038
6ª Revisión	1996	TMS		120	20-40	8	17			16480	11634			9003	112197
7ª Revisión	2010	TMS/TMA	AS	160	20		18			16456	16227	6512427	1378443		47324

Los métodos de ordenación corresponden a TP, tramos permanentes; E, entresaca; EC, entresaca-método de control; TMS, tramo móvil simple; TMA, tramo móvil ampliado. Los métodos de corta se corresponden con C, cortas continuas, AS, aclareo sucesivo; ER, entresaca regularizada; ASAB, aclareo sucesivo por bosquetes. * indica periodo de rotación.

Con el apoyo de:



RESULTADOS DE LOS INDICADORES

INDICADOR 1-Número de meses con sequía (SEQ)

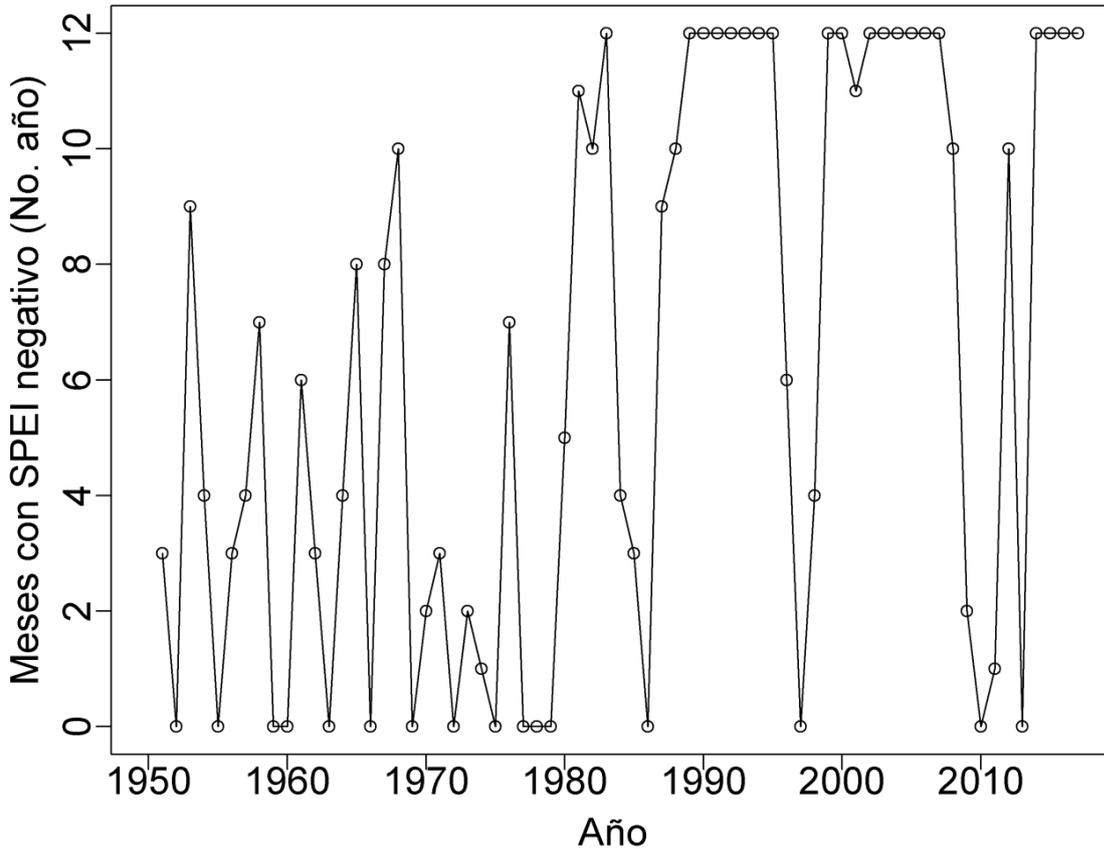


Figura 18. Evolución del número de meses con sequías al año (es decir, meses con SPEI negativo) desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad en Navahondona.

Según muestra este indicador el número de meses con sequías al año sufre un aumento importante a partir de los años 80 (Figura 18). Desde entonces hasta la actualidad los valores de SPEI se mantienen en valores negativos, donde todos o la mayor parte de los meses al año hay valores negativos de SPEI. No obstante 2010 y 2013 muestran valores positivos de SPEI.

El indicador SEQ sugiere un incremento del peligro por sequía en los últimos años.

Con el apoyo de:



INDICADOR 2-Número de días con heladas tardías (HEL)

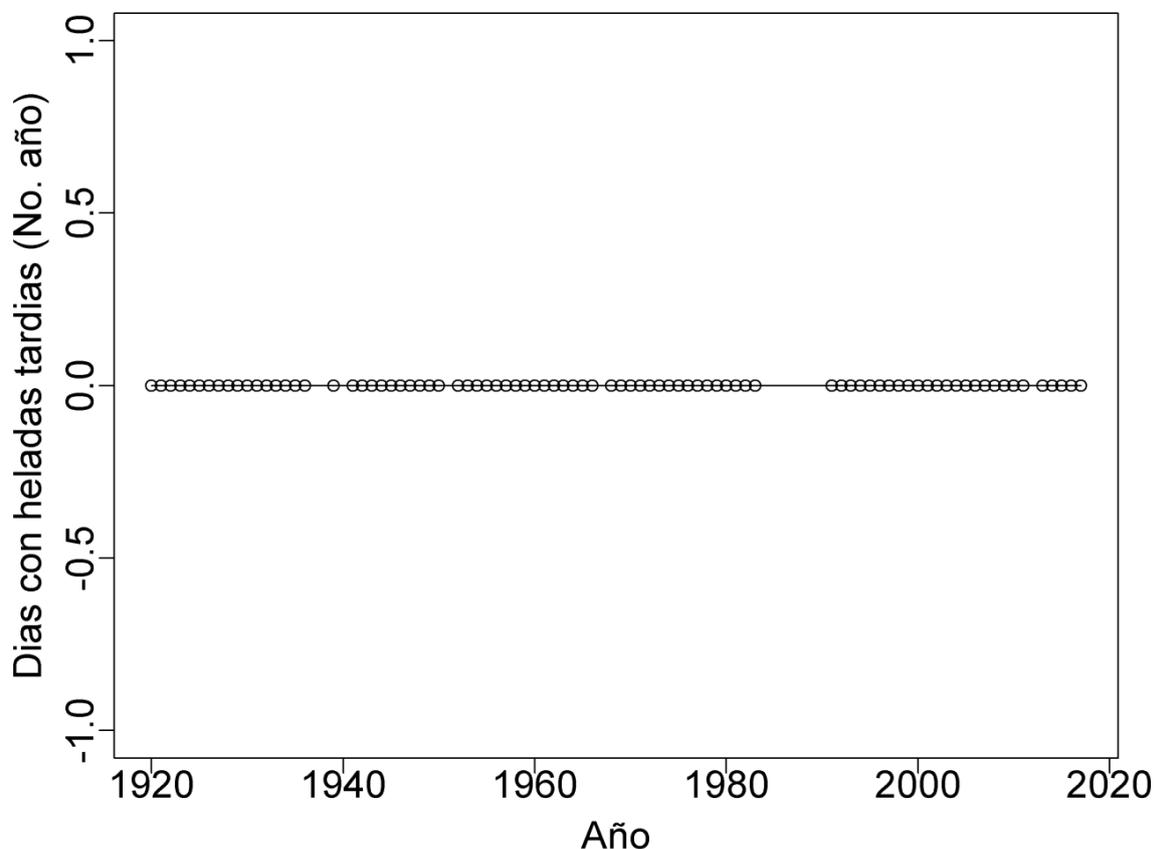


Figura 19 Evolución del número de días con heladas tardías desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

No se encuentran heladas tardías en los datos analizados para la estación meteorológica de Jaén, de la cual hay datos para todo el siglo (Figura 19). Igualmente se han explorado los datos para la estación meteorológica de Cazorla, la cual solo tiene datos diarios disponibles a partir del 2013 y se ha obtenido el mismo resultado. **El indicador HEL sugiere ausencia de peligro por heladas tardías en el monte de estudio.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 8-Crecimiento



Figura 20. Evolución del crecimiento medio anual por hectárea de *Pinus nigra* en el monte de Navahondona desde mediados del siglo XX hasta el año 2010.

El crecimiento medio anual de *Pinus nigra* en el monte de Navahondona muestra un incremento en el crecimiento hasta los finales de los años 70, con un marcado descenso en el crecimiento a partir de este año (Figura 20). En los últimos años la tendencia del crecimiento es de descenso. **El indicador CRE sugiere un impacto moderado del cambio climático en los últimos años.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 11.1- **Defoliación (DEF)**

El grado de defoliación para Navahondona según la red de seguimiento de daños oscila entre el 6 y el 30%, con un valor medio del 15.3% de defoliación, lo cual se considera como una defoliación ligera.

El indicador DEF sugiere un impacto bajo por defoliación en el último año cuya información está disponible (2009).

Con el apoyo de:



INDICADOR 11.2- Afeción por patógenos o plagas (PAT)

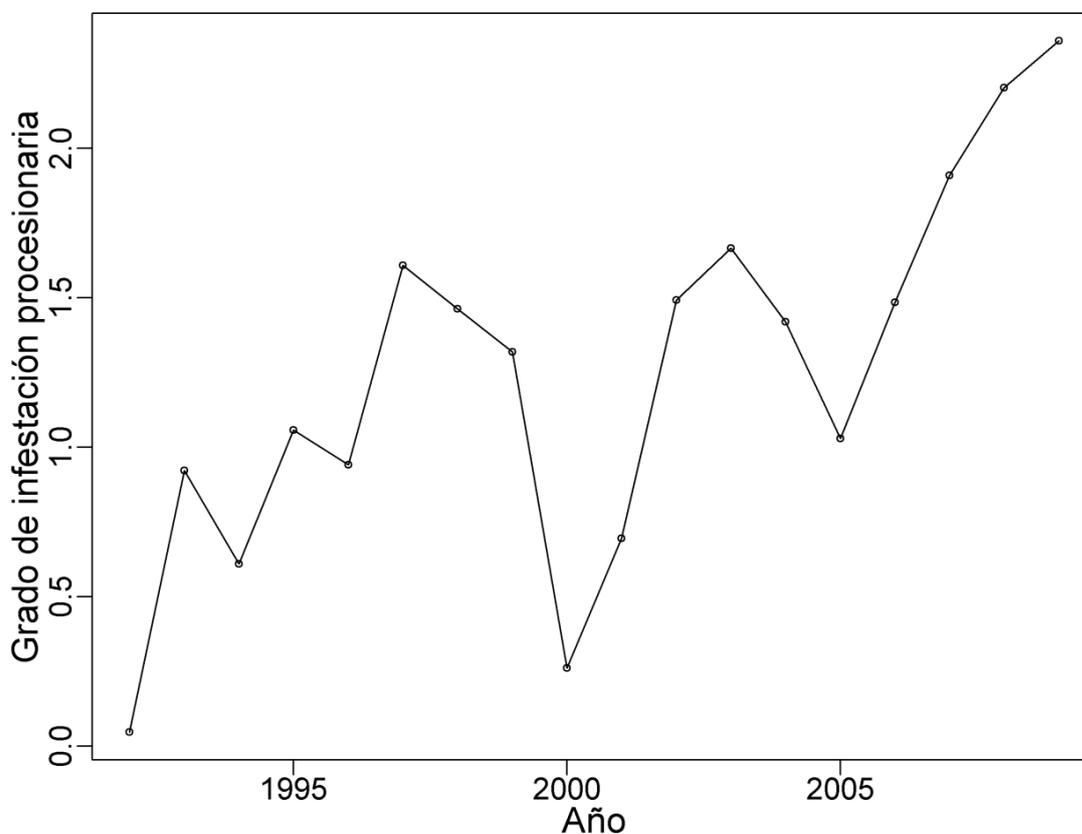


Figura 21. Evolución del grado de infestación por procesionaria de *Pinus nigra* en Navahondona desde 2002 hasta el año 2009. Elaboración propia, fuente datos: 7ª Revisión.

En concreto este indicador de defoliación refleja la afeción de la procesionaria medida como el grado de infestación de procesionaria en individuos de *Pinus nigra*. El grado de infestación se mide en una escala que va del 0 al 5, donde 0 indica la ausencia de nidos de procesionaria y 5 indica defoliaciones muy fuertes en toda la masa. Desde que se inicia el conteo hasta el año 2008, los niveles de procesionaria incrementan levemente en líneas generales (Figura 21). El incremento del año 2009 parece estar focalizado en el cuartel 2A donde no se había localizado previamente. **El indicador PAT sugiere un impacto leve-moderado por procesionaria que va en aumento en los últimos años.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 13- Heterogeneidad de clases diamétricas (HET)

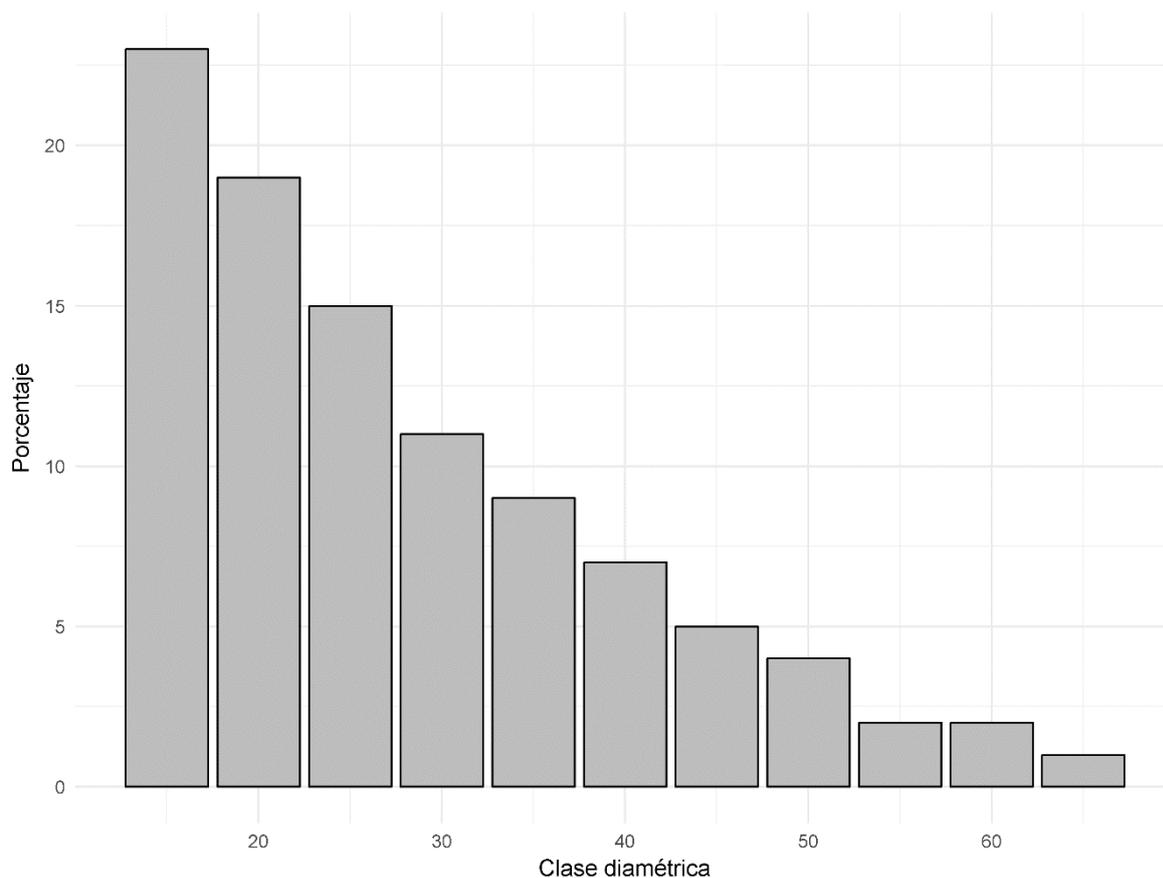


Figura 22. Heterogeneidad de clases diamétricas para individuos de *Pinus nigra* en Navahondona. Elaboración propia, fuente datos: 7ª Revisión.

El indicador de heterogeneidad de clases diamétricas muestra el porcentaje de individuos para cada uno de los grupos diamétricos (cm). En el monte de Navahondona la heterogeneidad tiene una distribución sesgada, con un mayor número de individuos en clases diamétricas inferiores (Figura 22). No obstante, existen individuos de la mayoría de clases diamétricas, pero el menor porcentaje de individuos corresponde a las clases diamétricas mayores por lo que podría mostrar una tendencia a densificarse. **El indicador HET sugiere una capacidad de adaptación media.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 15 – Diversidad taxonómica (DIVspp) y flora amenazada y especies indicadores (DIVvul)

Las especies más abundantes en el monte de Navahondona son el pino laricio (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) y el pino negral (*P. pinaster*). También se encuentran pequeñas repoblaciones de otras especies de pinos como *P. nigra* subsp. *austriaca*, pino carrasco (*P. halepensis*) y pino silvestre (*P. sylvestris*) en pequeñas zonas repartidas por diferentes zonas del monte, con el fin de estudiar su adaptación al medio. Otras especies acompañantes son la encina (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) o el quejigo (*Q. faginea*). **Dado el número de especies arbóreas y de matorral a nivel de monte los resultados sugieren una adaptación al cambio climático DIVspp alta.**

Por otra parte, el monte cuenta con especies arbóreas de distribución típicamente norteña como es el caso de *Taxus baccata*, *Acer monspessulanum*, *Sorbus aria* y *S. torminalis* (pero presente en el sur peninsular e incluso África). La respuesta demográfica al cambio climático de estas especies que no son propiamente mediterráneas debería esperarse más rápida. Además, hay especies indicadoras de la aridez como *Juniperus phoenicia*. **Dado el número de especies arbóreas y de matorral a nivel de monte los resultados sugieren una vulnerabilidad al cambio climático DIVvul elevada.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 17-Rango de distribución (RDI)

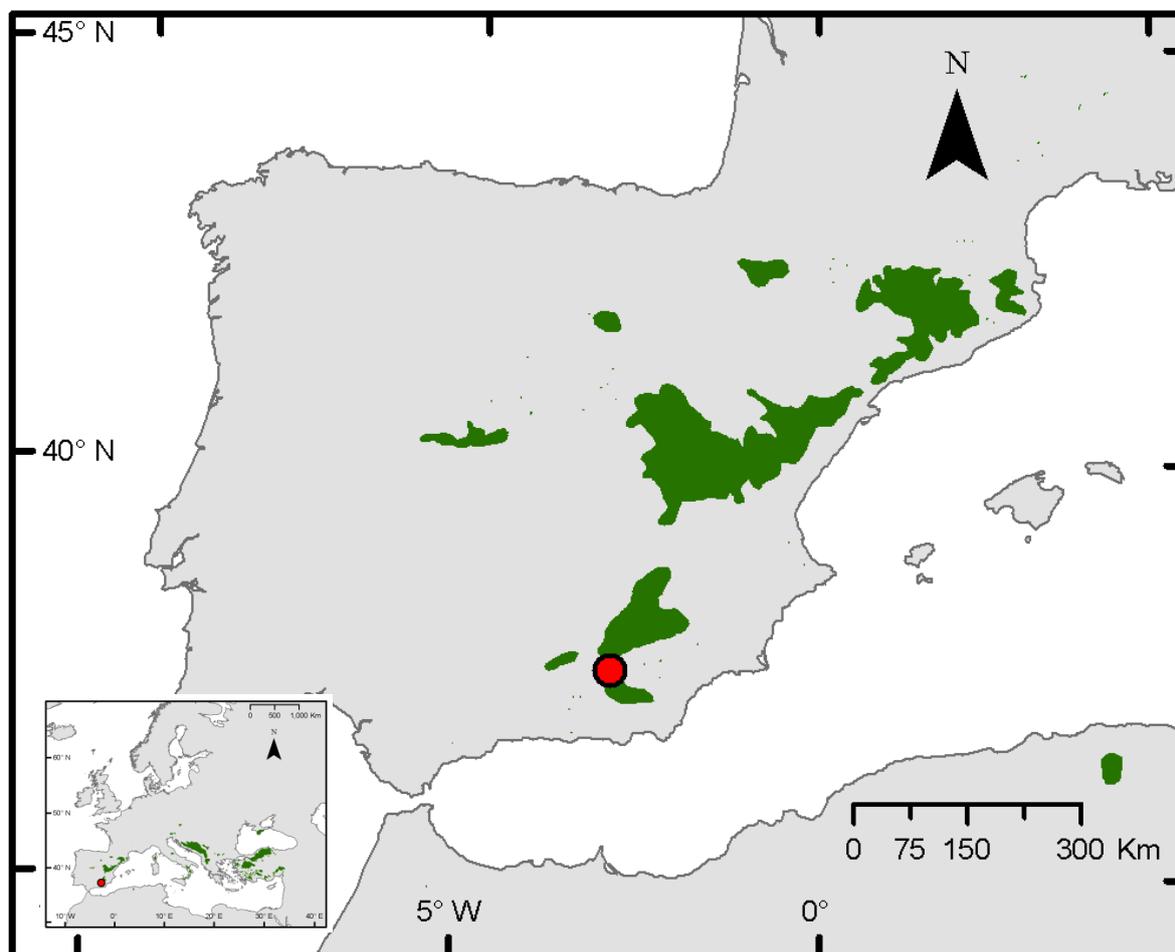


Figura 23. Localización de la población de estudio (en rojo) con respecto al rango de distribución de la especie *Pinus nigra* en España y en Europa (mapa reducidos de la parte inferior izquierda).

Las poblaciones de *Pinus nigra* en el monte de estudio Navahondona se encuentran en el rango sur de la distribución global de la especie (Figura 23). **El indicador RDI sugiere una vulnerabilidad alta.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 18-Cambios en la distribución de especies - presencia-ausencia (CDEpa)

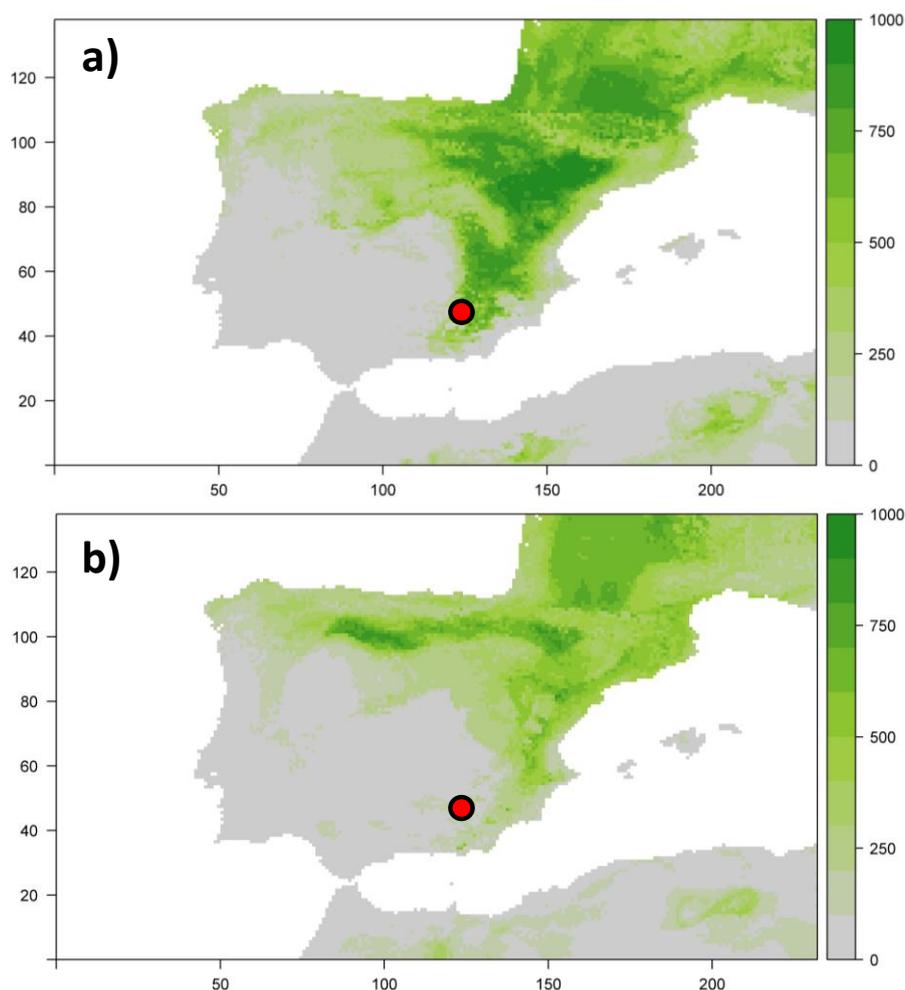


Figura 24. Distribución potencial de *Pinus nigra* en a) condiciones actuales y b) condiciones futuras de cambio climático. Para los escenarios futuros de cambio climático se han utilizado las proyecciones de worldclim. La barra de la derecha indica el nivel de idoneidad para la presencia de la especie en un determinado lugar, donde 0 es nula y 1000 es muy idónea. Elaboración propia.

La distribución potencial de *Pinus nigra* se ve reducida de forma considerable cuando el modelo es proyectado bajo los escenarios de cambio climático (Figura 24b) con respecto a su distribución potencial actual (Figura 24a). **El indicador CDEpa sugiere una vulnerabilidad alta.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 20- Cambios en la distribución de especies - demografía (CDEdem)

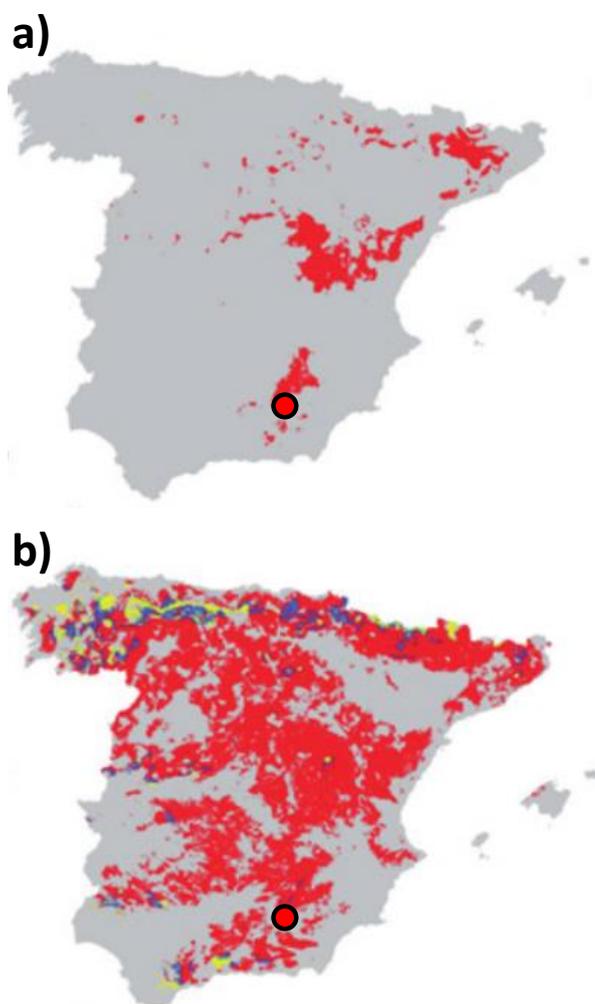


Figura 25. Distribución potencial de *Pinus nigra* en condiciones futuras de cambio climático usando a) modelos de nicho y b) modelos basados en la demografía. El color azul significa que las zonas idóneas para la especie se mantienen constantes en condiciones actuales y bajo escenarios de cambio climático. Un incremento en las zonas óptimas bajo condiciones de cambio climático, pero no en la actualidad aparecen en amarillo. Finalmente, el color rojo indica un descenso en las zonas óptimas para la especie bajo escenarios de cambio climático en comparación con las proyecciones actuales. Fuente: modificado de Benito-Garzón et al. 2013.

La disponibilidad de zonas óptimas para el desarrollo de *Pinus nigra* se ve reducida de forma considerable cuando el modelo es proyectado bajo los escenarios de cambio climático (color rojo, Figura 25) en comparación con aquellas que se siguen manteniendo como adecuadas o en aumento (color azul y amarillo respectivamente, Figura 25). **El indicador CDEpa sugiere una vulnerabilidad alta.** La vulnerabilidad es superior en los modelos de distribución calibrados con datos de demografía (Figura 22) que en aquellos calibrados con datos de presencia-ausencia (Figura 24).

Con el apoyo de:



INDICADOR 16-Gestión (GES)

Tabla 5. Descripción de los parámetros de gestión para el monte de Navahondona

Parámetros de gestión	Características específicas
Método ordenación	Tramo móvil simple y tramo móvil ampliado. Otros en rodales concretos
Tratamiento selvícola	Aclareo sucesivo uniforme
Turno de corta	160 (<i>Pinus nigra</i>)
Edad de regeneración	20 años (adaptable en rodales concretos)
Estructura masa	Semirregular
Tratamientos intermedios	<p>Cortas de regeneración (preparatorias, diseminatorias y aclaratorias)</p> <p>Repoblación artificial como método de regeneración de la masa por no haberse logrado de manera natural como sería lo deseado con material de procedencia local.</p> <p>Trabajos de poda (saneamiento, defensa incendios), claras y clareos.</p> <p>Tratamientos de control de competencia en masas de pinar (clareos, claras mixtas y cortas fitosanitarias)</p>
Tratamiento biodiversidad	<p>Mantener un cierto número de árboles gruesos vivos en pie</p> <p>Transición más gradual entre la zona regenerada y los rodales maduros adyacentes mediante una franja en la que se mantengan árboles en pie a lo largo del borde entre ambos tipos de masa</p> <p>Conservación, reforestación y densificación de la vegetación de ribera</p> <p>Recuperación de flora catalogada (mejora de hábitats, propagación vegetal)</p> <p>Acciones de investigación y divulgación</p>
Medida prevención incendios	Si
Usos no madereros	Uso protector, social, ganadero, cinegético, científico, aprovechamiento piscícola, micológico, apícola y aromáticas
Diversidad de especies	Si, <i>Pinus nigra</i> es mayoritario pero también hay presencia de <i>P. halepensis</i> , <i>P. pinaster</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Q.faginea</i>
Presencia de especies autóctonas	No

El indicador GES sugiere una adaptación de la masa a través de los métodos de gestión llevados a cabo que varían para uno de los diferentes parámetros (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción de la valoración de la adaptación de la masa en base a los diferentes parámetros de gestión para el monte de Navahondona

Parámetros de gestión	Adaptación
Tratamiento selvícola	Adaptación alta
Turno de corta	Adaptación muy alta
Edad de regeneración	Adaptación media-alta
Estructura masa	Adaptación media
Tratamientos intermedios	Adaptación alta
Tratamiento biodiversidad	Adaptación alta
Medida prevención incendios	Adaptación alta
Usos no madereros	Adaptación alta
Diversidad de especies	Adaptación alta
Presencia de especies no autóctonas	Adaptación alta

Una de las mayores opciones para mejorar la gestión es la existencia de un **plan de ordenación flexible** para poder plantear e incluir los objetivos de **gestión adaptativa** aquí planteados. Se podrían realizar diferentes medidas en diferentes montes para estudiar cómo es la adaptación de cada uno de ellos y los pros/contras de las medidas propuestas. Se podrían realizar ensayos de gestión adaptativa que incluyan promover la regeneración de otras especies, diversificar la masa con especies funcionalmente distintas (e.g. quercíneas), promover masas irregulares en algunos cantones o cuarteles para generar heterogeneidad, así como intercalar aprovechamientos agroforestales y ganaderos en mosaico. Las principales limitaciones son (1) la normativa de ordenación que salvo el método de ordenación por rodales es poco flexible, (2) que las medidas de gestión propuestas sean integradas por los gestores y consensuadas en cada sitio.

Con el apoyo de:



20
AÑOS



MONTE DE ESTUDIO 3

Barrantes (Pontevedra)

Con el apoyo de:



DESCRIPCIÓN DEL MONTE DE ESTUDIO 3: BARRANTES

El monte de Barrantes se encuentra situado en la provincia de Pontevedra (Figura 26). El monte está constituido por tres parcelas denominadas en conjunto como "Montes de Barrantes", con una superficie total clasificada de 1161 hectáreas. El titular de estos montes es La Comunidad de Montes Vecinales en Mano Común de Barrantes perteneciente al Concello de Tomiño, en la provincia de Pontevedra. Inicialmente, los trabajos forestales de este monte han sido realizados por la Administración forestal en base al consorcio y posterior convenio, pero con posterioridad a la clasificación a favor de los vecinos de Barrantes los trabajos en el monte empiezan a ser realizados también por la Comunidad de Montes. En el año 2009 se realiza el plan de ordenación de este monte.

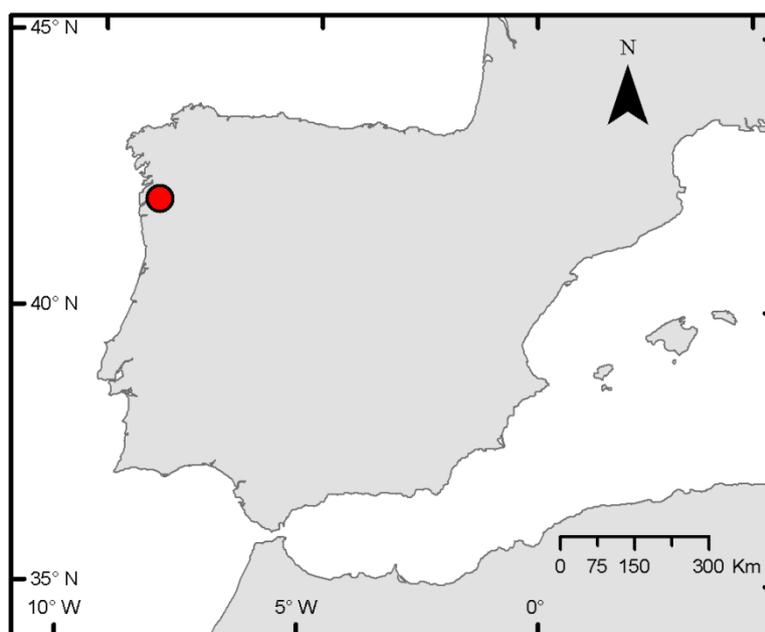


Figura 26. Localización del monte ordenado Barrantes encuentra situado entre las coordenadas máximas ($8^{\circ} 48' 40''$ W, $42^{\circ} 02' 20''$ N) y mínimas ($8^{\circ} 45' 00''$ W, $42^{\circ} 03' 20''$ N) proyectadas en el sistema de referencia ED50.

El rango altitudinal oscila entre los 100 y 635 m s.n.m., con una precipitación total anual de 1715 mm y una temperatura media anual es de 14°C según la estación meteorológica de Granxa do Louro (O porriño). La tendencia climática de las últimas décadas en el monte de Barrantes indica que la temperatura media anual ha oscilado incrementándose o reduciéndose

en 1-1.5°C, sin embargo, no se observa una tendencia clara (Figura 27a). Por otro lado, la sequía, medida mediante el índice de SPEI muestra valores más negativos (más sequía) desde principios del siglo XXI, siendo estos valores más acusados en los últimos años (Figura 27b).

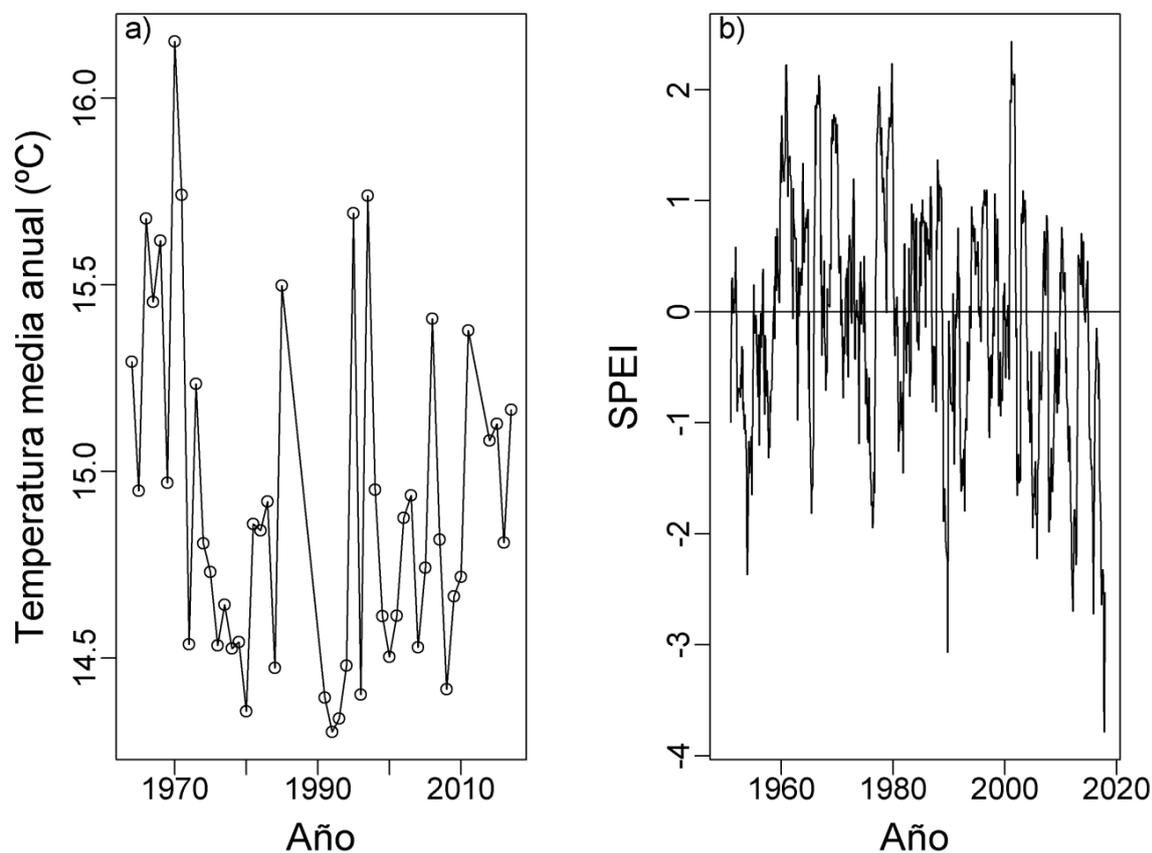


Figura 27. (a) Temperatura media anual y (b) SPEI durante la segunda mitad del siglo XX y principios del siglo XXI en Barrantes.

Las especies de árboles más comunes en el monte de Barrantes son: *Pinus pinaster*, *P. radiata*, *Eucalyptus globulus*, *Quercus robur*, *Q. suber*, *Castanea sativa*, *C. x hibryda*, *Q. rubra*, *Fraxinus agustifolia* y *Arces sp*, siendo eucaliptos y pinos comunes en las repoblaciones. En concreto, las masas monoespecíficas de *Pinus pinaster* o *P. pinaster* con *Pinus radiata* suponen el 40% de la superficie del bosque, el eucalipto ocupa el 12%, castaños y robles un 0,3% mientras que las masas mixtas de pino y eucalipto ocupan un 2% de la superficie. El eucalipto y el pino negral (*Pinus pinaster*) ocupan la mayor parte de la superficie arbolada a ordenar formando en la mayoría de las ocasiones masas



monoespecíficas. Encontramos masas de distintas edades que van de 5-6 años, hasta edades que se aproximan al turno de corta. La mayor parte está ocupada por pies adultos de 25 años de edad en el pino negral y de 10 años en el eucalipto.

Uso de datos para el cálculo de indicadores del monte Barrantes

Para el cálculo de los indicadores ACC en el monte de Barrantes se han utilizado datos de diversos tipos:

- Datos climáticos (CLI)
- Datos de modelización (MN)
- Datos de ordenaciones de montes (OM)

Ver Anexo 1 para más información sobre los datos y métodos utilizados para cada uno de los indicadores.

El monte de Barrantes posee un plan de Ordenación forestal redactado en 2009, donde la división del monte en cuarteles se realiza teniendo en cuenta factores como la pendiente, la orientación y la especie principal. Con esto se decide dividir el monte en 2 Cuarteles y 43 cantones. La finalidad principal del cuartel es el de monte productor, aunque hay 4 Cantones Especiales de uso social y recreativo, vivero y pastizal.

RESULTADOS DE LOS INDICADORES

INDICADOR 1-Número de meses con sequía (SEQ)

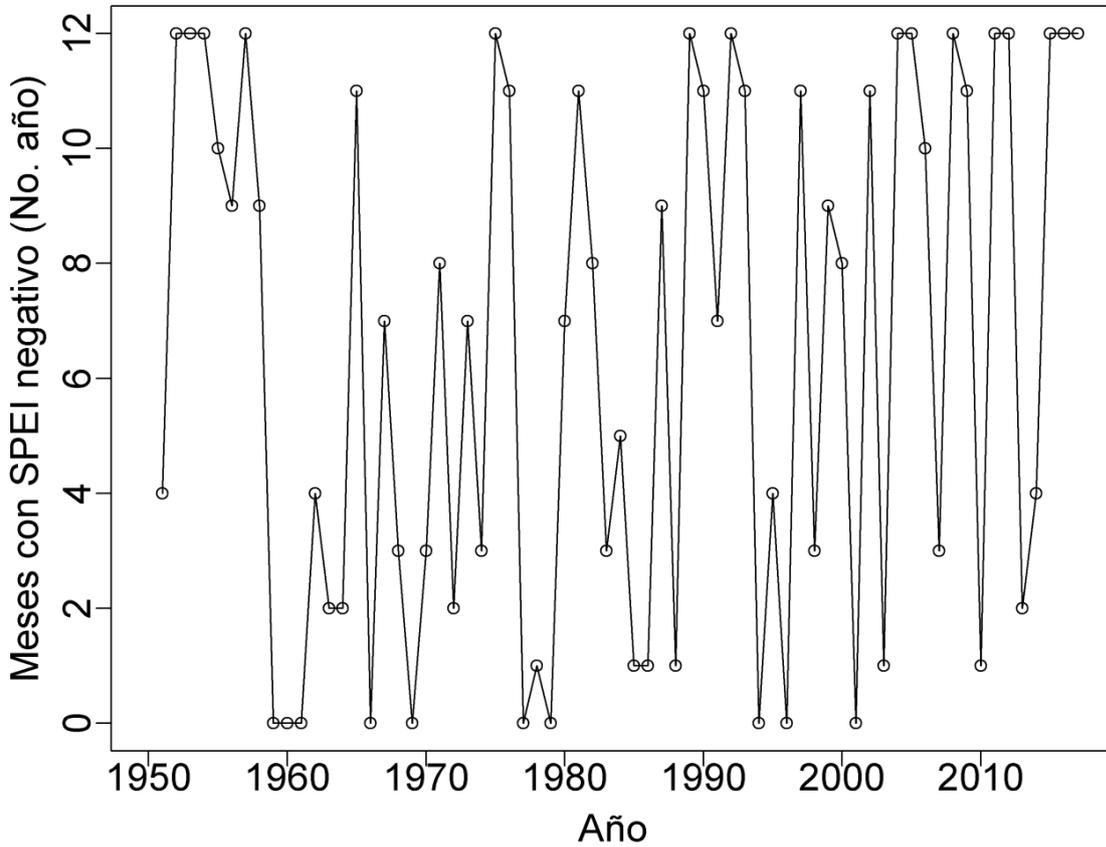


Figura 28. Evolución del número de meses con sequías al año (es decir, meses con SPEI negativo) desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

El número de meses con sequías al año sufre una gran variabilidad a lo largo de los años, no detectándose una tendencia clara. No obstante, desde el año 2000 se aprecia una mayor frecuencia en el número de años con valores negativos de SPEI durante todos los meses del año (Figura 28). **El indicador SEQ sugiere un incremento del peligro por sequía en los últimos años.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 2-Número de días con heladas tardías (HEL)

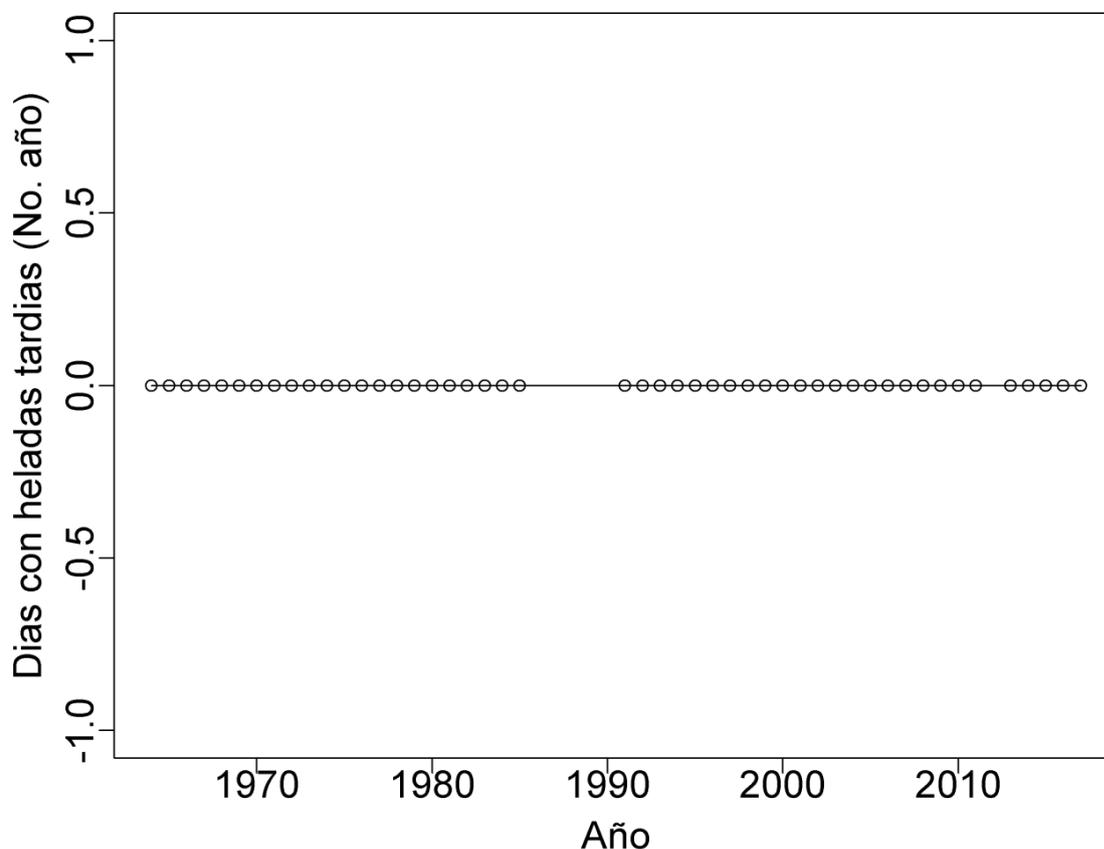


Figura 29. Evolución del número de días con heladas tardías desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad.

No se encuentran heladas tardías en los datos analizados para la estación meteorológica de Pontevedra, de la cual hay datos para todo el siglo (Figura 29). **El indicador HEL sugiere ausencia de peligro por heladas tardías en el monte de estudio.**

Con el apoyo de:



20
AÑOS



INDICADOR 3-Incendios (INC)

No hemos podido contar con datos específicos de incendios, pero los gestores indican que el riesgo por incendio es bastante elevado debido tanto a la gran cantidad de masa arbolada presente en todos los montes de los alrededores con una casi total continuidad horizontal, aunque separada por cortafuegos, y a la afluencia de personas durante el fin de semana como a las condiciones de los montes adyacentes. A esto habría que añadir la existencia de condiciones que favorecen los mismos, como es el caso de vegetación de alta combustibilidad, las zonas de pendiente que existen en el monte, negligencias, etc. **El indicador INC sugiere un peligro elevado por incendios en el monte de estudio.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 11.2- Afección plagas (PLA)

La información de decaimiento que aparece en el plan de ordenación de Barrantes consta únicamente de valores descriptivos y valores medios de afección para un único momento temporal que se describen a continuación.

No se han observado pies de *Pinus pinaster* dañados por la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*). Sin embargo, la totalidad de los *Pinus radiata* están afectados por la “banda roja” (*Dothistroma pini*). También en ocasiones pueden estar atacados por la enfermedad del corro, en la que van muriendo a partir de punto. Esto es debido al ataque de varios hongos, principalmente el *Leptographium gallaeciae*. Otros hongos que pueden producir este mal son los de los géneros *Armillaria*, *Fomes* y *Rhizina*. **El indicador PLA sugiere un peligro bajo en individuos de *Pinus pinaster*, aunque elevado en individuos de *Pinus radiata*.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 13-Heterogeneidad de clases diamétricas (HET)

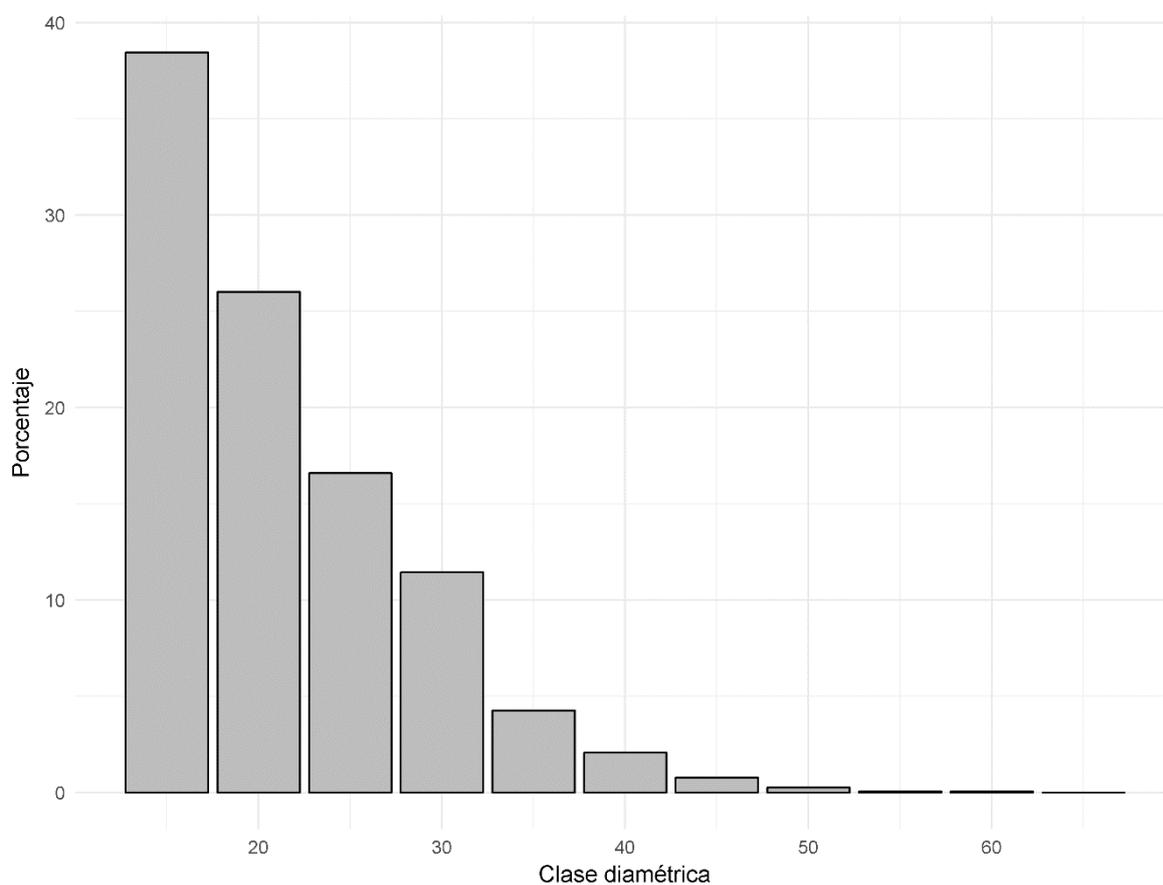


Figura 30. Heterogeneidad de clases diamétricas para individuos de *Pinus pinaster* en Barrantes. Elaboración propia, fuente datos: Plan de Ordenación.

El indicador de heterogeneidad de clases diamétricas muestra el porcentaje de individuos para cada uno de los grupos diamétricos (cm). En el monte de Barrantes la heterogeneidad tiene una distribución sesgada, con un mayor número de individuos en clases diamétricas inferiores (Figura 30). No existen individuos en las clases diamétricas mayores. **El indicador HET sugiere una capacidad de adaptación baja-media.**

Con el apoyo de:



INDICADOR 15- Diversidad taxonómica, de grupos funcionales y especies amenazadas (DIV)

En la flora amenazada de Navahonda se encuentran poblaciones típicamente de distribución más templada como *Taxus baccata*, *Acer monspessulanum*, *Sorbus aria* y *S. torminalis*. Al ser especies que pueden verse afectadas por cambio climático su respuesta debería estudiarse detenidamente. **El indicador DIC sugiere una capacidad de adaptación baja-media.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 17-Rango de distribución (RDI)

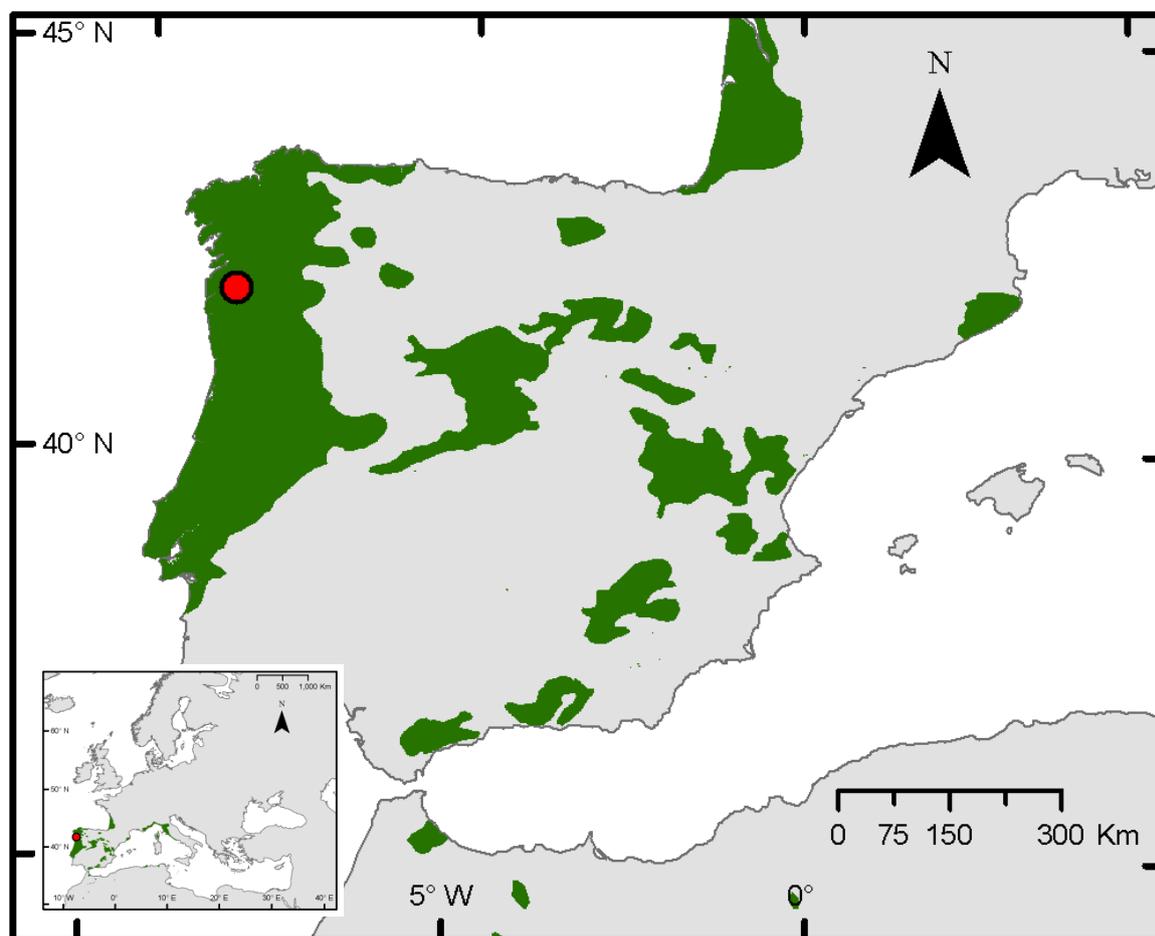


Figura 31. Localización de la población de estudio (en rojo) con respecto al rango de distribución de las especies *Pinus pinaster* en España y en Europa (mapa reducidos de la parte inferior izquierda) según Euforgen.

Las poblaciones de *Pinus pinaster* en el monte de estudio Barrantes no se encuentran en el límite de distribución de la especie, ni tampoco en poblaciones aisladas (Figura 31). Por otro lado, las poblaciones de *Pinus radiata*, originarias de baja California en EEUU y de México, se encuentran totalmente fuera de su rango de distribución. **El indicador RDI sugiere una vulnerabilidad baja para *Pinus pinaster*.**

INDICADOR 18- Cambios distribución de especies - presencia-ausencia (CDEpa)

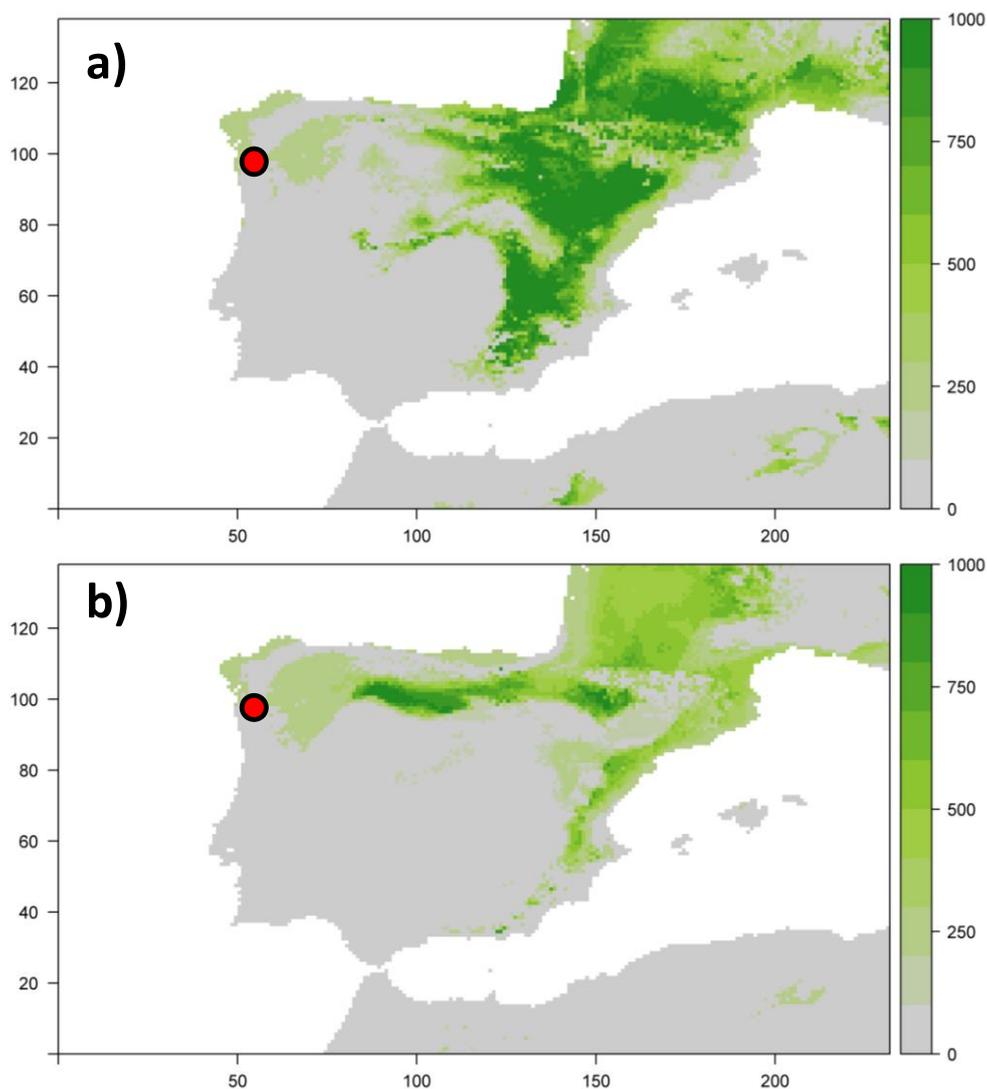


Figura 32. Distribución potencial de *Pinus pinaster* en a) condiciones actuales y b) condiciones futuras de cambio climático. Para los escenarios futuros de cambio climático se han utilizado las proyecciones de Worldclim. La barra de la derecha indica el nivel de idoneidad para la presencia de la especie en un determinado lugar, donde 0 es nula y 1000 es muy idónea. Elaboración propia.

La distribución potencial de *Pinus pinaster* se ve reducida de forma considerable cuando el modelo es proyectado en los escenarios de cambio climático (Figura 32b) con respecto a las condiciones actuales (Figura 32a). No obstante, en la zona de estudio la distribución potencial bajo escenarios de cambio climático (Figura 32b) abarca un área similar, incluso superior que bajo condiciones actuales (Figura 32a), aunque la idoneidad climática de la zona para la especie no es la más elevada. **El indicador CDEpa sugiere una vulnerabilidad moderada.**

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



INDICADOR 19-Cambios distribución de especies - regiones de procedencia (CDErp)



Figura 33. Distribución potencial de *Pinus pinaster* en a) condiciones actuales y b) condiciones futuras de cambio climático. Colores oscuros indican una alta probabilidad de ocupación de la especie, con el color negro indicando una probabilidad máxima (1) y el blanco la mínima (0). Fuente: modificado de Benito-Garzón et al. (2011).

La distribución potencial de *Pinus pinaster* en términos generales se ve ligeramente reducida bajo escenarios de cambio climático (Figura 33b) en comparación con las condiciones actuales (Figura 33a). No obstante, la reducción en la superficie de la zona de estudio es baja y es similar cuando el modelo es calibrado con datos procedentes de ensayos de procedencia (Figura 33) que tienen en cuenta la adaptación local y la plasticidad de la especie, y cuando

los modelos son calibrados con datos de presencia-ausencia (Figura 32). **El indicador CDErp sugiere una vulnerabilidad moderada.**

INDICADOR 16-Gestión (GES)

De la información a los expertos hemos obtenido la información de que estamos en un monte privado en mano común. El Plan de Gestión está redactado por un Ingeniero Técnico Forestal y está ejecutado por la comunidad de montes con la colaboración de técnicos. En la gestión intervienen unas 5 personas con un presupuesto generalmente entre 80000 y 100000 € dependiendo de las cortas planificadas.

La intensidad de la gestión es medio-baja siguiendo (baja según criterio de FSC de que es menos del 20% del Crecimiento Medio Anual) y con un volumen de aprovechamiento alrededor de 7000 m³. El método de ordenación es de división por cabida con cortas a hecho, menos en los cantones especiales que define el Plan de Ordenación, donde se realiza por entresacas. El turno de corta es de 36 años para el pino y 16 años para el eucalipto. La estructura de las masas es en general irregular y se hacen tratamientos intermedios o de mejora (e.g. trabajos de podas, rareos en coníferas y selección de brotes en frondosas). Se hacen tratamientos para mejorar la diversidad especialmente favoreciendo el desarrollo de la vegetación ripícola y las zonas rasas se mantienen como reservas. Para prevenir incendios se hacen fajas auxiliares de pista con el fin de reducir la carga arbustiva y se mantienen los cortafuegos existentes. Además, existen otros usos diferentes al maderero como el ganadero (en parcela alquilada), cinegético y recreo (parques, campo de fútbol). Para favorecer especies mistas se respeta el regenerado natural. En el último año han experimentado la presencia de procesionaria de pino (*Thaumetopoea pityocampa*).

En el Plan de Ordenación se miden los d.a.p., altura, cálculo de área basimétrica, calidad de estación, crecimientos. Se hacen parcelas de muestreo para estimar de una manera aproximada.

Con el apoyo de:



Tabla 7. Descripción de los parámetros de gestión para el monte de Barrantes

Parámetros de gestión	Características específicas
Método ordenación	División por cabida y entresaca pie a pie en cantones especiales
Tratamiento selvícola	Cortas a hecho y entresaca en cantones especiales
Turno de corta	36 años (<i>Pinus pinaster</i>) y 16 años (<i>Eucaliptus globulus</i>)
Edad de regeneración	
Estructura masa	Irregular
Tratamientos intermedios	Claras mixtas, desbroces, clareos, podas, plantaciones, cortas de policía, tratamientos con fitocidas, sección de brotes
Tratamiento biodiversidad	Conservación cauces de agua y su vegetación, conservación de las especies de fauna presentes
Medida prevención incendios	Si
Usos no madereros	Uso social y recreativo, vivero y pastizal, cinegético, micológico, aprovechamiento de tojo, manantiales y piedra natural.
Diversidad de especies	Si, <i>Pinus pinaster</i> es mayoritario, pero también hay presencia moderada de <i>Eucaliptus globulus</i> . Presencia minoritaria de <i>P. radiata</i> , <i>Quercus robur</i> y <i>Q. suber</i>
Presencia de especies no autóctonas	Si, <i>Eucaliptus globulus</i> y <i>P. radiata</i> mayoritariamente

El indicador GES sugiere una adaptación de la masa a través de los métodos de gestión llevados a cabo que varían para uno de los diferentes parámetros (Tabla 3).

Tabla 8. Descripción de la valoración de la adaptación de la masa en base a los diferentes parámetros de gestión para los montes de Barrantes

Parámetros de gestión	Adaptación
Tratamiento selvícola	Adaptación baja
Turno de corta	Adaptación baja
Edad de regeneración	Adaptación media
Estructura masa	Adaptación media
Tratamientos intermedios	Adaptación alta
Tratamiento biodiversidad	Adaptación media

Con el apoyo de:



20
AÑOS



Parámetros de gestión	Adaptación
Medida prevención incendios	Adaptación alta
Usos no madereros	Adaptación alta
Diversidad de especies	Adaptación alta
Presencia de especies no autóctonas	Adaptación baja

Con el apoyo de:



2. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS INDICADORES

Tabla 9. Tabla resumen del resultado de los indicadores seleccionados en los tres montes piloto usando datos existentes y opiniones de expertos.

Indicador	Monte 1: Montes de Valsain	Monte 2: Navahondona	Monte 3: Barrantes
1. Sequía SEQ	Peligro moderado	Peligro moderado	Peligro moderado
2. Heladas tardías (HEL) y olas calor (OC)	Descenso del peligro por heladas	Ausencia de peligro por heladas	Peligro bajo y moderado-alto
3. Tormentas por nieve (TORn) y viento (TORv)	ND	ND	Peligro bajo y moderado
4. Incendios INC	Peligro bajo	ND	Peligro elevado
Indicador	Monte 1: Montes de Valsain	Monte 2: Navahondona	Monte 3: Barrantes
6. Regeneración REG	ND	Impacto alto	Impacto moderado
8. Crecimiento CRE	Impacto bajo	Impacto moderado	Impacto moderado
9. Reproducción REP	ND	ND	Impacto moderado
10. Mortalidad MOR	ND	ND	Impacto bajo
11. Defoliación	DEF: Impacto poco significativo en la defoliación	DEF: Impacto bajo en la defoliación	ND
	PLA: Descenso moderado en la afección por procesionaria	PLA: Impacto bajo-moderado por procesionaria	PLA: Impacto bajo en <i>Pinus pinaster</i>, alto en <i>Pinus radiata</i>
13. Heterogeneidad clases diamétricas HET	Adaptación media-alta	Adaptación media	Adaptación baja-media

Con el apoyo de:



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



20 AÑOS



15. Diversidad taxonómica (DIVspp)	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación alta
15. Diversidad amenazadas e indicadoras (DIVvul)	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad alta
16. Gestión GES	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación media
Tratamiento selvícola	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación baja
Turno de corta	Adaptación media alta	Adaptación muy alta	Adaptación baja
Edad de regeneración	Adaptación media-alta	Adaptación media-alta	Adaptación media
Estructura masa	Adaptación media-alta	Adaptación media	Adaptación media
Tratamientos intermedios	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación alta
Tratamiento biodiversidad	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación media
Medida prevención incendios	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación alta
Usos no madereros	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación alta
Diversidad de especies	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación alta
Presencia de especies no autóctonas	Adaptación alta	Adaptación alta	Adaptación baja
17. Rango de distribución RDI	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad baja para <i>Pinus pinaster</i>, vulnerabilidad alta

Con el apoyo de:



			para <i>Pinus radiata</i> .
17. Rango de distribución RDI	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad baja para <i>Pinus pinaster</i> , vulnerabilidad alta para <i>Pinus radiata</i> .
18. Cambios distribución de especies CDE	CDEpa: Vulnerabilidad alta	CDEpa: Vulnerabilidad alta	CDEpa: Vulnerabilidad moderada
	CDErp: Vulnerabilidad moderada-alta	CDEdem: Vulnerabilidad alta	CDErp: Vulnerabilidad moderada

Con el apoyo de:



Tabla 10. Tabla resumen del resultado de los indicadores de peligro seleccionados en los tres montes piloto, donde rojo significa en aumento, naranja intermedio o en descenso y azul ausencia o nulo.

Indicador	Monte 1: Pinar de Valsain	Monte 2: Navahondona	Monte 3: Barrantes
1. Sequía SEQ	<p style="color: red; text-align: center;">Incremento del peligro</p>	<p style="color: red; text-align: center;">Incremento del peligro</p>	<p style="color: red; text-align: center;">Incremento del peligro</p>
2. Heladas tardías HEL	<p style="color: orange; text-align: center;">Descenso del peligro</p>	<p style="color: blue; text-align: center;">Ausencia de peligro</p>	<p style="color: blue; text-align: center;">Ausencia de peligro</p>

Con el apoyo de:



Tabla 11. Tabla resumen del resultado de los indicadores de impacto seleccionados en los tres montes piloto, donde rojo significa en aumento, naranja intermedio o en descenso y azul ausencia o nulo.

Indicador	Monte 1: Pinar de Valsain	Monte 2: Navahondona	Monte 3: Barrantes
8. Crecimiento CRE	<p>Impacto bajo</p>	<p>Impacto bajo-moderado</p>	
11. Decaimiento DEC	<p>DECdef: Poco significativo</p>	<p>DECdef: Impacto bajo</p> <p>15.3% de defoliación</p>	
	<p>DECpla: Descenso de la afección por procesionaria</p>	<p>DECpla: Impacto bajo-moderado por procesionaria</p>	<p>DECpla: Impacto bajo en <i>Pinus pinaster</i>, alto en <i>Pinus radiata</i></p>

Con el apoyo de:



Tabla 12. Tabla resumen del resultado de los indicadores de vulnerabilidad seleccionados en los tres montes piloto, donde rojo significa en aumento, naranja intermedio o en descenso y azul ausencia o nulo.

Indicador	Monte 1: Pinar de Valsain	Monte 2: Navahondona	Monte 3: Barrantes
17. Rango de distribución RDI	Vulnerabilidad alta 	Vulnerabilidad alta 	Vulnerabilidad baja para Pinus pinaster
18. Cambios distribución de especies CDE	CDEpa: Vulnerabilidad alta 	CDEpa: Vulnerabilidad alta 	CDEpa: Vulnerabilidad moderada
	CDErp: Vulnerabilidad moderada-alta 	CDEdem: Vulnerabilidad alta 	CDErp: Vulnerabilidad moderada

CDEpa: cambios en la distribución de especies según el modelo presencia-ausencia (Benito-Garzón et al. 2008), CDErp: cambios en la distribución de especies según el modelo regiones de procedencia (Benito-Garzón et al. 2011), CDEdem: cambios en la distribución de especies según el modelo demográfico (Benito-Garzón et al. 2013).

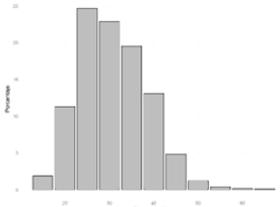
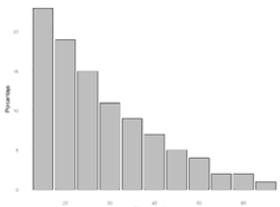
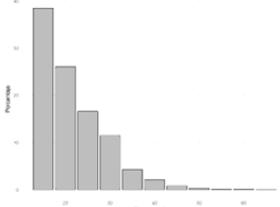
Con el apoyo de:



20 AÑOS



Tabla 13. Tabla resumen del resultado de los indicadores de adaptación seleccionados en los tres montes piloto, donde rojo significa en aumento, naranja intermedio o en descenso y azul ausencia o nulo.

Indicador	Monte 1: Pinar de Valsaín	Monte 2: Navahondona	Monte 3: Barrantes
13. Heterogeneidad de clases diamétricas	<p style="text-align: center;">Adaptación media-alta</p> 	<p style="text-align: center;">Adaptación media</p> 	<p style="text-align: center;">Adaptación baja-media</p> 

ANEXO 1. Especificaciones metodológicas para el cálculo de indicadores.

El índice de SPEI se ha calculado usando los valores de SPEI mensuales para el periodo comprendido entre 1950 y 2018 usando un intervalo temporal de 12 meses (ver <http://spei.csic.es/>).

Para el cálculo del número de días con heladas tardías se han utilizados datos climáticos diarios procedentes de la AEMET desde principios del siglo XX hasta 2018. Los datos utilizados proceden de la estación meteorológica de Navacerrada. Para el cálculo del número de días con heladas tardías, se han considerado heladas cuando las temperaturas mínimas fueron $T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$ y se han considerado tardías cuando ocurrieron durante los meses de abril, mayo y junio.

Para el cálculo del rango de distribución se han utilizado los datos de presencia de las especies de estudio, *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y *P. pinaster*, procedentes de la base de datos de EUFORGEN (<http://www.euforgen.org/>).

Para la calibración de los modelos de distribución presencia-ausencia se han utilizado los datos de presencia y ausencia de las especies de estudio *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y *Pinus pinaster* en España, procedentes del tercer Inventario Forestal Nacional. Con estos datos se ha calibrado el modelo usando cinco algoritmos estadísticos: modelos lineales generalizados (McCullagh & Nelder 1989), modelos aditivos generalizados (Hastie & Tibshirani 1990), modelos de bosques aleatorios (Breiman 2001), árboles de clasificación (Breiman et al. 1984) y MaxEnt (Phillips et al. 2006). Todos los modelos fueron procesados usando el paquete “biomod 2” (Thuiller et al. 2009) en R 3.3.1 (R Development Core Team 2011). La evaluación del modelo fue realizada mediante la media de los estadísticos “true skill statistic” (TSS) y el área bajo el estadístico “receiver operating characteristic curve” (ROC). Las predicciones de cada uno de los algoritmos fueron ensambladas para proyección de los modelos finales en condiciones climáticas actuales y futuras.

Para la calibración de los modelos de distribución de regiones de procedencia se han utilizado los datos procedentes de ensayos de procedencia plantados con las especies de estudio *Pinus sylvestris* y *P. pinaster* en varios sitios experimentales a lo largo de España. Con estos datos se ha calibrado el modelo usando el algoritmo estadístico random forest, tal y como se describe en Benito-Garzón et al. (2011).



Realizado a través del proyecto La certificación forestal como instrumento de gestión forestal adaptativa realizado con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Fundación Biodiversidad, y coordinado por FSC España y la Universidad de Alcalá.

“Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto”