
6. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DE CASTILLA Y LEÓN

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 tele-detección 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://SEFORESTALES.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)

6.2. PROGRAMA DE GESTIÓN ADAPTATIVA PARA LA ADECUACIÓN DE LA GESTIÓN FORESTAL AL CAMBIO CLIMÁTICO

La selvicultura se desarrolló hace más de doscientos años para atender las necesidades sociales de productos escasos con una demanda alta. Hoy tenemos el reto de adaptar las herramientas selvícolas disponibles y desarrollar otras nuevas para cubrir la variada demanda de servicios ecosistémicos (bienes y servicios en la terminología tradicional), asegurando la persistencia de las masas forestales y evitando la irreversibilidad de las actuaciones. La nueva situación que supone el cambio global, entendido como el impacto de las actividades humanas sobre los procesos claves que regulan el funcionamiento de la biosfera (DUARTE, 2012), hace preciso que se ajusten los métodos aplicados adaptándolos progresivamente a las nuevas condiciones. Por ello, la investigación selvícola debe centrarse en teorías generales y en investigar respuestas básicas para desarrollar generalizaciones conceptuales basadas en la comprensión de procesos subyacentes a las respuestas a los tratamientos (PUETTMANN et al., 2009).

La selvicultura es la ciencia y el arte de gestionar los bosques para proveer servicios ecosistémicos. Aquí, arte debe entenderse como la práctica de gestionar los bosques, es decir, la técnica forestal. La selvicultura comprende, por tanto, en la terminología de WOOTTON (2017), la habilidad práctica (arte) y el sistema teórico (ciencia). La ciencia forestal concuerda plenamente con la definición que de ciencia hace la Real Academia Española¹, es decir, es el *"conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente"*; en el caso de la selvicultura, conocimientos que tienen por objeto de estudio los montes y su gestión.

Dados los plazos de respuesta de los sistemas forestales, los métodos tradicionales de investigación deben ser complementados con estrategias de adquisición de conocimiento basadas en la gestión adaptativa (BRAVO, 2013).

La idea de gestión adaptativa como una estrategia útil para la gestión de los recursos naturales se debe a HOLLING (1978). De acuerdo con la definición propuesta por NYBERG (1998), *"la gestión adaptativa es un proceso sistemático para la continua mejora de las prácticas de gestión mediante el aprendizaje a partir de los resultados de la actividad selvícola"*. Sin embargo, aunque este concepto de aprendizaje mediante la práctica es esencial en la aplicación de la gestión adaptativa, para que sea realmente útil no debe haber sólo una dimensión incremental del conocimiento. Debe haber un proceso formal, explícito y deliberado para aumentar el conocimiento útil de los gestores forestales a través de experimentos y del contraste, el procesado crítico de los resultados y la aplicación de nuevas estrategias de gestión (STANKEY et al., 2005). Por último, para que el aprendizaje sea real y para que tenga un claro impacto, debe tener dos dimensiones: una cognitiva (entendemos mejor los procesos que hemos estudiado) y otro conductual (cambiamos nuestra forma de hacer gestión forestal).

Aunque se podría pensar que la implementación de planes de gestión (en sus diferentes formatos y denominaciones: proyectos de ordenación, planes técnicos, planes dasocráticos, etc.) y su seguimiento cuidadoso sería equivalente a la gestión adaptativa, esta necesita un mayor esfuerzo, ya que las principales características de la gestión adaptativa son (basado en NYBERG, 1998; STANKEY et al., 2005):

- i. Desconocimiento de cuál es el método adecuado para las nuevas condiciones previstas que además están sujetas a una gran incertidumbre
- ii. Necesidad de integración de conocimientos de diferentes disciplinas en los métodos de gestión y en modelos dinámicos para poder predecir el impacto de diferentes alternativas
- iii. Selección cuidadosa de las prácticas y métodos a ensayar, eliminando las opciones que tienen un éxito improbable o insuficiente a la luz de los conocimientos disponibles
- iv. Implementación cuidadosa de las alternativas selvícolas, de forma que se pueda extraer información sobre los aspectos críticos de los tratamientos

¹ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022. Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.5 en línea]. Accesible en: <https://dle.rae.es>

v. Seguimiento de la respuesta de los indicadores clave y análisis de los resultados en relación con los objetivos iniciales

vi. Incorporación de los resultados a las decisiones futuras

Conviene recordar que las acciones de manejo adaptativo son un sistema de aprendizaje mediante la práctica, aprovechando los éxitos y fracasos tanto propios como ajenos, y que deben estar debidamente planeadas, ejecutadas y analizadas, y sus resultados implementados. A continuación, se propone un plan de acción para el establecimiento de sitios de manejo adaptativo:

i. **Planificación**

a. Definición del problema que se pretende abordar (falta de resiliencia, respuesta a cambios en la demanda de servicios ecosistémicos, alto riesgo de incendios, etc.)

b. Delimitación de las formaciones forestales y las áreas geográficas de interés

c. Revisión de las experiencias previas disponibles

d. Definición de las alternativas selvícolas y las hipótesis a las que responden

e. Selección de los sitios

f. Definición de las variables clave a seguir, métodos de muestreo y seguimiento y, en su caso, el diseño experimental

g. Definición del plan de gestión de datos

ii. **Establecimiento**

a. Análisis del contexto socio-ecológico (información sobre la línea base y su evolución en ausencia de cambio en la gestión, impactos y riesgos)

b. Replanteamiento y ejecución de las alternativas ecológicas

c. Remedaciones periódicas de las variables de interés

d. Gestión de datos

iii. **Análisis**

a. Análisis cuantitativo y cualitativo de los datos

b. Elaboración de los resultados (aceptación o rechazo de las alternativas selvícolas y sus correspondientes hipótesis)

c. Extracción de conclusiones

d. Extensión de los resultados

iv. **Implementación**

a. Diseminación de los resultados para facilitar la implementación de los mismos en la gestión forestal

b. Retroalimentación de los resultados sobre la gestión ordinaria

c. Definición de preguntas pendientes y nuevas cuestiones que ha abierto el programa de manejo adaptativo

Los programas de manejo adaptativo deben utilizar los recursos disponibles (bases de datos, redes de parcelas, etc.) de forma óptima y señalar las necesidades de nuevas infraestructuras experimentales como, por ejemplo:

i. **Sitios experimentales a largo plazo con dispositivos experimentales sofisticados.** Estos dispositivos experimentales a largo plazo son muy caros de instalar y mantener, y conforme su antigüedad aumenta se incrementa su valor. Uno de los problemas fundamentales de estos sitios es la financiación de su mantenimiento, pero también el hecho de que es muy probable que la cuestión científica que motivó su instalación haya perdido relevancia (INNES, 2005), que la novedad científica que motivó su instalación haya decaído o incluso que el diseño original esté desfasado. Una adecuada identificación de los sitios relevantes para poder asegurar su financiación y, en su caso, rediseño, es clave.

ii. **Redes de parcelas de seguimiento.** Estas parcelas pueden ser temporales, de intervalo o permanentes, en función del número de remedaciones (una, dos, o más de dos, respectivamente) que se puedan llevar a cabo. Un adecuado equilibrio entre todos los tipos de parcelas, distribuidas por todas las situaciones selvícolas de interés, es fundamental para poder extender los resultados en sitios experimentales intensivos a largo plazo.

iii. **Análisis regionales.** Se necesitan ensayos a escala regional, entendida esta escala desde un punto de vista ecológico y no administrativo, para poder tomar decisiones a mayor escala, ya que de poco valen los resultados aislados de los ensayos que se puedan instalar si no se extraen conclusiones válidas, no permitiendo discernir los resultados que muestran relaciones causales de los que muestran simples relaciones casuales.

iv. **Modelización y simulación.** No todas las opciones selvícolas pueden ser ensayadas, pero los modelos adecuados permiten simularlas y extraer conclusiones para, al menos, eliminar las que sean claramente indeseables.

v. **Integración de resultados a múltiples escalas.** Los bosques son sistemas holísticos en

los que el todo es más que la suma de las partes. La aproximación a los problemas de abajo-arriba (*bottom-top approach*), del árbol a escala paisaje, debe complementarse con una aproximación de arriba-abajo (*top-bottom approach*), del paisaje al árbol, de manera que se pueda obtener una visión de conjunto, ausente si sólo observamos una escala. El caso del sobrecrecimiento (*overyielding*) que se observa en algunos bosques mixtos respecto a monoespecíficos o el proceso de autoaclareo que está influenciado por las condiciones ambientales pueden servir de ejemplos donde la integración de escalas es necesaria para una adecuada comprensión de los procesos selvícolas.

vi. **Análisis de intervenciones (o ensayos a escala real).** Según VON GADOW & KLEINN (2005), el análisis de intervenciones trata de seleccionar zonas donde se van a realizar cortas (p.e., claras o cortas de regeneración) para, una vez señalada la corta y de forma previa a la actuación, medir todos los árboles. Tras la corta dispondremos de información del rodal antes y después de la misma. El análisis de una red de zonas donde se disponga de información de cortas en un periodo determinado podrá aportarnos información valiosa sobre las prácticas selvícolas a escala real. Con esto, lo que se pretende es que cada tratamiento (clareo, clara, poda, siembra, etc.) sea considerado como parte de un experimento a escala real que debe planificarse para obtener información útil para la gestión, pudiendo orientar actuaciones selvícolas futuras.

El programa de gestión adaptativa que aquí se presenta plantea, en concreto, las siguientes preguntas (BRAVO, 2013) que deberían contestarse a medio plazo (con revisiones cada cinco años dada la urgencia de que impone el cambio climático):

i. ¿Cuáles son las **estrategias selvícolas más adecuadas** para asegurar la persistencia y funcionamiento de los sistemas forestales, bajo condiciones cambiantes, tanto a nivel ambiental como socioeconómico? En este documento se ha hecho una primera propuesta de medidas de adaptación que podrían ser implementadas en el programa de gestión adaptativa.

ii. ¿De qué forma los ingresos generados por **los productos y servicios** (tradicionales o novedosos) que generan los bosques y que son valorados por la sociedad (aunque muchas veces no pagados) pueden ayudar a mantener el nivel adecuado de silvicultura de forma continuada?

iii. ¿Cómo pueden los bosques y la gestión forestal colaborar (mediante la provisión de servicios ecosistémicos) en el desarrollo de **modelos económicos basados en la sostenibilidad** (*Green Economy*)? (biomasa, maderas de calidad,

mantenimiento de la biodiversidad, los árboles como biorrefinerías, intervenciones autofinanciadas, ecoturismo, etc.). De esta forma las medidas de adaptación pueden ser financiadas y, así, ver asegurada su sostenibilidad a largo plazo.

iv. ¿Cuáles son los **instrumentos de bajo costo más adecuados para la implementación de métodos de gestión y planificación forestal** dentro de un marco de desarrollo económico basado en el conocimiento (*Knowledge Based BioEconomy*)? La implantación de las medidas de adaptación debe ser garantizada de forma económicamente viable e integrarse en la sociedad actual mediante el uso de tecnologías (LiDAR, software libre, entornos 2.0, etc.) y métodos de toma de decisiones (multicriterio, participación social incluyendo la ciencia ciudadana, etc.) adecuados a las condiciones locales.

Como paso previo a la implementación del programa de gestión adaptativa se debiera abordar la determinación compartida (entre gestores, investigadores y actores relevantes para la gestión forestal) de los límites actuales para la adquisición de conocimiento selvícola. En muchos casos, los límites económicos hacen que sea necesario simplificar la aplicación de la silvicultura, de forma que se intenta basar en tipos de bosques y esquemas de tratamientos selvícolas denominados modelos selvícolas. Mediante el uso de tipologías y de modelos selvícolas y sus protocolos de implementación se pretende aplicar una aproximación reduccionista a sistemas complejos como los forestales. Antes de seguir, conviene tener en cuenta que los montes tienen una serie de características que condicionan tanto su gestión como la investigación centrada en ellos. Estas características relevantes se pueden caracterizar como sigue PRETZSCH (2009): (i) los montes son sistemas abiertos donde los límites son difíciles de establecer y muchas veces pueden incluso ser discutidos, como por ejemplo la definición de rodales, que puede ser diferente para diferentes expertos, y en los que además sus límites pueden variar con el tiempo y donde hay un intercambio constante de materia y energía con los rodales próximos; además, (ii) los montes son ecosistemas dominados por organismos muy longevos (los árboles) lo que hace que su observación (directa o de los resultados de la manipulación) sobrepase con mucho la vida profesional de las personas que trabajan en ellos; y (iii) en los montes se observan propiedades emergentes que no son observables cuando se trabaja con los individuos que los componen como, por ejemplo, los cambios alométricos y el autoaclareo de los rodales. Al margen de las características anteriores indicadas por PRETZSCH (2009) cabe destacar que tanto los drivers como los outputs de los montes son cambiantes (el cambio global no es ajeno a esto). La productividad de los

montes no se puede ya considerar constante mientras que la demanda de los diferentes servicios ecosistémicos por parte la sociedad, lo que incluye a los productos, cambia a mayor velocidad que la tasa de crecimiento y cambio de los montes. Como ya se ha comentado, la longevidad de los ecosistemas y su tasa de cambio (crecimiento, demografía, etc.) son muy diferentes a las que la sociedad espera hoy.

Por otro lado, además, la formación académica forestal que habitualmente se imparte en universidades y centros superiores, centrada en la resolución de problemas ya conocidos y no en el planteamiento de problemas con solución incierta, hace que, a menudo, la investigación se vea como un complemento de la profesión y no como el núcleo de las disciplinas forestales.

La definición que se hace de la silvicultura como arte y ciencia (ver, por ejemplo, BRAVO (2007, 2013); Diccionario Español de Ingeniería²; HELMS (1998)) no es ajena a los problemas en el avance de la ciencia forestal. De acuerdo con PUETTMANN et al. (2009), al definir la silvicultura como arte (es decir, la práctica) se puede pensar que la experiencia obtenida por años de práctica, así como la observación cuidadosa, puede llevar al conocimiento preciso para modificar medidas selvícolas del pasado y responder adecuadamente a nuevas condiciones, de forma que el llamado "ojo forestal" deviene en instrumento clave para diagnosticar y modificar los sistemas selvícolas. La definición de la silvicultura como arte y su corolario del "ojo forestal" es uno de los mayores obstáculos al desarrollo de la ciencia forestal y a la aplicación de los avances obtenidos. El peso de la tradición y del concepto del "ojo forestal" lleva a la aplicación de prácticas adaptadas a las condiciones locales, pero promueve la introducción de ideas rutinarias en la educación y en la gestión forestal (PUETTMANN et al., 2009), alejando el pensamiento crítico de la silvicultura. Así, PUETTMANN et al. (2009) indican que el énfasis en la tradición forestal es probablemente una de las razones, pero no la única, por las que la silvicultura no se adapta fácilmente a los cambios sociales, ambientales o económicos. Además de esto, habría que añadir el largo plazo de respuesta de los sistemas forestales a los tratamientos selvícolas debido a la longevidad de los árboles. La tradición forestal es un valor de la profesión, pero no debe impedir su desarrollo en un entorno cambiante.

La ciencia es necesariamente global e intenta traspasar las situaciones locales, por eso se publican más resultados de experimentos o de estudios observacionales a gran escala que estudios

concretos, pero sus resultados deben aterrizar localmente mediante ensayos técnicos debidamente realizados. En situaciones de cambio global como la actual incluso debiera hacerse de forma sistemática, puesto que el cambio en los ecosistemas y en las demandas de la sociedad son muy rápidos y los resultados científicos, ya de por sí provisionales, deben contrastarse frecuentemente. Así, la técnica puede y debe jugar un papel relevante en el avance de la ciencia (BRAVO, 2009) puesto que puede mostrar las limitaciones de sus resultados o incluso aportar evidencias de que estos son falsos, al menos en algunas circunstancias, empujando a la búsqueda de nuevas hipótesis. En este sentido, la capacidad de investigación de un sector o país es la magnitud de la habilidad para desarrollar, generar y diseminar ciencia y tecnología (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2002). La separación entre la gestión, la investigación forestal, la fragmentación y aislamiento de los grupos de investigación disminuye nuestra capacidad de investigación y hace que los esfuerzos realizados no cristalicen en un verdadero avance mediante la aplicación práctica de los hallazgos y desarrollos científicos y tecnológicos. El seguimiento, la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías debe ser la base para conservar, mejorar y restaurar los sistemas forestales (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2002). Uno de los aspectos clave en ello es la extensibilidad de los resultados de investigación, de forma que los hallazgos obtenidos puedan ser de aplicación más general.

Sin embargo, la mayoría de los experimentos forestales se hacen en parcelas relativamente pequeñas y homogéneas internamente, con un número de replicas limitado y con un seguimiento temporal no muy extenso. Las parcelas pequeñas tienen indudables ventajas (PUETTMANN et al., 2009) ya que (i) es más fácil encontrar condiciones homogéneas, (ii) se pueden hacer más unidades experimentales y (iii) se optimiza la inversión (dinero, trabajo, etc.) en los experimentos. Sin embargo, estas ventajas conllevan problemas al trasladar los resultados a escala operativa (PUETTMANN et al., 2009) como, por ejemplo, no tener en cuenta la heterogeneidad de las masas forestales, que las parcelas experimentales no representan adecuadamente las condiciones generales de los montes o que los tratamientos selvícolas se aplican de forma menos cuidadosa en los trabajos rutinarios que en los experimentales. En el caso de los sistemas forestales, los problemas de escala (con una atención desmedida tanto en la investigación como en la gestión en la escala del rodal), de límites (poca atención a los ecotonos), y de plazos (largo tiempo de desarrollo de los bosques debido a la longevidad y tasa de crecimiento de los árboles, que hacen que los cambios de prioridades de gestión y de demandas sociales no puedan

² Diccionario Español de Ingeniería. s. f. Versión 1.0. Accesible en: <http://diccionario.raing.es>

ser atendidos de forma ágil) no hacen sino añadir complejidad a los problemas que se pretenden abordar. Todo lo anterior nos lleva a la necesidad de generar espacios y tiempos para la reflexión compartida entre gestores e investigadores para avanzar y delimitar los aspectos que se puedan abordar de forma relevante y realista con los condicionantes actuales.

Conviene recalcar que la ciencia se basa en la provisionalidad de sus postulados mientras que a través de la gestión se pretende abordar problemas con soluciones efectivas. La ciencia duda mientras que la técnica no puede una vez que se decide qué tratamiento aplicar. La ciencia, para que sea considerada tal, debe ser falsable (CHALMERS, 1999), es decir, sus postulados son provisionales, pero se consideran ciertos porque hasta el momento no se han podido acumular hechos relevantes que los refuten. Estos hechos relevantes deben ser contrastables y basta una observación para refutar el postulado científico, mientras que para definir un postulado alternativo hacen falta muchas observaciones relevantes que cubran una gran variedad de condiciones. Es decir, los hechos que permiten postular un determinado esquema científico deben ser aceptables, relevantes y significativos (CHALMERS, 1999). Si nos fijamos en un postulado básico de la silvicultura, como es la llamada ley empírica de Assmann y los límites que tiene asociados (ASSMANN, 1970), podemos aplicar esto a la ciencia forestal. A partir de hipótesis enunciadas por Wiedemann y Langsaeter, ASSMANN (1970), estudiando la red de parcelas permanentes de Baviera, llegó a describir la ley empírica que lleva su nombre, y que indica que la relación entre la densidad de los rodales y su crecimiento culmina en una amplia meseta donde, para un amplio rango de densidades, se puede esperar una producción total muy parecida (en todo caso con disminuciones menores del 5%). A partir de esta ley empírica, que depende de la especie, la edad y la estación (PRETZSCH, 2009), se han desarrollado numerosos itinerarios selvícolas que, hasta la fecha en ecosistemas templados, han confirmado la ley de Assmann. Bien es verdad que la naturaleza conservadora de la silvicultura aplicada habitualmente (por el principio de precaución) ha impedido que se lleven en la práctica las densidades de los rodales cerca de los límites descritos por Assmann. Es decir, es una ley científica, puesto que es falsable, pero que no ha sido desafiada por la comunidad científica, con salvedades notables como por ejemplo ZEIDE (2004) o ALLEN & BURHART (2019), aunque solo sea para acotar su validez y aplicación.

Para poder aterrizar localmente el conocimiento científico y poder acotar o rechazar sus postulados debe hacerse una definición compartida del alcance y límite del programa de gestión adaptativa. A partir de las cuestiones anteriores se deben evaluar los esfuerzos de investigación e innovación ya realizados en la región (tanto por la Junta de Castilla y León como por parte de las Universidades de la región, el iuFOR1³, el CESEFOR2⁴ y el ICIFOR3⁵, etc.). Las redes de parcelas y ensayos implementados deben mantenerse y abrirse a la colaboración con otros grupos. La integración de bases de datos en formato de datos abiertos y enlazados (*Open Linked Data*) con el desarrollo de las correspondientes ontologías (ver, por ejemplo, VEGA-GORGOJO et al. (2022)) facilitará el intercambio de información y la generación de herramientas y conocimientos nuevos (como la aplicación ForestExplorer⁶). Además, la interacción con la red de seguimiento de dinámica forestal podrá proveer de datos y herramientas a este programa. La puesta en marcha y desarrollo de un programa de gestión adaptativa precisa que las personas que gestionan e investigan trabajen juntas desde la planificación inicial de los tratamientos para extraer el conocimiento científico (FINCH & PATTON-MALLORY, 1993). Este punto es muy importante, pues los gestores estarán más dispuestos a trasladar los resultados a los tratamientos selvícolas si sienten que han participado en su generación desde el principio.

3 Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR). Accesible en: <http://sostenible.palencia.uva.es/>

4 CESEFOR, 2021. Centro de Servicios Forestales. Accesible en: <https://www.cesefor.com/es>

5 Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR). Accesible en: <https://www.inia.es/nosotros/centrosdepartamentos/Centros/ICIFOR/Pages/Home.aspx>

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

Todos los esfuerzos asociados a la gestión forestal adaptativa solo serán realmente útiles si los investigadores salen de sus círculos académicos y sus laboratorios para aproximarse a la gestión forestal. Por otro lado, las personas encargadas de la gestión deben cambiar su mentalidad y dejar de considerar la investigación como propia de círculos teóricos donde un grupo de científicos genera nuevos datos y conocimiento con limitada utilidad, salvo el hecho de dar un toque de modernidad a la gestión. La sociedad necesita que las decisiones técnicas se basen en conocimiento bien fundado y que sirvan para un entorno en continuo cambio. La ciencia y la gestión forestal no pueden seguir caminos paralelos y deben buscar puntos de encuentro que las refuercen mutuamente en beneficio de la sociedad en general y del sector forestal en particular. Como ya se ha comentado antes, la investigación selvícola debe desarrollar teorías generales e investigar respuestas para desarrollar generalizaciones conceptuales (PUETTMANN et al., 2009), pudiendo generar de este modo regímenes selvícolas flexibles y adaptados a las condiciones ambientales y sociales que confronta la gestión forestal en la actualidad. Mediante el desarrollo de la investigación aplicada podrá posteriormente adaptarse ese conocimiento a las condiciones locales tanto de composición específica como de estación.

A continuación, se plantean una serie de medidas, que deberían implementarse en un plazo no mayor a tres años, dada la urgencia de la amenaza que representa el cambio global:

i. **Definición compartida de necesidades de nuevo conocimiento selvícola.** Tomando como punto de partida el conocimiento científico y la experiencia práctica pasada y actual, se deben definir de forma colaborativa (por ejemplo, en formato *'learning labs'*), las principales lagunas o huecos que existen en el conocimiento actual. Tras la evaluación correspondiente adquirida, esta definición de necesidades debe ser revisada cada cinco años.

ii. **Formación en gestión adaptativa.** La formación en gestión adaptativa debe enfocarse tanto en la fase de enseñanza superior (universitaria, pero también en formación profesional) como en el aprendizaje a lo largo de la vida (*longlife learning*) centrado en el planteamiento de problemas con solución incierta, de forma que la investigación y la innovación se convierta en el núcleo de la profesión forestal en sus distintos niveles y enfoques. Desde un punto de vista práctico, se plantean las siguientes acciones:

a. **Programa de formación continua de la Junta de Castilla y León que incluya aspectos de gestión adaptativa** (entendida como se expone en este apartado y no solo como adaptación de los

ecosistemas, que es la aproximación presentada en las fichas por formaciones forestales) como, por ejemplo, análisis de hipótesis múltiples (ver BRAVO (2013) para obtener detalles) y gestión de grandes bases de datos, entre otros.

b. **Introducción, en los planes de estudios reglados, de herramientas y aproximaciones de aplicación en gestión adaptativa** (manejo de grandes bases de datos, programación, diseño experimental, muestreo, etc.).

iii. **Experimentación a escala real.** De forma complementaria a los clásicos conceptos de parcelas permanentes, ensayos de procedencias o sitios experimentales, se deben establecer sitios de ensayo y seguimiento en tratamientos selvícolas a escala real realizados en las condiciones de operación habitual por los gestores.

iv. **Identificación y localización de sitios experimentales y de monitoreo disponibles en Castilla y León.** En Castilla y León hay un importante número de sitios experimentales, instalados la mayoría de ellos en Montes de Utilidad Pública, que fueron impulsados y son mantenidos por diversas entidades de investigación y desarrollo tecnológico. Se trata de catalogar todos los dispositivos disponibles, identificar la accesibilidad a los datos históricos, establecer protocolos de uso de estos datos y potenciar las remediciones necesarias para mantener una red de dispositivos coherentes que aporten información relevante para la adaptación de la silvicultura aplicada.

v. **Instalación y seguimiento de sitios de gestión adaptativa a escala operativa.** Es importante que se impulse la instalación de sitios de gestión adaptativa a escala operativa en la región, de forma que se pueda extraer información relevante y sirvan de lugar de encuentro para compartir experiencias. A continuación, se muestra un pequeño listado con una primera aproximación propuesta por los gestores forestales de la Junta de Castilla y León (se marca con * los dispositivos ya en marcha):

a. Red de forestaciones de anticipación al cambio climático con ensayos de especies y procedencias

b. Red de parcelas en rodales en regeneración para hacer el seguimiento de la instalación y evolución diferencial del regenerado

c. Red de parcelas de producción de piña (pino piñonero) y establecimiento de la regeneración (*)

vi. **Acciones de transferencia tecnológica.** Un aspecto importante, a veces descuidado, es

la transferencia tecnológica tanto entre agentes involucrados (investigadores y gestores) como entre gestores que desarrollan su labor en situaciones análogas. Se plantea la institucionalización de dos actividades anuales (una en primavera y otra en otoño) que a nivel regional sirva para intercambiar experiencias, compartir ideas y promover desarrollos para la adaptación de la silvicultura.

Las jornadas de técnicas selvícolas desarrolladas por el Consorci Forestal de Catalunya⁷ y las desarrolladas por CESEFOR pueden servir de modelo para esta medida.

⁷ CONSORCI FORESTAL DE CATALUNYA, 2021. Consorci Forestal de Catalunya, dando valor al bosque. Accesible en: <https://www.forestal.cat/web/?idi=ES>

REFERENCIAS

ALLEN, M.G., & BURKHART, H.E. 2019. GROWTH-DENSITY RELATIONSHIPS IN LOBLOLLY PINE PLANTATIONS. *FOREST SCIENCE*, 65(3), 250–264. [HTTPS://DOI.ORG/10.1093/FORSCI/FXY048](https://doi.org/10.1093/forsci/fxy048)

ASSMANN, E. 1970 THE PRINCIPLES OF FOREST YIELD STUDY. PERGAMON PRESS. 506 PP.

BRAVO, F. 2007. EL PAPEL DE LOS BOSQUES ESPAÑOLES EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO. FUNDACIÓN GAS NATURAL. 315 PP. [HTTP://SOSTENIBLE.PALENCIA.UVA.ES/CONTENT/EL-PAPEL-DE-LOS-BOSQUES-ESPANOLESEN-LAMITIGACION-DEL-CAMBIO-CLIMATICO](http://sostenible.palencia.uva.es/content/el-papel-de-los-bosques-espanoles-en-la-mitigacion-del-cambio-climatico)

BRAVO, F. 2013. ¿SE PUEDE GENERAR CONOCIMIENTO MEDIANTE LA GESTIÓN ADAPTATIVA PARA FUNDAMENTAR UN CAMBIO DE PARADIGMA DE LA SILVICULTURA? 60 CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL, VITORIA-2013. [HTTPS://DIALNET.UNIRIOJA.ES/DESCARGA/ARTICULO/7346730.PDF](https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7346730.pdf)

BRAVO, F. 2009. ADAPTIVE FOREST MANAGEMENT: LEARNING BY DOING IN FORESTRY. EN: MODELLING, VALUING AND MANGEING MEDITERRANEAN FOREST ECOSYSTEMS. *EFI PROCEEDINGS* 57, 111-118 PP. [HTTPS://EFI.INT/PUBLICATIONS-BANK/MODELLING-VALUING-AND-MANAGING-MEDITERRANEAN-FOREST-ECOSYSTEMS-NON-TIMBER-GOODS](https://efi.int/publications-bank/modelling-valuing-and-managing-mediterranean-forest-ecosystems-non-timber-goods)

CHALMERS, A.F. 2004 ¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA? SIGLO XXI DE ESPAÑA EDITORES S. A. 247 PP. [HTTPS://ULAGOS.FILES.WORDPRESS.COM/2012/03/LIBRO-QUE-ES-ESA-COSA-LLAMADA-CIENCIA.PDF](https://ulagos.files.wordpress.com/2012/03/libro-que-es-esa-cosa-llamada-ciencia.pdf)

DUARTE, C. M. 2012. WHAT IS GLOBAL CHANGE? THE CONVERSATION. PUBLICADO EL 15 DE ABRIL DE 2012 EN [HTTPS://THECONVERSATION.COM/WHAT-IS-GLOBAL-CHANGE-6447](https://theconversation.com/what-is-global-change-6447)

FINCH, D. M., & PATTON-MALLORY, M. 1993. CLOSING THE GAP BETWEEN RESEARCH AND MANAGEMENT. EN: STATUS AND MANAGEMENT OF NEOTROPICAL MIGRATORY BIRDS. US FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT RM-229. 12-16 PP.

HELMS, J. A. 1998. DICTIONARY OF FORESTRY. SOCIETY OF AMERICAN FORESTRY.

HOLLING, C. S. 1978. ADAPTIVE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MANAGEMENT. JOHN WILEY. LONDON, 377 PP. [HTTP://PURE.IIASA.AC.AT/ID/EPRINT/823/1/XB-78-103.PDF](http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/823/1/XB-78-103.pdf)

INNES, J. L. 2005. LONG-TERM FOREST EXPERIMENTS: THE NEED TO CONVERT DATA INTO KNOWLEDGE. EN: BALANCING ECOSYSTEM VALUES: INNOVATIVE EXPERIMENTS FOR SUTAINABLE FORESTRY. GENERAL TECHNICAL REPORT PNW-GTR-635, USDA FOREST SERVICE PACIFIC NORTHWEST RESEARCH STATION. 25-31 PP. [HTTPS://WWW.FS.USDA.GOV/TREESEARCH/PUBS/9842](https://www.fs.usda.gov/treeearch/pubs/9842)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2002. NATIONAL CAPACITY IN FORESTRY RESEARCH. WASHINGTON, DC: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. [HTTP://WWW.NAP.EDU/OPENBOOK.PHP?RECORD_ID=10384](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10384)

NYBERG, J. B. 1998. STATISTICS AND THE PRACTICE OF ADAPTIVE MANAGEMENT. *STATISTICAL METHODS FOR ADAPTIVE MANAGEMENT STUDIES*. 42, 1. [HTTPS://WRRB.CA/SITES/DEFAULT/FILES/PUBLIC_REGISTRY/17.%20SIT%20ADAPTIVE%20MANAGEMENT%20STATISTICS%20BC%201998.PDF#PAGE=10](https://wrrb.ca/sites/default/files/public_registry/17.%20Sit%20Adaptive%20Management%20Statistcs%20BC%201998.pdf#page=10)

PRETZSCH, H. 2009 FOREST DYNAMICS, GROWTH AND YIELD. SPRINGER 663 PÁG.

PUETTMANN, K. J., COATES, K. D., & MESSIER, C. 2009. A CRITIQUE OF SILVICULTURE. MANAGING FOR COMPLEXITY. ISLAND PRESS.

STANKEY, G. H., CLARK, R. N., & BORMANN, B. T. 2005. ADAPTIVE MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES: THEORY, CONCEPTS AND MANAGEMENT INSTITUTIONS. PORTLAND, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE, PACIFIC NORTHWEST RESEARCH STATION, 73 PP. [HTTPS://WWW.FS.USDA.GOV/TREESEARCH/PUBS/20657](https://www.fs.usda.gov/treeearch/pubs/20657)

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)

VON GADOW, K., & KLEINN, C. 2005. FOREST MANAGEMENT: SCIENCE-BASED AND UNDERSTANDABLE. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT PNW, 635, 15.

WOOTTON, D. 2017 LA INVENCIÓN DE LA CIENCIA. UNA NUEVA HISTORIA DE LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA EDITORIAL CRÍTICA, 800 PP.

ZEIDE, B. 2004 OPTIMAL STAND DENSITY: A SOLUTION. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH 34(4), 846-854. [HTTPS://DOI.ORG/10.1139/x03-258](https://doi.org/10.1139/x03-258)

6.3. LA CIENCIA CIUDADANA COMO ELEMENTO DE SENSIBILIZACIÓN Y ALERTA TEMPRANA

La historia de la participación de ciudadanos no profesionales en el ámbito de la investigación científica (i.e., generación de hipótesis, recopilación de datos, análisis, etc.) se remonta hace siglos (MILLER-RUSHING et al., 2012) y es ampliamente conocida como ciencia ciudadana. Los primeros trabajos en el ámbito de la biología-ecología que incluyeron la colaboración no profesional pueden establecerse ya en el siglo XVII, donde se reclutaron ciudadanos no expertos para contribuir a las observaciones de la historia natural (BRENNAN, 2011).

Actualmente, la ciencia ciudadana aporta a la comunidad científica información muy importante y valiosa, debido principalmente a las observaciones masivas, alcanzando escalas espaciotemporales rara vez logradas por estudios formales, especialmente si existe una buena planificación y estructuración del proyecto de colaboración (MAUND et al., 2022). Ahora tenemos la certeza de que los datos de ciencia ciudadana pueden producir información de tan alta calidad como los que provienen de la investigación científica tradicional (BURGESS et al., 2017), siempre y cuando los proyectos y actividades se definan correctamente (MAUND et al., 2022) y los datos obtenidos se procesen y analicen de forma adecuada (KOSMALA et al., 2016), mostrando su aplicabilidad y efectividad en la conservación y protección ambiental (KOBORI et al., 2016; MCKINLEY et al., 2017) y en algunas áreas productivas, como la gestión de recursos naturales (BEZA et al., 2017; MCKINLEY et al., 2017).

Ejemplo de estas aproximaciones exitosas y con un gran impacto a nivel científico serían la plataforma e-Bird¹, con más de cinco millones de observaciones de aves cada mes (BONNEY et al., 2014), o la plataforma internacional de biodiversidad Observation.org², que solo en España reúne más de 4,5 millones de observaciones, siendo ambas

iniciativas las dos primeras plataformas en cuanto a subida masiva de datos mundiales de biodiversidad al Global Biodiversity Information Facility³. La ciencia ciudadana en España sigue la tendencia observada en otros lugares, con un aumento continuo de proyectos y número de personas participantes. Solo durante el año 2017, más de 170 proyectos mostraron que las áreas más prolíficas (en términos de porcentaje de proyectos) fueron las relacionadas con la biodiversidad (23,8%), las ciencias de la computación y las telecomunicaciones (18,5%) y la salud y biotecnología (16,9%) (SERRANO et al., 2017).

En el momento actual, el cambio climático ejerce sobre los ecosistemas naturales presiones que incluyen escalas espaciotemporales difíciles de abordar por la ciencia tradicional. El uso de estos esfuerzos ciudadanos previos ha permitido evaluar los efectos del cambio climático en los últimos años, demostrando el valor de los datos de ciencia ciudadana (BURGESS et al., 2017). De hecho, respecto del monitoreo de los efectos del cambio climático, KULLENBERG et al. (2016), en un trabajo de metaanálisis, encontraron que la mayoría de las palabras clave asociadas en los artículos de ciencia ciudadana estaban relacionadas con monitoreo, cambio climático, especies invasoras y fenología. Así, para aumentar el conocimiento relativo a las vulnerabilidades de las masas forestales de Castilla y León a los efectos del cambio climático, y para aumentar el grado de sensibilización e implicación de la sociedad con esta problemática en los ecosistemas forestales, se propone una aproximación participativa como una parte más de la red centinela de cambio climático en masas forestales de Castilla y León.

Esta herramienta de ciencia ciudadana buscará caracterizar, desde una perspectiva participativa, la valoración y percepción de la vulnerabilidad de las masas forestales (los ecosistemas arbolados y no arbolados objeto de este trabajo) en Castilla y León. A través de un cuestionario georreferenciado, los participantes serán capaces de identificar y

¹ eBird. (s.f.). eBird, Descubre Una Nueva Forma de Pajarear. Accesible en <https://ebird.org/home>

² Observation.org (2022). Observation España. Accesible en <https://observation.org/>

³ Global Biodiversity Information Facility (2022). Datasets. Accesible en <https://www.gbif.org/dataset/search?type=OCCURRENCE>

caracterizar diferentes indicadores de vulnerabilidad en una escala discreta (“Alto”, “Medio”, “Bajo” o “Desconocido”) de estos ecosistemas, para así poder tener una base de amplia cobertura temporal y espacial a modo de alerta temprana. Esta información será incorporada posteriormente a la red centinela de alerta temprana (ver apartado 6.2). De este modo se tendrá una información mucho más completa, de manera precautoria y que ayudará en la toma de decisiones sobre la base de herramientas de modelización, inteligencia artificial y optimización, con aplicaciones en diferentes disciplinas que ya han mostrado la idoneidad de esta aproximación (FRANS et al., 2022).

Las acciones que se prevén implementar (en un plazo no superior a dos años) dentro de esta herramienta son las siguientes:

- i. Integración de la herramienta de ciencia ciudadana en la red centinela de alerta temprana.
- ii. Vinculación con la sociedad. A través de la difusión de la información (objetivos y metodologías) y de la realización de charlas y talleres (con la posibilidad de realizarlos de forma remota) se vinculará a la sociedad con la realización de evaluaciones, utilizando las herramientas disponibles para esta red centinela (ver siguiente punto).

- iii. Extracción y procesamiento de la información recopilada por los ciudadanos en la plataforma propuesta, de tal manera que sea compatible con la evaluación de expertos, y a su vez exportable a la red centinela de alerta temprana.

- iv. Trabajo en paralelo con la red centinela de alerta temprana, en la que la información permitirá entender la percepción de los ciudadanos respecto a las vulnerabilidades presentes, entregando de esta manera una visión de alerta temprana a la caracterización de los efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales de Castilla y León.

- v. Divulgación al público general de la información generada respecto de las vulnerabilidades e impactos detectados por cambio climático y del nivel de involucramiento de la ciudadanía en la caracterización de esta problemática en las masas forestales de Castilla y León.

LA CIENCIA CIUDADANA COMO ELEMENTO DE SENSIBILIZACIÓN Y ALERTA TEMPRANA

La plataforma seleccionada para crear un proyecto dentro su página web fue Observation.org¹. A nivel general, Observation.org es la primera plataforma mundial en aportar observaciones de biodiversidad a escala global al Global Biodiversity Information Facility. Esta plataforma ofrece a los usuarios herramientas sencillas, pero a la vez muy completas, para trabajar con registros de biodiversidad, pudiendo subir las observaciones tanto a través del uso de dispositivos móviles como de su página web. Entre las herramientas más útiles (y que no ofrecen el resto de las plataformas) se encuentra la creación de los así llamados “proyectos” asociados a transectos, tanto espaciales como temporales. Los proyectos son portales web en los que se permite la vinculación de protocolos

de muestreo específicos asociados al registro de biodiversidad.

Así, se ha desarrollado un cuestionario de evaluación de vulnerabilidades de los ecosistemas forestales en Castilla y León a modo de protocolo dentro del portal Observation.org² (ver tabla). Este proyecto, denominado

“Cambio Climático en CyL³”, se ha incorporado el protocolo mencionado con anterioridad para vincular geográficamente la evaluación sobre un ecosistema particular (registro de biodiversidad) con las

¹ Observation.org (2022). Observation España. Accesible en: <https://observation.org/>

² Proyecto “Cambio Climático en CyL” en la plataforma Observation.org. Accesible en: <https://observation.org/projects/47/>

³ Proyecto “Cambio Climático en CyL” en la plataforma Observation.org. Accesible en: <https://observation.org/projects/47/>

vulnerabilidades identificadas en el mencionado protocolo. Adicionalmente, se ha preparado un manual de usuario donde se explica con detalles cómo utilizar el proyecto “Cambio Climático en CyL” dentro de la plataforma Observation.org (ver apartado 7.f).

En este manual de usuario se detallan los pasos señalados anteriormente, acompañados de capturas de pantalla para un fácil seguimiento, donde se muestra cómo crear una visita al proyecto y aportar información en la caracterización de las vulnerabilidades de los ecosistemas seleccionados.

Por último, se ha generado una lista de YouTube⁴ con vídeos donde se explica paso a paso las etapas de registro, transecto y visita dentro del proyecto, siendo un complemento perfecto para facilitar el uso del proyecto “Cambio Climático en CyL” por toda la comunidad.

4 CANEPA, A. (2022). Red centinela frente al Cambio Climático en Castilla y León [Archivo de Vídeo]. Youtube. Accesible en https://www.youtube.com/playlist?list=PLjYrR8pmdWIPaeJ_16BWLVTcFxbCDwY1D

Explicación de los campos a cumplimentar en el proyecto Cambio Climático en CyL

ítem considerado	Descripción del ítem
Número de evaluación	Corresponde a la identificación en la base de datos de cada una de las evaluaciones recibidas
Fecha	Recopilado directamente desde la app/página web cuando se realiza una visita (evaluación) al proyecto
Provincia	Corresponde a la provincia en la que se está realizando la evaluación. Se calculará a partir de las posiciones geográficas de la visita en la acción de procesado de la información
Municipio/Zona	Corresponde a la provincia en la que se está realizando la evaluación. Se calculará a partir de las posiciones geográficas de la visita en la acción de procesado de la información
Latitud/Longitud	Corresponde a la ubicación geográfica donde se está realizando la evaluación. Se obtiene automáticamente a partir de una visita, ya sea por las coordenadas del teléfono (visita desde el móvil) o por las coordenadas fijadas en el mapa (visita desde la página web)
Ecosistema	Corresponde a la lista en formato desplegable con los ecosistemas reconocidos y definidos en el proyecto
Pregunta 1	Disminución significativa del crecimiento de las principales especies arbóreas (índices biométricos)
Pregunta 2	Disminución significativa en la vitalidad de las principales especies arbóreas (decaimiento, seca, defoliación, etc.)
Pregunta 3	Disminución significativa en la provisión de productos no maderable
Pregunta 4	Dificultades en la regeneración de masas arbóreas tras aprovechamientos
Pregunta 5	Incremento de pérdidas de vegetación por incendios forestales
Pregunta 6	Incremento de pérdidas de suelo por grandes aguaceros
Pregunta 7	Incremento de pérdidas de arbolado por vendavales
Pregunta 8	Expansión del área de plagas y enfermedades
Pregunta 9	Cambios en la distribución de especies de flora y fauna (incluidas especies invasoras)
Pregunta 10	Desaparición o pérdida de abundancia de especies de flora y fauna
Pregunta 11	Desaparición o pérdida de hábitats con exigencias termo-pluviométricas particulares (turberas, humedales, vegetación alpina quionófila, vegetación higrófila, etc.)
Nombre de usuario	Corresponde a los datos de la persona que realiza el transecto, y se obtiene automáticamente a partir de la visita realizada en el proyecto
Correo electrónico	Corresponde a los datos de la persona que realiza el transecto, y se obtiene automáticamente a partir de la visita realizada en el proyecto

REFERENCIAS

- BEZA, E., STEINKE, J., VAN ETEN, J., REIDSMA, P., FADDA, C., MITTRA, S., MATHUR, P ANDKOOISTRA, L. 2017. WHAT ARE THE PROSPECTS FOR CITIZEN SCIENCE IN AGRICULTURE? EVIDENCE FROM THREE CONTINENTS ON MOTIVATION AND MOBILE TELEPHONE USE OF RESOURCE-POOR FARMERS. *PLOS ONE*, 12(5), e0175700. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PONE.0175700](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0175700)
- BONNEY, R., SHIRK, J. L., PHILLIPS, T. B., WIGGINS, A., BALLARD, H. L., MILLER-RUSHING, A. J., & PARRISH, J. K. 2014. NEXT STEPS FOR CITIZEN SCIENCE. *SCIENCE*, 343(6178), 1436-1437. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.BIOCON.2013.07.037](https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2013.07.037)
- BRENNA, B. 2011. CLERGYMEN ABIDING IN THE FIELDS: THE MAKING OF THE NATURALIST OBSERVER IN EIGHTEENTH-CENTURY NORWEGIAN NATURAL HISTORY. *SCIENCE IN CONTEXT*, 24(2), 143–166. [HTTPS://DOI.ORG/10.1017/S0269889711000044](https://doi.org/10.1017/S0269889711000044)
- BURGESS, H. K., DEBEY, L. B., FROEHLICH, H. E., SCHMIDT, N., THEOBALD, E. J., ETTINGER, A. K., HILLERISLAMBERS, J., J, T., & PARRISH, J. K. 2017. THE SCIENCE OF CITIZEN SCIENCE: EXPLORING BARRIERS TO USE AS A PRIMARY RESEARCH TOOL. *BIOLOGICAL CONSERVATION*, 208, 113–120. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.BIOCON.2016.05.014](https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2016.05.014)
- FRANS, V. F., AUGÉ, A. A., FYFE, J., ZHANG, Y., MCNALLY, N., EDELHOFF, H., BALKENHOL, N., & ENGLER, J. O. 2022. INTEGRATED SDM DATABASE: ENHANCING THE RELEVANCE AND UTILITY OF SPECIES DISTRIBUTION MODELS IN CONSERVATION MANAGEMENT. *METHODS IN ECOLOGY AND EVOLUTION*, 13, 243– 261. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/2041-210X.13736](https://doi.org/10.1111/2041-210X.13736)
- KOBORI, H., DICKINSON, J. L., WASHITANI, I., SAKURAI, R., AMANO, T., KOMATSU, N., WATARU KITAMURA, T. S., K, K., T, O., & MILLER-RUSHING, A. J. 2016. CITIZEN SCIENCE: A NEW APPROACH TO ADVANCE ECOLOGY, EDUCATION, AND CONSERVATION. *ECOLOGICAL RESEARCH*, 31(1), 1-19. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S11284-015-1314-Y](https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y)
- KOSMALA, M., WIGGINS, A., SWANSON, A., & SIMMONS, B. 2016. ASSESSING DATA QUALITY IN CITIZEN SCIENCE. *FRONTIERS IN ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT*, 14(10), 551-560. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/FEE.1436](https://doi.org/10.1002/FEE.1436)
- KULLENBERG, C., & KASPEROWSKI, D. 2016. WHAT IS CITIZEN SCIENCE? - A SCIENTOMETRIC META-ANALYSIS. *PLOS ONE*, 11(1), e0147152. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PONE.0147152](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0147152)
- MAUND, P. R., BENTLEY, J. W., AUSTEN, G. E., IRVINE, K. N., FISH, R., DALLIMER, M., & DAVIES, Z. G. 2022. THE FEATURES AND PROCESSES UNDERPINNING HIGH-QUALITY DATA GENERATION IN PARTICIPATORY RESEARCH AND ENGAGEMENT ACTIVITIES. *METHODS IN ECOLOGY AND EVOLUTION*, 13, 68– 76. [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/2041-210X.13746](https://doi.org/10.1111/2041-210X.13746)
- MCKINLEY, D. C., MILLER-RUSHING, A. J., BALLARD, H. L., BONNEY, R., BROWN, H., COOK-PATTON, S. C., & SOUKUP, M. A. 2017. CITIZEN SCIENCE CAN IMPROVE CONSERVATION SCIENCE, NATURAL RESOURCE MANAGEMENT, AND ENVIRONMENTAL PROTECTION. *BIOLOGICAL CONSERVATION*, 208, 15-28. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.BIOCON.2016.05.015](https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2016.05.015)
- MILLER-RUSHING, A., PRIMACK, R., & BONNEY, R. 2012. THE HISTORY OF PUBLIC PARTICIPATION IN ECOLOGICAL RESEARCH. *FRONTIERS IN ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT*, 10(6), 285–290. [HTTPS://DOI.ORG/10.1890/110278](https://doi.org/10.1890/110278)
- SERRANO, F., CLEMENTE, J., IBÁÑEZ, M. C., SANZ, F., TARANCÓN, A., ..., & PERLA, P. 2017. INFORME DEL OBSERVATORIO DE LA CIENCIA CIUDADANA EN ESPAÑA. [HTTP://CIENCIA-CIUDADANA.ES/INFORME-DEL-OBSERVATORIO-DE-LA-CIENCIA-CIUDADANA-EN-ESPANA-2017/](http://ciencia-ciudadana.es/informe-del-observatorio-de-la-ciencia-ciudadana-en-espana-2017/)

