
1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La superficie forestal en Castilla y León cubre en la actualidad más de 5.135.000 ha, lo que supone el 54,5% de su superficie terrestre (MITECO, 2021). La región posee una notable variedad de medios naturales con una gran riqueza forestal y una diversidad notable de ambientes, consecuencia del conjunto de factores naturales, históricos y artificiales propios del territorio. El 64% de la superficie forestal es arbolada, compuesta por diferentes formaciones forestales que se agrupan en hasta 30 formaciones dominantes. Las frondosas en su conjunto cubren el 57% de la superficie (1.869.054 ha) mientras que las coníferas extienden su dominio en el 31% (1.014.213 ha) junto a un 5% de mezcla de ambas (162.479 ha). Además, 1.857.517 ha del territorio se encuentran cubiertas por formaciones forestales no arboladas, principalmente matorrales y pastizales. Estos ecosistemas forestales, en su conjunto, proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano.

La influencia humana en el clima de la Tierra es cada vez más evidente, como así concluye el 6º informe (AR6) del Grupo de trabajo I del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés; IPCC, 2021). Los escenarios de cambio climático prevén para Castilla y León, al igual que en todas las regiones españolas, un incremento de las temperaturas y un aumento de la variabilidad de la estacionalidad de las precipitaciones (AEMET, s.f.). Los regímenes de perturbaciones bióticas (plagas de insectos, hongos patógenos) y abióticas (tormentas, incendios, sequías, excesos de agua, olas de calor, etc.) también se verán modificados de forma más o menos profunda por la variación de las condiciones climáticas

El cambio climático constituye una de las principales amenazas actuales para el mantenimiento de la estructura y dinámica de los ecosistemas forestales. Los bosques ibéricos están considerados como altamente vulnerables al cambio global, especialmente en la región mediterránea, lo que podría alterar el suministro de servicios ecosistémicos claves (LINDNER et al., 2010). Por consiguiente, el funcionamiento y persistencia de los ecosistemas forestales, así como el suministro de servicios ecosistémicos, pueden verse alterados de forma directa por el cambio climático.

En los ecosistemas forestales de Castilla y León ya se han observado problemas asociados al cambio climático, como dificultades en la regeneración

natural (BRAVO et al., 2017; CALAMA et al., 2017; RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2011; RUANO et al., 2009, 2015), decaimiento de especies en estaciones en su límite ecológico (PRIETO-RECIO et al., 2015), o variaciones tanto en las tasas de crecimiento forestal (BOGINO et al., 2009; OLIVAR et al., 2012) como en la provisión de productos no maderables, como es el caso de las setas (GASSIBE et al., 2014). Además, en toda Europa se está observando un incremento de las perturbaciones en los ecosistemas forestales (derribos por vientos, incendios, plagas y enfermedades) asociadas al cambio climático (SCHELHAAS et al., 2003; SEIDL et al., 2014). Aunque el cambio climático pueda tener impactos positivos en la productividad de algunos bosques, como por ejemplo en el norte de Europa, sus efectos negativos son mucho mayores y ponen en peligro la adecuada provisión de servicios ecosistémicos a nivel global (LINDNER et al., 2010).

Aunque en algunas especies se ha detectado la capacidad de adaptarse localmente a los cambios del clima (BOGINO & BRAVO, 2014), el cambio climático puede ser demasiado rápido para la adaptación autónoma de los ecosistemas forestales, especialmente en las formaciones arboladas, ya que la larga vida de los árboles no permite una rápida adaptación a cambios ambientales (LINDNER et al., 2010). Estas circunstancias requieren el desarrollo de estrategias y medidas adecuadas para abordar de forma asistida la adaptación al cambio climático de estos sistemas naturales. Parece inevitable que la silvicultura tenga que hacer frente a importantes impactos adversos del cambio climático sobre las formaciones forestales, al menos a medio y largo plazo, por lo que es necesario que esta realice los ajustes necesarios para garantizar la seguridad de los ecosistemas y la diversidad de bienes y servicios por estos provistos: los bosques regenerados hoy tendrán que hacer frente a las futuras alteraciones de las condiciones climáticas de al menos varias décadas, a menudo incluso más de 100 años (LINDNER et al. 2008).

La planificación de medidas de adaptación para la gestión forestal es una tarea difícil dada la gran incertidumbre sobre la evolución del clima en el futuro y debido al desconocimiento del alcance de los impactos sobre los ecosistemas forestales. Por lo tanto, las decisiones para la adaptación de los ecosistemas forestales al cambio climático deben tomarse inevitablemente en medio de una gran incertidumbre (LINDNER et al., 2008).

OBJETIVO Y ALCANCE DE LA PUBLICACIÓN

El presente estudio pretende ofrecer una mejor comprensión de las implicaciones del efecto del cambio climático sobre los ecosistemas forestales de Castilla y León y ayudar a orientar las estrategias selvícolas destinadas al aumento de la resistencia y la capacidad de adaptación del patrimonio natural frente a los cambios climáticos presentes y futuros, en un contexto caracterizado por la incertidumbre. El objetivo último es minimizar el impacto de las perturbaciones climáticas y garantizar el funcionamiento armonioso de los ecosistemas forestales y la provisión de sus servicios ecosistémicos en el ámbito regional.

Para ello, el estudio sintetiza los conocimientos existentes sobre los impactos observados y previstos por cambio climático en los bosques de Castilla y León, y revisa las opciones operativas de la silvicultura para adaptarse al cambio climático.

Su elaboración se ha realizado gracias a la participación de un amplio equipo de profesionales del ámbito de la investigación y la silvicultura aplicada, y de la participación activa de los responsables de la gestión forestal del patrimonio forestal público de Castilla y León.

MARCO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Las estrategias y prácticas eficaces de adaptación al cambio climático dependen de una comprensión rigurosa del riesgo y los componentes que lo integran (CARDONA et al., 2012). El enfoque metodológico adoptado por el presente estudio para la evaluación de riesgos sobre los ecosistemas forestales, debidos al cambio climático, se apoya en el

marco conceptual de cambio climático introducido en el Informe Especial del IPCC sobre la Gestión de los Riesgos de Fenómenos Extremos (FIELD et al., 2012), adoptado a partir del 5º Informe (AR5) del IPCC (IPCC, 2014), basado en la gestión de riesgo de desastres (ver figura 1).

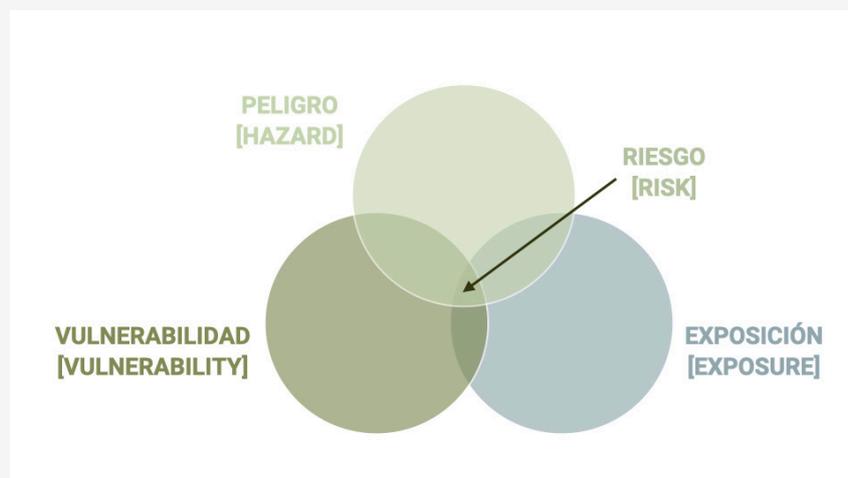


Figura 1. Componentes del riesgo (peligro, vulnerabilidad y exposición) asociados al cambio climático. Elaboración propia a partir de VINER et al. (2020).

Esta nueva visión del IPCC equipara el riesgo climático con el riesgo de catástrofes, identificando como elementos clave el peligro, la exposición y la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad aplicada a los ecosistemas forestales puede ser definida como la propensión o predisposición de un sistema forestal a ser afectado negativamente por la variabilidad climática. Consta de dos componentes: la sensibilidad (grado en que el ecosistema se ve afectado, ya sea de forma adversa o beneficiosa, por la variabilidad o el cambio climático) y la capacidad de adaptación (capacidad natural del ecosistema para adaptarse a los cambios climáticos).

El peligro hace referencia a la ocurrencia potencial de una tendencia o suceso físico que pueda

provocar daños sobre los ecosistemas forestales, como es el caso del cambio climático, mientras que la exposición indica la presencia de especies o ecosistemas en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Por último, el riesgo supone el potencial de que el cambio climático produzca consecuencias adversas (impactos negativos) sobre los sistemas ecológicos, reconociendo la diversidad de valores y objetivos asociados a dichos sistemas. Los riesgos son el resultado de las interacciones dinámicas entre los peligros relacionados con el clima, la exposición y la vulnerabilidad del sistema ecológico considerado.

PROPUESTA DE COMARCALIZACIÓN

Para poder caracterizar bien las condiciones regionales a una escala operativa se ha decidido desarrollar una comarcalización regional que tiene en cuenta tanto condiciones de la estación (suelo y condiciones climáticas) como de la vegetación. La comarcalización propuesta (figura 2) incluye diez

comarcas diferentes que, aunque con cierto grado de heterogeneidad interna, persigue servir de marco para el estudio de la vulnerabilidad y el desarrollo de las medidas de adaptación de los ecosistemas forestales.

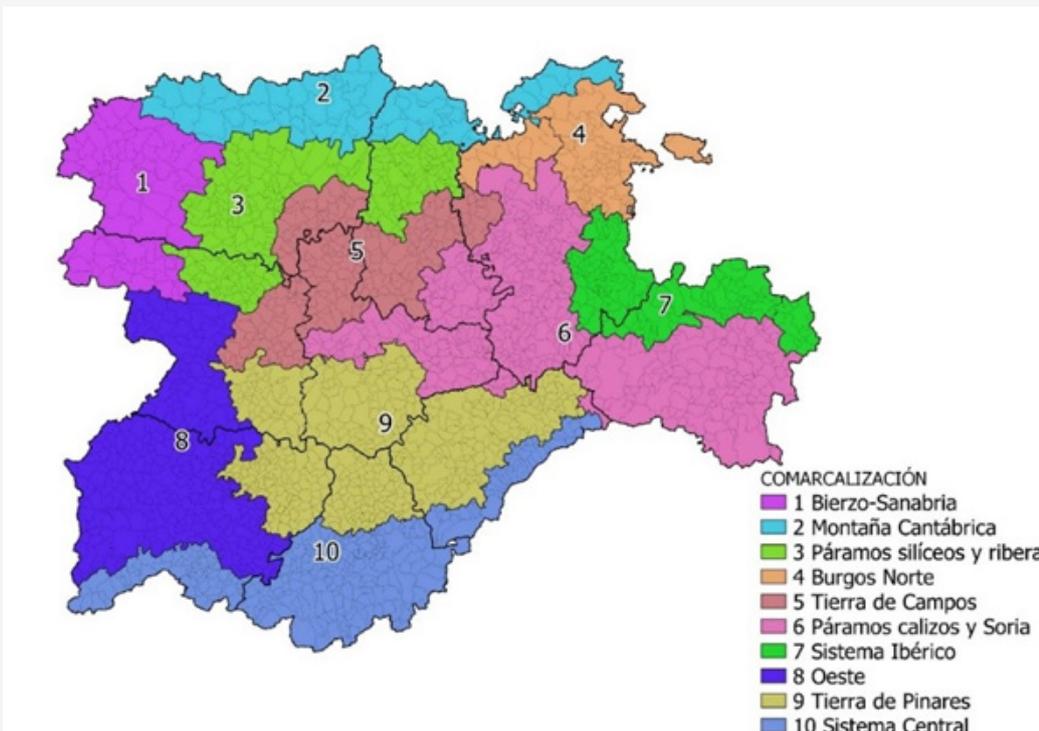


Figura 2. Comarcalización de Castilla y León propuesta como base para el análisis de la vulnerabilidad y la propuesta de medidas de adaptación.

Las diez comarcas propuestas son las siguientes:

- i. Bierzo - Sanabria
- ii. Montaña Cantábrica
- iii. Páramos silíceos y ribera
- iv. Burgos norte
- v. Tierra de campos
- vi. Páramos calizos y Soria
- vii. Sistema Ibérico
- viii. Oeste
- ix. Tierra de pinares
- x. Sistema Central

ESTRUCTURA DE CONTENIDOS

La presente publicación se estructura en ocho apartados:

El apartado 1 ofrece una exposición de motivos, presenta los objetivos, el marco metodológico adoptado junto a la zonificación aplicada en el análisis, así como la estructura de contenidos del informe (presente apartado).

El apartado 2 recopila la información disponible sobre el clima en Castilla y León (pasado y presente) y analiza las tendencias de proyección futuras.

El apartado 3 ofrece el marco de evaluación general de la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales frente al cambio climático y de los riesgos de impacto sobre el patrimonio natural de Castilla y León.

El apartado 4 identifica las áreas forestales y ecosistemas de la región para los que se prevén mayores riesgos de impacto inducido por el cambio climático.

El apartado 5 analiza las oportunidades estratégicas de actuación para aumentar la resistencia y capacidad de adaptación de los ecosistemas forestales frente cambio climático, y describe las medidas selvícolas más adecuadas para la adaptación.

El apartado 6 recoge las directrices fundamentales que deberían guiar el diseño y puesta en marcha de un sistema de centinela de alerta regional para la pronta detección de impactos significativos, la definición del concepto y características principales de un programa de gestión forestal adaptativa, y la presentación de la ciencia ciudadana como herramienta para la sensibilización y la alerta temprana.

El apartado 7 ofrece conclusiones finales y repasa las recomendaciones acerca de la gestión del riesgo de impacto del cambio climático sobre los ecosistemas forestales en el ámbito de Castilla y León.

El apartado 8 reúne un conjunto de anexos varios entre los que se encuentran los climodiagramas de Walter-Lieth, elaborados en el análisis del clima actual de Castilla y León; el conjunto de fichas que abordan el análisis de vulnerabilidad, impacto y adaptación al cambio climático específico para 17 formaciones forestales arboladas y 6 ecosistemas no arbolados; y el manual de uso de la plataforma de ciencia ciudadana para la evaluación general de la vulnerabilidad de los ecosistemas seleccionados.

REFERENCIAS

AEMET. S. F. PROYECCIONES CLIMÁTICAS PARA EL SIGLO XXI. RECUPERADO EL 22 DE AGOSTO DE 2022. [HTTPS://WWW.AEMET.ES/ES/SERVICIOSCLIMATICOS/CAMBIO_CLIMAT](https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat)

BOGINO, S., & BRAVO, F. 2014. CARBON STABLE ISOTOPE-CLIMATE ASSOCIATION IN TREE RINGS OF *PINUS PINASTER* AND *PINUS SYLVESTRIS* IN MEDITERRANEAN ENVIRONMENTS. *BOSQUE*, 35(2), 175-184. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.4067/S0717-92002014000200005](http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000200005)

BOGINO, S., FERNÁNDEZ-NIETO, M. J., & BRAVO, F. 2009. CLIMATE EFFECT ON RADIAL GROWTH OF *PINUS SYLVESTRIS* AT ITS SOUTHERN AND WESTERN DISTRIBUTION LIMITS. *SILVA FENNICA*, 43(4), 609-623. [HTTPS://WWW.PROQUEST.COM/SCHOLARLY-JOURNALS/CLIMATE-EFFECT-ON-RADIAL-GROWTH-PINUS-SYLVESTRIS/DOCVIEW/21234862/SE-2](https://www.proquest.com/scholarly-journals/climate-effect-on-radial-growth-pinus-sylvestris/docview/21234862/se-2)

BRAVO, F., MAGUIRE, D. A., & GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S. C. 2017. FACTORS AFFECTING CONE PRODUCTION IN *PINUS PINASTER* AIT.: LACK OF GROWTH-REPRODUCTION TRADE-OFFS BUT SIGNIFICANT EFFECTS OF CLIMATE AND TREE AND STAND CHARACTERISTICS. *FOREST SYSTEMS*, 26(2), e07S. [HTTPS://DOI.ORG/10.5424/FS/2017262-11200](https://doi.org/10.5424/FS/2017262-11200)

CALAMA, R., MANSO, R., LUCAS-BORJA, M. E., ESPELTA, J. M., PIQUÉ, M., BRAVO, F., DEL PESO, C., & 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)

CARDONA, O. D., VAN AALST, M. K., BIRKMANN, J., FORDHAM, M., MCGREGOR, G., PEREZ, R., PULWARTY, R. S., SCHIPPER, E. L. F., & SINH, B. T. 2012. DETERMINANTS OF RISK: EXPOSURE AND VULNERABILITY. EN: MANAGING THE RISKS OF EXTREME EVENTS AND DISASTERS TO ADVANCE CLIMATE CHANGE ADAPTATION. A SPECIAL REPORT OF WORKING GROUPS I AND II OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, CAMBRIDGE, UK, AND NEW YORK, NY, USA. 65-108 PP. [HTTPS://WWW.IPCC.CH/SITE/ASSETS/UPLOADS/2018/03/SREX-CHAP2_FINAL-1.PDF](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-CHAP2_FINAL-1.PDF)

GASSIBE, P., FABERO, R. F., HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M., ORIA-DE-RUEDA, J. A., BRAVO, F., & MARTÍN-PINTO, P. 2014. POST-FIRE PRODUCTION OF MUSHROOMS IN *PINUS PINASTER* FORESTS USING CLASSIFICATORY MODELS. *JOURNAL OF FOREST RESEARCH*, 19(3), 348-356. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10310-013-0419-9](https://doi.org/10.1007/s10310-013-0419-9)

FIELD, C. B., BARROS, V., STOCKER, T. F., & DAHE, Q. 2012. MANAGING THE RISKS OF EXTREME EVENTS AND DISASTERS TO ADVANCE CLIMATE CHANGE ADAPTATION: SPECIAL REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. [HTTPS://WWW.IPCC.CH/REPORT/MANAGING-THE-RISKS-OF-EXTREME-EVENTS-AND-DISASTERS-TO-ADVANCE-CLIMATE-CHANGE-ADAPTATION/](https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/)

IPCC, 2014. CAMBIO CLIMÁTICO 2014: INFORME DE SÍNTESIS. CONTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO I, II Y III AL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. IPCC, GINEBRA, SUIZA, 157 PP. [HTTPS://ARCHIVE.IPCC.CH/PDF/ASSESSMENT-REPORT/AR5/SYR/SYR_AR5_FINAL_FULL_ES.PDF](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/syr_ar5_final_full_es.pdf)

IPCC. 2021. SUMMARY FOR POLICYMAKERS. EN: CLIMATE CHANGE 2021: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS. CONTRIBUTION OF WORKING GROUP I TO THE SIXTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. RECUPERADO EL 5 DE ENERO DE 2022. [HTTPS://WWW.IPCC.CH/REPORT/AR6/WG1/DOWNLOADS/REPORT/IPCC_AR6_WGI_SPM_FINAL.PDF](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_FINAL.PDF)

LINDNER, M., MAROSCHEK, M., NETHERER, S., KREMER, A., BARBATI, A., GARCIA-GONZALO, J., SEIDL, R., DELZON, S., CORONA, P., KOLSTRÖM, M., LEXER, M. J., & MARCHETTI, M. 2010. CLIMATE CHANGE IMPACTS, ADAPTIVE CAPACITY, AND VULNERABILITY OF EUROPEAN FOREST ECOSYSTEMS. *FOREST ECOLOGY & MANAGEMENT*, 259, 698-709. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2009.09.023](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023)

LINDER, M., GARCIA-GONZALO, J., KOLSTROM, M., GREEN, T., REGUERA, R., MAROSCHEK, M., ..., & CORONA, P. 2008. IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON EUROPEAN FORESTS AND OPTIONS FOR ADAPTATION. [CONTRACT] AGRI-2007-G4-06, 2008. [HTTPS://HAL.INRAE.FR/HAL-02821804](https://hal.inrae.fr/hal-02821804)

MITECO. 2021. CUARTO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL EN LA C.A. DE CASTILLA Y LEÓN. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. MADRID. 68 PAG.

OLIVAR, J., BOGINO, S., SPIECKER, H., & BRAVO, F. 2012. CLIMATE IMPACT ON GROWTH DYNAMIC AND INTRA-ANNUAL DENSITY FLUCTUATIONS IN ALEPPO PINE (*PINUS HALEPENSIS*) TREES OF DIFFERENT CROWN CLASSES. *DENDROCHRONOLOGIA*, 30(1), 35-47. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.DENDRO.2011.06.001](https://doi.org/10.1016/j.dendro.2011.06.001)

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)

RODRÍGUEZ-GARCÍA, E., BRAVO, F., & SPIES, T. A. 2011. EFFECTS OF OVERSTOREY CANOPY, PLANT-PLANT INTERACTIONS AND SOIL PROPERTIES ON MEDITERRANEAN MARITIME PINE SEEDLING DYNAMICS. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 262(2), 244-251. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FORECO.2011.03.029](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.029)

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 OF FOREST RESEARCH*, 45(12), 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)

SCHELHAAS, M. J., NABUURS, G., & SCHUCK, A. 2003. NATURAL DISTURBANCES IN THE EUROPEAN FORESTS IN THE 19TH AND 20TH CENTURIES. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*, 9(11), 1620-1633. [HTTPS://DOI.ORG/10.1046/J.1365-2486.2003.00684.X](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x)

SEIDL, R., SCHELHAAS, M. J., RAMMER, W., & VERKERK, P. J. 2014. INCREASING FOREST DISTURBANCES IN EUROPE AND THEIR IMPACT ON CARBON STORAGE. *NATURE CLIMATE CHANGE*, 4(9), 806-810. [HTTPS://DOI.ORG/10.1038/NCLIMATE2318](https://doi.org/10.1038/nclimate2318)

VINER, D., EKSTROM, M., HULBERT, M., WARNER, N. K., WREFORD, A., & ZOMMERS, Z. 2020. UNDERSTANDING THE DYNAMIC NATURE OF RISK IN CLIMATE CHANGE ASSESSMENTS—A NEW STARTING POINT FOR DISCUSSION. *ATMOSPHERIC SCIENCE LETTERS*, 21(4), e958. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/ASL.958](https://doi.org/10.1002/asl.958)

