

6.1. RED CENTINELA DE ALERTA TEMPRANA

La incertidumbre sobre el alcance total de los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas forestales y la idoneidad de las medidas de adaptación implementadas crea la necesidad de seguimiento y de nuevas investigaciones (LINDNER et al., 2008). La integración de los numerosos factores ambientales de cambio, el conocimiento de su efecto sobre la funcionalidad de los ecosistemas forestales y el suministro de servicios ecosistémicos son todavía muy limitados, dada la gran complejidad de los sistemas naturales y las incertidumbres demasiado evidentes en las predicciones de los futuros cambios climáticos y de uso del suelo, dificultando todo ello la realización de predicciones precisas de las respuestas biogeográficas ante un horizonte de variabilidad climática (PEARSON & DAWSON, 2003).

Así, se pone de manifiesto la necesidad de mejorar el conocimiento existente sobre los procesos y mecanismos que determinan la capacidad de adaptación y la sensibilidad de las especies al cambio climático (RUIZ-BENITO et al. 2013), con el objetivo de facilitar la comprensión de las respuestas de los ecosistemas forestales a las variaciones de las condiciones ambientales y apoyar a los responsables de la toma de decisiones en un escenario de cambio climático, optimizando la gestión de los ecosistemas y los recursos naturales bajo las nuevas realidades del cambio climático. Por todo ello es necesario mejorar y aumentar el énfasis en el seguimiento a largo plazo de la composición y el crecimiento de los ecosistemas forestales, con la finalidad de obtener bases de datos que permitan desarrollar con precisión la línea de base a partir de la cual estimar los escenarios futuros y para su uso en la validación de la predicción de modelos de las condiciones actuales (ABER et al. 2001).

Los estudios ecológicos a largo plazo son fundamentales para proporcionar información clave en los ámbitos de la ecología, el cambio ambiental, la gestión de recursos naturales y la conservación de la biodiversidad, ofreciendo las siguientes funcionalidades clave: (i) cuantificar las respuestas ecológicas a los impulsores del cambio de los ecosistemas; (ii) comprender los complejos procesos de los ecosistemas que se producen durante periodos prolongados; (iii) proporcionar datos ecológicos básicos que pueden utilizarse para desarrollar modelos ecológicos teóricos y para parametrizar y validar modelos de simulación; (iv) actuar como plataformas para estudios colaborativos, promoviendo

así la investigación multidisciplinar; y (v) proporcionar datos y conocimientos a escalas relevantes para la gestión y para el apoyo crítico de las políticas basadas en la evidencia, la toma de decisiones y la gestión de los ecosistemas (LINDENMAYER et al., 2012).

La combinación de parcelas permanentes, sitios de ensayos y otros dispositivos de seguimiento de los sistemas forestales sobre el terreno, así como de tecnologías mejoradas de teledetección, se consideran la solución adecuada para caracterizar la evolución de los ecosistemas forestales y su respuesta frente a la exposición a las variaciones del cambio climático.

Asimismo, la medición a largo plazo del rendimiento y la dinámica de los ecosistemas forestales en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes permite detectar las respuestas de umbral y proporcionar señales de alerta temprana que permitan anticipar la inestabilidad de las masas y advertir sobre posibles fallos funcionales de los ecosistemas forestales ante el cambio climático.

En consecuencia, se propone la creación de una red centinela de alerta temprana, compuesta por parcelas permanentes de seguimiento continuo a largo plazo, en la que monitorear aquellas condiciones de los ecosistemas forestales que contribuyan a mejorar nuestro conocimiento sobre la sensibilidad y la capacidad de adaptación de las especies frente al cambio climático, a comprobar la validez de las predicciones de experimentos y modelos, a advertir de posibles impactos del cambio climático y a verificar la idoneidad de las medidas de adaptación implementadas.

La red centinela de alerta temprana tendrá alcance regional, localizándose a lo largo de toda la geografía de Castilla y León, y deberá cubrir todos los ecosistemas forestales descritos en el presente informe, con especial atención a aquellos que presenten mayor vulnerabilidad al cambio climático, revistan especial importancia ecológica (hábitats protegidos) y/o que en la actualidad se encuentren ya afectados o amenazados por problemas fitosanitarios y fenómenos de decaimiento (seca de la encina (*Quercus ilex*), decaimiento del pino negral (*Pinus pinaster*), sotos (*Castanea sativa*) con avis-pilla o chancro de castaño, pinares afectados por *Leptoglossus occidentalis*, o riberas con decaimiento del aliso (*Alnus glutinosa*). Para ello se considerará con especial atención las propuestas de enclaves o

zonas de análisis por comarcas en Castilla y León presentadas en las distintas fichas de análisis de vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático elaboradas para las distintas formaciones forestales objeto de análisis (ver capítulos 8.2 y 8.3). Además, la ubicación de parcelas de muestreo considerará la localización de enclaves que presenten condiciones de marginalidad ecológica para cada uno de los sistemas forestales estudiados, a efectos de analizar la sensibilidad y capacidad de adaptación específicas de las masas allí existentes (ver capítulo 4). Se propone, asimismo, una mayor intensidad de muestreo de la red en Espacios Naturales Protegidos. Por último, la localización de estos puntos de muestreo debe revisarse frecuentemente y actualizarse cuando aparezcan efectos graves sobre la dinámica forestal atribuibles al cambio climático.

Por otra parte, algunos autores sugieren intensificar localmente la distribución espacial regular de las parcelas de seguimiento a efectos de captar las

situaciones más críticas (BUSSOTTI & POLLASTRINI, 2017), para lo cual podría resultar de apoyo la herramienta de recopilación de datos basados en la ciencia ciudadana (ver apartado 6.3)

Con respecto a la periodicidad de las mediciones en las parcelas de la red centinela de alerta temprana, podrían combinarse la evaluación anual correspondiente a las redes de seguimiento del estado de salud de los ecosistemas forestales de la región o de seguimiento de la regeneración, con un régimen de muestreo de carácter plurianual (por ejemplo, cada 3-5 años), tal y como sugieren BUSSOTTI & POLLASTRINI (2017).

Al objeto de optimizar recursos existentes y establecer sinergias con las redes de seguimiento implantadas con finalidades varias en el ámbito de Castilla y León, se considera que la red centinela de alerta temprana debería apoyarse en las siguientes estructuras de monitoreo y experimentación regional:

RED EUROPEA ICP FOREST DE CASTILLA Y LEÓN

El programa europeo ICP Forests¹ consta de dos redes de parcelas de seguimiento (extensivo e intensivo) en las que se repiten varias actividades de seguimiento en diferentes bases temporales. Estas redes fueron diseñadas para evaluar los efectos de la contaminación atmosférica transfronteriza y las deposiciones atmosféricas y representan

la herramienta más importante para evaluar los cambios en el estado de salud de los ecosistemas forestales a escala nacional y europea. En el ámbito de Castilla y León, la red de nivel I y la red de nivel II cuentan con 100 y 12 puntos de muestreo, respectivamente.

¹ XQX AG. 2011. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests). Accesible en: <http://icp-forests.net/>

REDES DE SEGUIMIENTO DE DAÑOS EN LOS BOSQUES DE CASTILLA Y LEÓN

Las Redes de Seguimiento de Daños en los Bosques de Castilla y León² se replantearon en gabinete en el año 2001 y se establecieron en campo en 2002, estando formadas por 260 parcelas de muestreo, de las cuales 118 pertenecen a la Red de Rango I (malla sistemática de 8x8 km² superpuesta sobre las masas forestales de la región) y 168 a la Red de Rango II (malla sistemática de 4x4 km² superpuesta sobre las masas forestales de los Espacios Naturales Protegidos), siendo 26 los puntos de solapamiento entre ambas. Estas redes fueron promovidas por la Junta de Castilla y León con la finalidad de reforzar

el seguimiento preciso del estado de salud de las masas forestales de la región, muestreando variables de defoliación,

² Red de Seguimiento de Daños. Medio Ambiente de Castilla y León. Accesible en: <https://medioambiente.jcyl.es/web/es/medio-natural/redes-seguimiento-danos-bosques.html>

decoloración y síntomas asociados a estos daños, siendo gestionadas por el Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos³.

3 Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos. Medio Ambiente de Castilla y León. Accesible en: https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1285112993588/_/_/_

RED SISTEMÁTICA PARA LA PROSPECCIÓN EN CAMPO DE ESPECIES SENSIBLES

Además, la Junta de Castilla y León cuenta en su geografía con otras redes de apoyo específicas, como las existentes para diversos organismos de cuarentena en cumplimiento de los planes de cuarentena existentes (*Fusarium circinatum*, *Bursaphelenchus xylophilus*) u otras para plagas de reciente introducción (*Dryocosmus kuriphilus*) o que

amenazan con aparecer en la comunidad (*Xylella fastidiosa*). En estas redes se lleva a cabo una evaluación del estado de salud de la parte aérea del arbolado mediante el estudio de defoliación y decoloración, el registro de daños, signos o síntomas del agente.

OTRAS INFRAESTRUCTURAS DE MUESTREO EN LA REGIÓN

La red centinela de alerta temprana regional podría apoyarse en la actual localización de otros sitios experimentales y de monitoreo disponibles en Castilla y León a cargo de diversas entidades vinculadas al ámbito de la gestión forestal aplicada y la investigación científica (BRAVO et al., 2004; PRIETO et al., 2012). Asimismo, la puesta en marcha de un futuro programa de gestión adaptativa para la adecuación de la gestión forestal al cambio climático (ver apartado 6.2) conllevará la instalación y seguimiento de sitios de gestión adaptativa a escala operativa que podrían coordinarse con el establecimiento de parcelas de muestreo pertenecientes a la red centinela de alerta temprana.

La red centinela de alerta temprana debe introducir conceptos e indicadores adecuados para evaluar los mecanismos y procesos que realizan los sistemas forestales para soportar los nuevos retos ambientales debidos al cambio climático, por lo que se requiere diseñar un marco claro de indicadores útiles a tal efecto. En el caso de las formaciones arboladas, la integración de este enfoque implica una mejora sustancial de la capacidad de diagnóstico de los indicadores de salud de los árboles, combinando la evaluación visual tradicional con indicadores morfológicos y fisiológicos más eficaces (BUSSOTTI & POLLASTRINI, 2015), por lo que se requiere seleccionar y supervisar los impulsores de la dinámica forestal, los indicadores de las perturbaciones

ambientales y la ocurrencia de la mortalidad de los árboles (BOWDITCH et al., 2020).

En este sentido, BUSSOTTI et al. (2017) refieren que los cambios en la salud y las condiciones fisiológicas de los árboles pueden proporcionar información para la previsión de cambios en los ecosistemas y constituir una señal de alarma para interpretar la dinámica de los procesos de adaptación de los bosques en nuevas condiciones ambientales, teniendo en cuenta que las respuestas a nivel de árbol y de rodal están influidas por la estructura del rodal, la composición de las especies arbóreas, las características genómicas y la diversidad global. Los autores proponen evaluar los cambios en la estructura y la composición de las especies de los bosques por cambio climático a través de la incorporación de los siguientes indicadores: (i) Mortalidad de árboles y vegetación leñosa, incluyendo brotes de cepa y sotobosque, (ii) Análisis foliar (contenido de clorofila y fluorescencia, composición isotópica del carbono, morfología de las hojas), combinado con la evaluación del estado de las copas, (iii) Medición del diámetro a la altura del pecho combinada con el análisis de los anillos de crecimiento de los árboles, (iv) Evolución del índice foliar y (v) Regeneración.

Estos parámetros de seguimiento podrían complementarse con indicadores de evaluación de daños abióticos (incendios y vendavales), de variación sobre

la biodiversidad asociada (incluyendo la posible aparición de taxones alóctonos), de identificación de especies paraguas (ROBERGE & ANGELSTAM, 2004) y de caracterización de la dinámica de la madera muerta (ESPINOSA et al., 2017; GÓMEZ CORRAL et al., 2009; OLIVAR et al., 2017), entre otros. En cualquier caso, el diseño del marco de seguimiento debería considerar diferentes niveles de estudio: (i) Organismos, (ii) Población: demografía, distribución y abundancia y (iii) Comunidades: estructura y dinámica.

Cualquier evolución que se quiera monitorizar a lo largo del tiempo necesita de unos sistemas y protocolos de registro temporales que permitan realizar este seguimiento. Uno de los grandes valores de la extensa red de seguimiento forestal en Europa, además de su propia existencia y del trabajo común de grupos de expertos de científicos y técnicos a nivel nacional y europeo, es el conjunto de métodos y manuales consolidados que permiten que los parámetros evaluados sean fiables y generalmente aceptados. Es por ello por lo que se plantea monitorizar esta red centinela de alerta temprana siguiendo la metodología del ICP Forests sobre *“methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests”*, en concreto la Parte IV sobre *“Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents”*. Además, se propone que el seguimiento siga un plan decenal que abarque periodos de tiempo suficientes para generar conocimiento robusto.

Finalmente se propone la adopción de un marco de seguimiento adaptativo (LINDENMAYER & LINKENS, 2009) que permita la evolución del programa de seguimiento de forma iterativa a medida que surja nueva información y cambien las preguntas de investigación, en coordinación con el programa de gestión forestal adaptativa propuesto (ver apartado 6.2). Los datos observacionales obtenidos en el proceso de seguimiento de la red centinela de alerta temprana contribuirán a evaluar las respuestas ecológicas de los sistemas forestales y a identificar y cuantificar los impactos atribuibles al cambio climático. La evaluación de estos efectos debe completarse con la explotación de datos procedentes de otras fuentes.

En este sentido, el Banco de Datos de la Naturaleza cuenta con un amplio catálogo de datos disponibles en abierto entre los que se encuentra el Inventario Forestal Nacional (IFN), el cual provee de información de alta calidad sobre la dinámica de las masas forestales: crecimiento, regeneración, mortalidad, etc.

Además, se dispone de herramientas de teledetección a partir de las misiones de las agencias espaciales europea (ESA) y estadounidense (NASA), que en muchos casos proveen de datos de forma libre y gratuita.

La explotación conjunta de las series temporales de datos procedentes de la red centinela de alerta temprana, la información del IFN⁴ y datos de teledetección captados por las distintas misiones satelitales, junto con datos tomados para la investigación, gestión y planificación forestal por diferentes organismos y centros de investigación, facilitarán la comprensión de los complejos procesos de respuesta de los ecosistemas forestales ante el cambio climático, permitirán su uso para el desarrollo de modelos de predicción teóricos y su posterior validación, y ofrecerán información relevante para la gestión de los ecosistemas ante la amenaza del cambio climático. Para facilitar la explotación de estos datos debe estructurarse en forma de datos abiertos y enlazados (VEGA-GORGOJO et al., 2021) y facilitarse su acceso mediante aplicaciones informáticas como ForestExplorer⁵, desarrollado como herramienta para facilitar el uso de los datos del IFN (VEGA-GORGOJO et al., 2021). Por otra parte, la base de herramientas de modelización y de inteligencia artificial, como por ejemplo los enfoques de aprendizaje automático, resultan fundamentales. En este sentido, la creación de herramientas de inteligencia artificial aplicadas al sector forestal, que ya se están desarrollando de forma rápida y eficaz (ver, por ejemplo, el proyecto SMART Global Ecosystems⁶; BRAVO et al., 2022), servirán para modelizar de forma ágil y eficaz los distintos componentes de la dinámica forestal, así como predecir su estado futuro bajo diferentes escenarios selvícolas, utilizando herramientas de simulación como SIMANFOR⁷.

4 MITECO, s.f. Inventario Forestal Nacional (IFN). Accesible en: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-forestal-nacional/default.aspx>

5 LinkedForest. 2019. Explorador Forestal: los bosques de España a un solo click. Accesible en: <https://forestexplorer.gsic.uva.es/es/index.html>

6 Sngular, 2022. SMART Global Ecosystems. Accesible en: <https://smartglobalecosystems.uva.es/>

7 Sistema de Apoyo para la Simulación de Alternativas de Manejo Forestal Sostenible. Accesible en: <http://www.simanfor.es/>

Por último, vuelve a hacerse mención del trabajo en paralelo de la red centinela de alerta temprana con el programa de gestión forestal adaptativa, ya que este pretende adaptar la gestión forestal al cambio climático basándose en datos fiables y de calidad de sitios experimentales, análisis regionales o modelización (ver detalles en el capítulo 6.2).

La red de centinela de alerta temprana puede proveer datos y herramientas adecuadas para adaptar la gestión forestal y, a su vez, el programa de gestión adaptativa puede servir de base para desarrollar y mejorar los sistemas de alerta temprana.

REFERENCIAS

ABER, J, NEILSON, R. P., MCNULTY, S., LENIHAN, J. M., BACHELET, D., & DRAPEK, R. J. 2001. FOREST PROCESSES AND GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE: PREDICTING THE EFFECTS OF INDIVIDUAL AND MULTIPLE STRESSORS: WE REVIEW THE EFFECTS OF SEVERAL RAPIDLY CHANGING ENVIRONMENTAL DRIVERS ON ECOSYSTEM FUNCTION, DISCUSS INTERACTIONS AMONG THEM, AND SUMMARIZE PREDICTED CHANGES IN PRODUCTIVITY, CARBON STORAGE, AND WATER BALANCE. *BIO SCIENCE*, 51(9), 735-751. [HTTPS://DOI.ORG/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0735:FPAGE-C\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0735:FPAGE-C]2.0.CO;2)

BOWDITCH, E., SANTOPUOLI, G., BINDER, F., ..., TOGNETTI, R. 2020. WHAT IS CLIMATE-SMART FORESTRY? A DEFINITION FROM A MULTINATIONAL COLLABORATIVE PROCESS FOCUSED ON MOUNTAIN REGIONS OF EUROPE. *ECOSYSTEM SERVICES*, 43, 101113. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ECOSER.2020.101113](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101113)

BRAVO, F., GARCÍA, J. T., ORDÓÑEZ, C., PALOMO, C., RUANO, I., DURANGO, I., DOAN, T. N. M., SIERRA DE GRADO, R., VEGA-GORGOJO, G., & HERRERO, C. 2022. SMART GLOBAL ECOSYSTEMS UNA INICIATIVA PARA DESARROLLAR INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA Y CON EL SECTOR FORESTAL. ACTAS DEL 8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. [HTTPS://8CFE.CONGRESOFORESTAL.ES/SITES/DEFAULT/FILES/ACTAS/8CFE-1158.PDF](https://8CFE.CONGRESOFORESTAL.ES/SITES/DEFAULT/FILES/ACTAS/8CFE-1158.PDF)

BRAVO, F., ORDÓÑEZ, C., LIZARRALDE, I., BRAVO-OVIEDO, A., GUERRA, B., DEL PESO, C., DOMÍNGUEZ, M., & OSORIO, L. F. 2004. RED DE PARCELAS Y EXPERIMENTOS DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN SOBRE GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE DE LA ETS DE INGENIERÍAS AGRARIAS DE PALENCIA (UNIVERSIDAD DE VALLADOLID). CUADERNOS DE LA SECF, 18, 287-242. [HTTPS://WWW.GOOGLE.COM/URL?SA=T&RCT=J&Q=&ESRC=S&SOURCE=WEB&CD=&VED=2AHUKEWJ5QPQWM-N6AHUJ4oUKHdCYDLY-QFnoECACQAQ&URL=HTTPS%3A%2F%2FDIALNET.UNIRIOJA.ES%2FDESCARGA%2FARTICULO%2F2980920.PDF&USG=AOvVaw3Q3cC8BGT-fQwdVxoNkkKZ](https://www.google.com/url?sa=T&rct=J&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2AHUKEWJ5QPQWM-N6AHUJ4oUKHdCYDLY-QFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F2980920.pdf&usg=AOvVaw3Q3cC8BGT-fQwdVxoNkkKZ)

BUSSOTTI, F. & POLLASTRINI, M. 2015. EVALUATION OF LEAF FEATURES IN FOREST TREES: METHODS, TECHNIQUES, OBTAINABLE INFORMATION AND LIMITS. *ECOLOGICAL INDICATORS*, 52, 219-230. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ECOLIND.2014.12.010](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.010)

BUSSOTTI, F. & POLLASTRINI, M. 2017. OBSERVING CLIMATE CHANGE IMPACTS ON EUROPEAN FORESTS: WHAT WORKS AND WHAT DOES NOT IN ONGOING LONG-TERM MONITORING NETWORKS. *FRONTIERS IN PLANT SCIENCE*, 8, 629. [HTTPS://DOI.ORG/10.3389/FPLS.2017.00629](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00629)

ESPINOSA, S., SAN MIGUEL, A., CAÑELLAS, I., & ALBERDI, I. 2017. ESTABLECIMIENTO DE INDICADORES ARMONIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS DE BOSQUE DE LA RED NATURA 2000. ACTAS DEL 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. [HTTP://7CFE.CONGRESOFORESTAL.ES/CONTENT/ESTABLECIMIENTO-DE-INDICADORES-ARMONIZADOS-PARA-LA-EVALUACION-DEL-ESTADO-DE-CONSERVACION-0](http://7CFE.CONGRESOFORESTAL.ES/CONTENT/ESTABLECIMIENTO-DE-INDICADORES-ARMONIZADOS-PARA-LA-EVALUACION-DEL-ESTADO-DE-CONSERVACION-0)

GÓMEZ CORRAL, N., HERRERO, C., & BRAVO, F. 2009. CUANTIFICACIÓN DE LA MADERA MUERTA EN LOS HAYEDOS DEL MONTE ARALAR (NAVARRA). ACTAS DEL 5º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. [HTTP://SECFORESTALES.ORG/PUBLICACIONES/INDEX.PHP/CONGRESOS_FORESTALES/ARTICLE/VIEW/16736/16579](http://seeforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/16736/16579)

LINDENMAYER, D., & LIKENS, G. 2009. ADAPTIVE MONITORING: A NEW PARADIGM FOR LONG-TERM RESEARCH AND MONITORING. *TRENDS IN ECOLOGY & EVOLUTION*, 24, 482-486. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.TREE.2009.03.005](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.005)

LINDENMAYER, D. B., LIKENS, G. E., ANDERSEN, A., BOWMAN, D., BULL, C. M., BURNS, E., ..., & WARDLE, G. M. 2012. VALUE OF LONG-TERM ECOLOGICAL STUDIES. *AUSTRAL ECOLOGY*, 37(7), 745-757. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/J.1442-9993.2011.02351.X](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02351.x)

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. AGRI-2007-G4-06, REPORT TO THE EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT. 174 PP. [HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION/285320195_IMPACTS_OF_CLIMATE_CHANGE_ON_EUROPEAN_FORESTS_AND_OPTIONS_FOR_ADAPTATION](https://www.researchgate.net/publication/285320195_IMPACTS_OF_CLIMATE_CHANGE_ON_EUROPEAN_FORESTS_AND_OPTIONS_FOR_ADAPTATION)

OLIVAR, J., SABIN, P., QUINTANA, L. A., LASALA, D., & TRASSIERRA, A. 2017. DETERMINACIÓN DE NIVELES OBJETIVO DE ÁRBOLES MUERTOS EN PIE Y EN SUELO PARA COMPAGINAR LA MEJORA DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA CON EL APROVECHAMIENTO DE MADERA EN MASAS GESTIONADAS EN LAS FORMACIONES DE MA-ROJAL (*QUERCUS PYRENAICA*) DEL PARQUE NATURAL DE IZKI (ÁLAVA). ACTAS DEL 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. [HTTP://7CFE.CONGRESOFORESTAL.ES/CONTENT/DETERMINACION-DE-NIVELES-OBJETIVO-DE-ARBOLES-MUERTOS-EN-PIE-Y-EN-SUELO-PARA-COMPAGINAR-LA-0](http://7CFE.CONGRESOFORESTAL.ES/CONTENT/DETERMINACION-DE-NIVELES-OBJETIVO-DE-ARBOLES-MUERTOS-EN-PIE-Y-EN-SUELO-PARA-COMPAGINAR-LA-0)

PEARSON, R. G., & DAWSON, T. P. 2003. PREDICTING THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF SPECIES: ARE BIOCLIMATE ENVELOPE MODELS USEFUL? GLOBAL ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY, 12, 361-371. [HTTPS://DOI.ORG/10.1046/J.1466-822X.2003.00042.X](https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2003.00042.x)

PRIETO, C., BRAVO, F., & DÍEZ, J. J. 2012. REINFFORCE (REsource INFRASTRUCTURE FOR MONITORING AND ADAPTING EUROPEAN ATLANTIC FORESTS UNDER CHANGING CLIMATE) "ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE ARBORETOS Y DE ZONAS DE DEMOSTRACIÓN" - CUADERNOS DE LA SECF, 36, 183-188. [HTTP://SECFESTALES.ORG/PUBLICACIONES/INDEX.PHP/CUADERNOS_SECF/ARTICLE/VIEW/10276/10180](http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/10276/10180)

ROBERGE, J. M., & ANGELSTAM, P. 2004. USEFULNESS OF THE UMBRELLA SPECIES CONCEPTS A CONSERVATION TOOL. CONSERVATIO BIOLOGY, 18(1), 76-85. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/J.1523-1739.2004.00450.X](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00450.x)

RUIZ-BENITO, P., HERRERO, A., & ZAVALA, M. A. 2013. VULNERABILIDAD DE LOS BOSQUES ESPAÑOLES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: EVALUACIÓN MEDIANTE MODELOS. ECOSISTEMAS, 22(3), 21-28. [HTTPS://DOI.ORG/10.7818/ECOS.2013.22-3.04](https://doi.org/10.7818/ecos.2013.22-3.04)

VEGA-GORGOJO, G., GIMÉNEZ-GARCÍA, J. M., ORDÓÑEZ, C., & BRAVO, F. 2022. PIONEERING EASY-TO-USE FORESTRY DATA WITH FOREST EXPLORER. SEMANTIC WEB, 13(2), 147-162. [HTTPS://DOI.ORG/10.3233/SW-210430](https://doi.org/10.3233/sw-210430)