



Con el apoyo de:



20 AÑOS



La certificación forestal FSC como instrumento de gestión forestal adaptativa

FSC España promueve el proyecto “La certificación forestal FSC como instrumento de gestión forestal adaptativa”, que cuenta con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Fundación Biodiversidad

El proyecto cuenta con la colaboración de la Universidad de Alcalá

González Díaz, P²; Zavala, M.A²; Martínez Martínez, S¹, Ruiz Benito, P².

1 FSC España, C/ Alcalá, 20, 2ª Planta, Oficina 202, 28014 Madrid. s.martinez@es.fsc.org

2 Grupo de investigación de Ecología y Restauración Forestal del Departamento de Ciencias de la Vida. Universidad Alcalá de Henares. Campus universitario, 28805. Alcalá de Henares (Madrid)

Introducción

El cambio global -cambios de uso del suelo, cambio climático y especies invasoras entre otros factores- están causando impactos en los bosques como alteraciones en la composición, estructura y en el funcionamiento de los mismos (Allen & Breshears 1998, Anderegg et al. 2013, Ruiz-Benito et al. 2017), lo que puede afectar a los servicios ecosistémicos que éstos proveen a la sociedad (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Los bosques mediterráneos son particularmente vulnerables al cambio climático (CC), por ello, las estrategias de mitigación y adaptación de los bosques al cambio climático juegan un papel fundamental para responder a los desafíos que plantea el CC (IPCC, 2007, 2014). La mitigación reducir el cambio climático incluyendo acciones para atenuar sus causas, como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y las concentraciones de CO₂ de la atmósfera (por ejemplo, aumentando la superficie forestal y la captura de carbono). Por otro lado, la adaptación hace referencia a acciones orientadas a reducir los efectos previstos por el Cambio Climático (CC) (por ejemplo, mediante cambios en planes y prácticas de gestión forestal). La Adaptación al Cambio Climático (ACC) puede definirse como el proceso de ajuste de un sistema a los efectos del clima, tanto del clima actual como a las proyecciones climáticas esperadas (IPCC, 2014).

En el contexto actual de impactos del cambio climático sobre los bosques surge el proyecto “La certificación forestal FSC como instrumento de gestión forestal adaptativa” donde proponemos un sistema de indicadores de ACC. Por una parte, establecemos una metodología para hacer un seguimiento de los impactos del CC en los bosques, de su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático y de la eficacia de las medidas de adaptación que los gestores implementan. Por otra parte, el sistema propuesto ayuda a priorizar medidas de mejora y gestión de ACC en bosques mediante la propuesta de indicadores de alerta temprana y de



Con el apoyo de:



20
AÑOS



seguimiento. La implementación de dicho sistema en montes concretos persigue ser un pilar de la denominada Gestión Adaptativa e implica un seguimiento por parte de los gestores de los efectos de las propias medidas de gestión para inducir posibles mejoras e incrementar el conocimiento empírico de los sistemas forestales. Este es por tanto un proyecto pionero en el que llevamos a cabo un proceso de ACC con el concurso de la gestión adaptativa y la certificación forestal FSC.

Sistema de Indicadores de Adaptación al Cambio Climático

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define un indicador como un parámetro, o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, con un significado más amplio que el estrictamente asociado al propio parámetro. Los indicadores de adaptación al cambio climático (ACC) son una serie de parámetros o variables que pretenden mostrar evidencias del grado de adaptación de un organismo o ecosistema al cambio climático. Este sistema de indicadores ACC configura una herramienta dentro del ciclo de gestión adaptativa, para identificar la presencia o ausencia de mecanismos de adaptación y mediante medidas posteriores facilitar la adaptación de los organismos vivos, y de las diferentes funciones y procesos del sistema en el que viven (Aspizua et al. 2010).

La adaptación al cambio climático es un proceso complejo desde el punto de vista ecológico, ya que implica procesos no lineales, estocásticos, jerarquizados y que operan a varias escalas espaciales y temporales (Zavala et al. 2017). Por ello, un mecanismo de evaluación y seguimiento mediante el sistema de indicadores de ACC es crítico para (i) establecer un diagnóstico temprano del estado; (ii) evaluar los peligros, impactos y la vulnerabilidad potenciales, así como el grado de adaptación de los ecosistemas forestales; (iii) diseñar y establecer estrategias de gestión adecuadas en el caso de ser necesarias apoyando a la toma de decisiones sobre las medidas o acciones que faciliten procesos de adaptación y minimicen los impactos y la vulnerabilidad futuras en sistema forestales certificados por FSC en España. Por tanto, el sistema de indicadores planteado en el presente estudio pretende:

- Identificar líneas prioritarias para medir y evaluar parámetros clave sobre impactos presentes o previstos provocados o agravados por el cambio climático, así como generar información sobre la eficacia y eficiencia de las acciones de respuesta para la adaptación al mismo.
- Crear un proceso sencillo y robusto de compilación de información básica para la evaluación de la adaptación al cambio climático. En gran medida partiendo de indicadores que ya usados y evaluados en otros sistemas, para hacer factible su implementación a corto plazo con los mínimos recursos adicionales.
- Crear un proceso dinámico y adaptativo de implementación y actualización del sistema de indicadores tempranos, que pueda ir completándose y actualizándose a medida que se desarrolle y se disponga de más información sobre los impactos en los sistemas forestales y las posibles medidas de adaptación a implementar (Figura 1).

Con el apoyo de:



- Identificar indicadores clave y de alerta temprana que permitan marcar pautas para el desarrollo de líneas y medidas de actuación para desarrollar propuestas de un futuro plan de adaptación independiente o integrada para la mitigación del cambio climático.

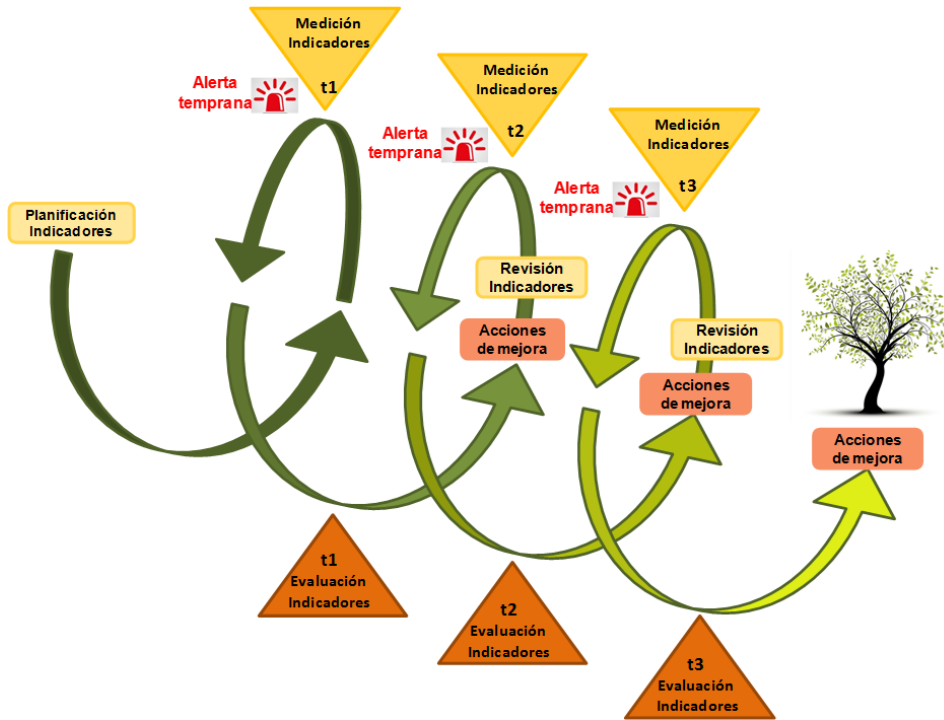


Figura 1. Esquema que representa el sistema gestión adaptativa al cambio climático (ACC). Este sistema se implementa mediante un sistema iterativo que combina la planificación, medición y evaluación de indicadores ACC e indicadores de alerta temprana, la implementación de medidas de mejora y revisión de indicadores ACC en diferentes momentos temporales

El sistema de indicadores seleccionados

Los indicadores de ACC se pueden clasificar en función del componente de cambio climático estudiado (es decir, de peligro, de exposición, de impacto, de vulnerabilidad o de adaptación), del sistema afectado (de proceso o de resultado dependiendo de su rigurosidad, disponibilidad y accesibilidad de los datos a utilizar (indicadores troncales, complementarios y candidatos, EEA, 2014, ver Figura 2).

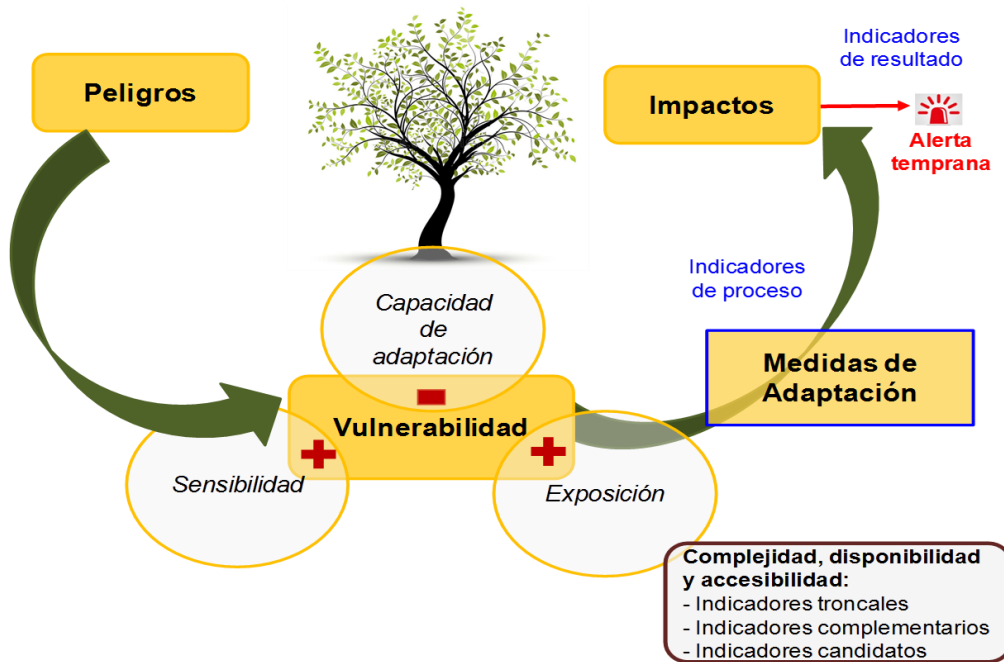


Figura 2. Marco conceptual del sistema de clasificación de los indicadores para determinar el grado de adaptación de la masa forestal al cambio climático. En él se determinan indicadores de aspectos relevantes para la adaptación al cambio climático (cuadros amarillos): subyacentes a la vulnerabilidad (capacidad de adaptación, sensibilidad y exposición), condicionados por una serie de peligros y su efecto o impacto sobre los individuos, especies, poblaciones o comunidades. Cabe destacar la priorización de indicadores de alerta temprana de impactos de CC. La vulnerabilidad e impactos futuros podrían ser modificados en base a medidas de adaptación, evaluadas mediante indicadores de proceso o resultado. Se muestra si la correlación entre la vulnerabilidad y la componente es positiva (+) o negativa (-). Los indicadores podrán ser además troncales, complementarios o candidatos en base a su complejidad, disponibilidad de datos y accesibilidad.

- Los indicadores troncales son rigurosos porque miden atributos recomendados por la bibliografía especializada y expertos en la temática, y, por tanto, son capaces de medir los impactos, peligros, vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático de una manera directa (EEA, 2014, Zavala et al. 2017). Se trata de indicadores robustos, fáciles de obtener, que permiten su medición periódica.
- Los indicadores complementarios son igualmente robustos pero miden los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático indirectamente (e.g. económicos, demográficos, etc.). Por otro lado, de forma ideal los indicadores complementarios deben formar parte del sistema y ser considerados para la evaluación de los indicadores troncales, ya que aportan una importante información contextual para la adaptación (EEA, 2014, Zavala et al. 2017). Los indicadores complementarios pueden contar con datos actualmente disponibles para su cálculo en los ecosistemas forestales (i.e. datos de ordenaciones forestales o datos de inventario) o requerir de su medición en el campo, aunque son ligeramente más complejos de obtener que los troncales desde el punto de vista técnico, metodológico y/o económico.

Con el apoyo de:



- Los indicadores candidatos son aquellos que no forman parte inicialmente de los indicadores troncales o complementarios del sistema, pero que pueden entrar a futuro a formar parte de éste (EEA, 2014, Zavala et al. 2017). Generalmente son datos que no se encuentran disponibles y que su adquisición puede conllevar cierta complejidad técnica, metodológica y/o económica. Hemos identificado los indicadores de ACC en los cuatro bloques principales que influyen incluyendo los peligros, los impactos, la vulnerabilidad y las medidas de adaptación ante el cambio climático (Figura 3 y Anexo I).

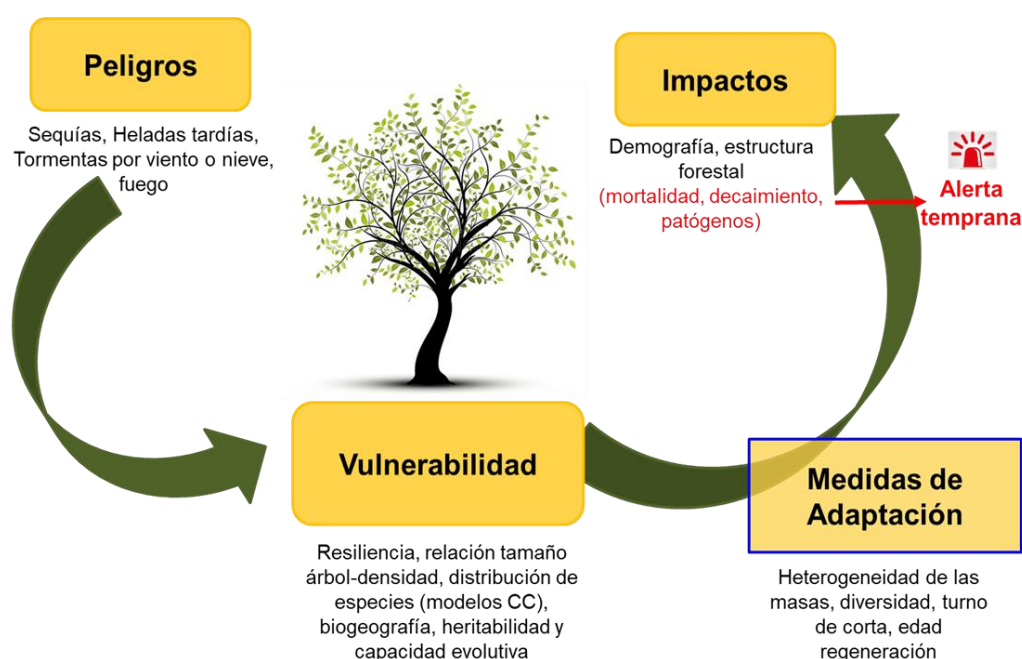


Figura 3. Principales indicadores relevantes para la adaptación al cambio climático identificados en los sistemas forestales

Localizaciones piloto

Los indicadores ACC seleccionados han sido evaluados en tres montes piloto, Navahondona (Cazorla, Jaén), Pinar de Valsaín (Segovia) y Barrantes (Pontevedra). Estos tres montes se sitúan a lo largo de la península Ibérica cubriendo una variada tipología de pinares. En concreto, el pinar 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. *Pinus nigra*), mientras que el monte de Barrantes está formado por pinares cuya distribución es mediterráneo-occidental y atlántica (i.e. *Pinus pinaster* y *P. radiata*, respectivamente).

Con el apoyo de:



20
AÑOS



Foto 1. Barrantes (Pontevedra)



Foto 2. Navahondona (Jaén)

Con el apoyo de:



20 AÑOS

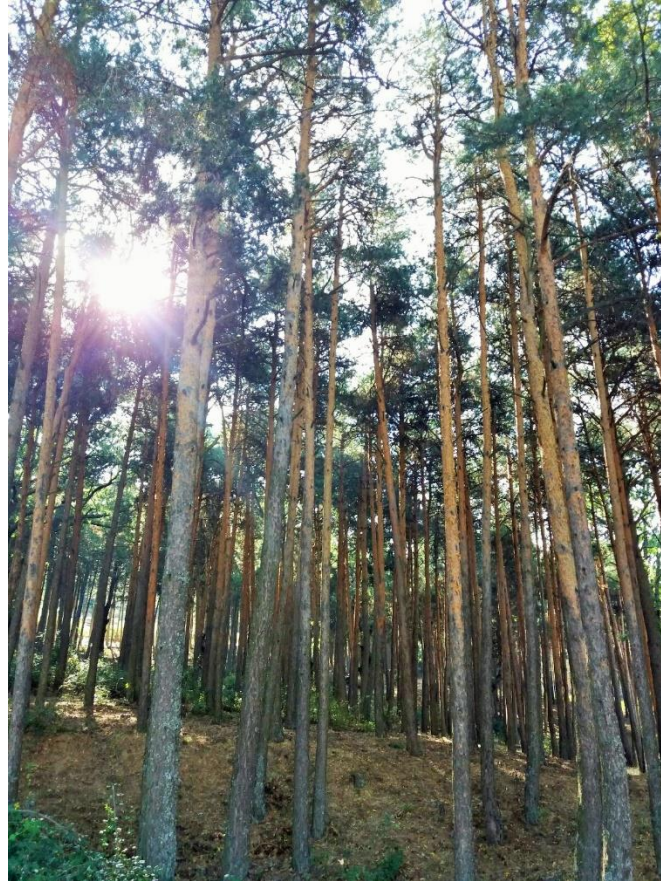


Foto 3. Valsaín (Segovia)

Ejemplo de medición de un indicador de vulnerabilidad: Cambios distribución de especies - presencia-ausencia (CDEpa)

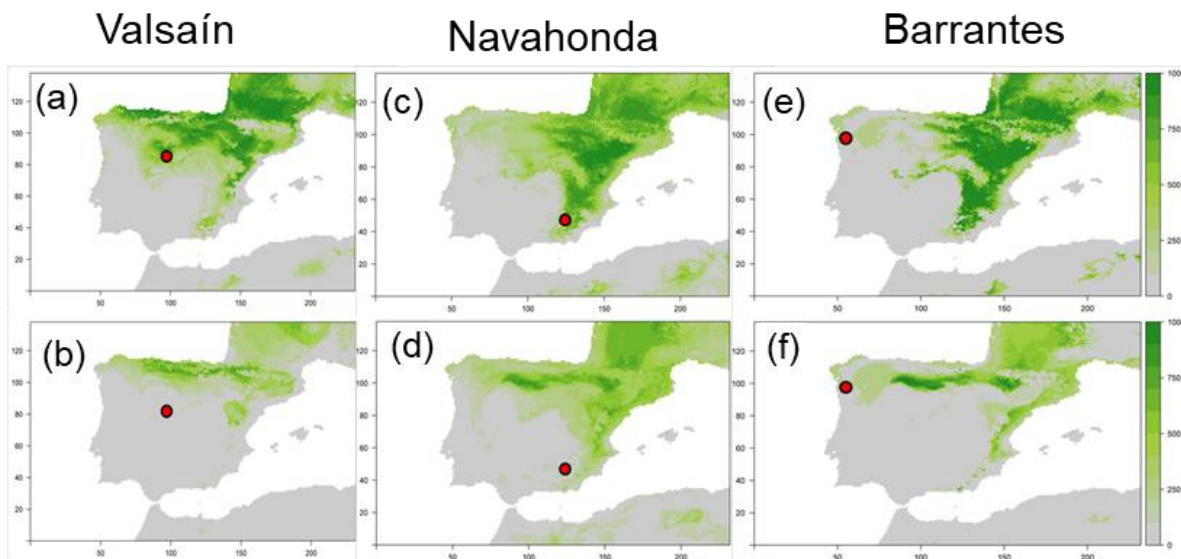


Figura 4. Distribución potencial de: *Pinus sylvestris* en condiciones actuales y condiciones futuras de cambio climático (a y b, respectivamente) en Valsaín, de *Pinus nigra* en Navahonda (c y d, respectivamente); y *Pinus pinaster* en Barrantes (e y f, respectivamente). La barra de la derecha indica el nivel de idoneidad para la presencia de la especie en un determinado lugar, donde 0 es idoneidad nula y 1000 es muy idónea.

La distribución potencial de *Pinus sylvestris* se ve reducida drásticamente cuando el modelo es proyectado en los escenarios futuros de cambio climático (Fig. 4b) con respecto a su distribución potencial actual (Fig. 4a). La distribución potencial de *Pinus nigra* se ve reducida de forma considerable cuando el modelo es proyectado bajo los escenarios de cambio climático (Fig.4c) con respecto a su distribución potencial actual (Fig.4d). La distribución potencial de *Pinus pinaster* se ve reducida de forma considerable cuando el modelo es proyectado en los escenarios de cambio climático (Fig. 4e) con respecto a las condiciones actuales (Fig. 4f). No obstante, en la zona de estudio la distribución potencial bajo escenarios de cambio climático abarca un área similar, incluso superior que bajo condiciones actuales, aunque la idoneidad climática de la zona para la especie no es la más elevada. El indicador CDEpa sugiere una vulnerabilidad alta Para Valsaín y Navahonda, y moderada para Barrantes.

Consideraciones finales

Desde FSC España queremos poder llegar a incorporar indicadores desarrollados en el proyecto como parte del sistema de gestión forestal de ACC de FSC, de manera que nuestra gestión forestal adaptativa sea más eficiente a la hora de paliar los efectos del cambio climático. Al mismo tiempo pretendemos que este desarrollo sea aplicable por parte de

Con el apoyo de:



propietarios y gestores forestales ya que son los principales concededores de las masas forestales y los máximos responsables de la persistencia y estabilidad de las masas forestales.

“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”



Con el apoyo de:



ANEXO I

Resumen de los indicadores identificados para la medición del grado de adaptación de masas forestales. Se indica el tipo de indicador y el grupo al que pertenecen (Troncal, T; Complementario, Co; Candidato, Ca)

Indicador	Descripción	Datos	Tipo	Referencias
1. Sequía - SPEI	No. meses SPEI < 0	Nivel monte, datos externos	De peligro, climático, T	Schwalm et al. 2017
2. Heladas tardías	No. días T.min < 0 (abril-junio)	Nivel monte, datos externos	De peligro, climático, T	Inouye 2000
3. Tormentas por viento	No. días V.viento > 100 Km/h	Nivel monte, datos externos	De peligro, climático, T	Ennos 1997, Mitchell, 2013
4. Tormentas por nieve	Volumen de cortas por temporales No. Días Kg nieve > XX Kg m ⁻²	Nivel monte, datos externos	De peligro, climático, T	Nykänen et al. 1997 Kilpeläinen et al. 2010
5. Incendios	Frecuencia anual y área afectada	Nivel monte, datos externos	De peligro, climático, T	Moriondo et al. 2006
6. Regeneración	No. plántulas y juveniles por especie. Presencia de herbívora	Definir áreas de monte, campo	De impacto, demográfico, T	Mendoza et al. 2009, Matías & Jump 2014, Herrero & Zamora 2014
7. Resiliencia juveniles	Elongaciones en juveniles	Definir áreas de monte, campo	Vulnerabilidad, adaptación, impacto, demográfico, T	Lloret et al. 2011, Madrigal et al. 2017, Herrero & Zamora 2014
8. Crecimiento	Aumento d.a.p. o volumen	Definir áreas de monte, campo o datos externos (OM, dendrocronología)	De impacto, demográfico, T	Gómez-Aparicio et al. 2011, Andreu et al. 2007
9. Reproducción	No. frutos	Definir áreas de monte, campo	Impacto, demográfico, T	Prasas et al. 2002
10. Mortalidad	Porcentaje de individuos muertos, tamaño medio de individuos muertos	Definir áreas de monte, campo	De impacto, demográfico, alerta temprana, T	Allen et al. 2010, 2015, Carnicer et al. 2011, Ruiz-Benito et al. 2013a, Camarero et al. 2015
11. Decaimiento	% defoliación y coloración usando GLAMA app.	Definir áreas de monte, campo	De impacto, alerta temprana, T	Dobbertin 2005, Sánchez-Salguero et al. 2012, 2013 Tichý 2016
12. Ratios d.a.p, densidad, LAI, copa	Información límite del sistema forestal	Definir áreas de monte, campo	De vulnerabilidad, estructura, T	Ruiz-Benito et al. 2013 Marqués et al.



Con el apoyo de:



Indicador	Descripción	Datos	Tipo	Referencias
13.Heterogeneidad clases diamétricas	CV d.a.p. = media dbh /sd	Definir áreas de monte, campo	De impacto, estructura, T	2017, Gracia et al. 2009, Ameztegui et al. 2017, Jump et al., 2017
14.Presencia de aves forestales	Grupos de aves forestales sensibles al cambio climáticos	Nivel Monte	De impacto, adaptación, diversidad, T	Linares et al., 2010, Lafond et al. 2014, , Gazol & Camarero 2016
15.Diversidad	Riqueza especies arbóreas y matorral, grupos funcionales	Nivel Monte	De adaptación, diversidad, T	Gamfledt et al. 2014, Gazol & Camarero 2016, Gazol et al. 2018
16.Gestión		Nivel Monte	Adaptación, gestión, T	Millar et al. 2007, Lechuga et al. 2017
17.Rango de distribución	Norte, centro o sur	Nivel Monte, datos externos	Vulnerabilidad, Biogeografía, T	
18.Modelos de distribución presencia/ausencia	– Probabilidad de desaparición bajo cambio climático según modelos de distribución de especies (MDE) tradicionales	Nivel especie, datos externos	Vulnerabilidad, Co	Benito-Garzón et al. 2008
19.Modelos de distribución regiones de procedencia	– Probabilidad de desaparición según MDE y regiones de procedencia	Nivel especie, datos externos	Vulnerabilidad, Co	Benito-Garzón et al. 2011, Serra-Varela et al., 2015, 2017, Sánchez-Salguero et al., 2018
20.Modelos de distribución demografía	- Probabilidad de desaparición según MDE parametrizado con crecimiento y mortalidad	Nivel especie, datos externos	Vulnerabilidad, Co	Benito-Garzón et al. 2013
21.SPOM	Vulnerabilidad de la especie al cambio climático	Nivel especie, datos externos	Vulnerabilidad, Co	García Valdés et al. 2013
22.Resiliencia	Crecimiento, regeneración, supervivencia	Nivel Monte, datos externos	De impacto, vulnerabilidad, adaptación, Co	Lloret et al. 2011, Madrigal et al. 2017, Sánchez-Salguero et al. 2013, 2017a, 2018
23.Diversidad funcional	Diversidad grupos funcionales	Nivel Monte	De vulnerabilidad, adaptación	Ruiz-benito et al. 2017, Gazol et al. 2018
24.Rasgos adaptativos	Isótopos de carbono	Nivel Monte	Vulnerabilidad, adaptación, Ca	Hoffmann & Sgrò 2011, Jump & Penuelas 2005
25.Heritabilidad y capacidad evolutiva	Medición de rasgos funcionales en ensayos de procedencia	Nivel Monte	Vulnerabilidad, adaptación, Ca	Hoffmann & Merilä 1999

Con el apoyo de:



20
AÑOS



Indicador	Descripción	Datos	Tipo	Referencias
26.Diversidad genética	Diversidad genética y riqueza de alelos	Nivel Monte	Vulnerabilidad, Ca	Fady, et al. 2016a, 2016b, Gazol et al. 2018, Sánchez-Salguero et al. 2018