

MEMORIA FINAL DEL PROYECTO

**LOS INCENDIOS FORESTALES EN
ESPAÑA EN UN CONTEXTO DE
CAMBIO CLIMÁTICO: INFORMACIÓN
Y HERRAMIENTAS PARA LA
ADAPTACIÓN (INFOADAPT)**

JOSE MANUEL MORENO RODRIGUEZ
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

MEMORIA FINAL DEL PROYECTO

LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO: INFORMACIÓN Y HERRAMIENTAS PARA LA ADAPTACIÓN (INFOADAPT)

Financiado por la Fundación Biodiversidad, convocatoria de 2014

Realizado por

Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) (entidad coordinadora)



Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)



Instituto de Física de Cantabria del C.S.I.C. (IFCA)



Tecnologías y Servicios Agrarios S.A. (TRAGSATEC)



Universidad de Córdoba (UCO)



Presentado por

José Manuel Moreno Rodríguez (investigador principal)

Departamento de Ciencias Ambientales

Universidad de Castilla-La Mancha

Toledo, 30 de diciembre de 2016

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	EVALUACIÓN DE LAS ACTUACIONES DEL PROYECTO	9
1.	BASES DE DATOS	10
1.1	<i>INFORMACIÓN CIENTÍFICA SOBRE INCENDIOS, CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO</i>	10
1.1.1	Introducción	10
1.1.2	Análisis bibliométrico de la investigación científica relacionada con cambio climático e incendios forestales	10
1.1.3	Análisis bibliométrico de la investigación científica relacionada con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático	16
1.1.4	Conclusiones	23
1.1.5	Bibliografía	24
1.2	<i>GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EXPERTOS EN INCENDIOS FORESTALES</i>	26
1.2.1	Introducción	26
1.2.2	Grupos de trabajo	26
1.2.3	Conclusiones	40
1.3	<i>FUENTES ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS</i>	41
1.3.1	Introducción	41
1.3.2	Ámbito nacional	41
1.3.3	Ámbito autonómico	42
1.3.4	Conclusiones	45
1.4	<i>FUENTES CARTOGRÁFICAS DE INCENDIOS</i>	47
1.4.1	Introducción	47
1.4.2	Productos cartográficos a nivel global	47
1.4.3	Ámbito europeo	53
1.4.4	Ámbito nacional	54
1.4.5	Ámbito autonómico	54
1.4.6	Conclusiones	65
1.4.7	Bibliografía	66
1.5	<i>NORMATIVA SOBRE INCENDIOS: COMUNITARIA, NACIONAL, AUTONÓMICA</i>	71
1.5.1	Introducción	71
1.5.3	Ámbito Nacional	71
1.5.4	Ámbito Autonómico	72
1.5.5	Conclusiones	77
1.6	<i>ACTUACIONES JUDICIALES E INVESTIGACIÓN DE CAUSAS</i>	78
1.6.1	Actuaciones judiciales	78
1.6.2	Investigación de causas	92
1.6.3	Conclusiones	101
1.6.4	Bibliografía	101
2.	TENDENCIAS OBSERVADAS EN LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS	103
2.1	<i>HISTORIA RECIENTE DE LOS INCENDIOS FORESTALES</i>	103
2.1.1	Introducción	103
2.1.2	Tendencias generales: número de incendios y superficie quemada	103
2.1.3	Tendencia anual del número de incendios por tamaños de incendio	105
2.1.4	Tendencia anual de la superficie quemada por tamaños de incendio	108

2.1.5	Distribución geográfica del número de incendios y superficie quemada	111
2.1.6	Tendencia anual del número y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de n ^o de incendios	113
2.1.7	Tendencia anual del número y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de superficie quemada	114
2.1.8	Tendencia anual de la superficie quemada por tipo de superficie forestal	116
2.1.9	Tendencia anual del número de incendios por especies forestales arboladas	118
2.1.10	Tendencia anual de la superficie quemada por especies forestales arboladas	119
2.1.11	Distribución geográfica del número de incendios por especies forestales	120
2.1.12	Distribución geográfica de la superficie quemada por especies forestales	127
2.1.13	Conclusiones	134
2.1.14	Bibliografía	136
2.2	INCIDENCIA DE INCENDIOS EN ZONAS CRÍTICAS: HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO	137
2.2.1	Introducción	137
2.2.2	Resultados	139
2.2.3	Conclusiones	147
2.2.4	Bibliografía	147
2.3	IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES INDICADORES DE TENDENCIAS DE CAMBIO Y DE ZONAS CRÍTICAS DE INCENDIOS FORESTALES: ANDALUCÍA	148
2.3.1	Introducción	148
2.3.2	Indicadores de tendencia de cambio	149
2.3.3	Zonas críticas por incendios forestales	157
2.3.4	Conclusiones	162
2.3.5	Bibliografía	163
3.	RELACIONES CLIMA E INCENDIOS EN EL PASADO Y PROYECCIONES PARA EL CLIMA FUTURO	165
3.1	INTRODUCCIÓN - CLIMA, INCENDIOS E ÍNDICES DE PELIGRO	165
3.1.1	Relaciones clima-fuego	165
3.1.2	Índices climáticos para caracterizar el riesgo de incendios	166
3.1.3	El Fire Weather Index (FWI)	167
3.2	RELACIONES CLIMA-INCENDIOS EN ESPAÑA (1985-2011)	170
3.2.1	Introducción	170
3.2.2	Resultados	171
3.2.3	Discusión	182
3.2.4	Conclusiones	182
3.3	PELIGRO DE INCENDIO FUTURO EN ESPAÑA	183
3.3.1	Escenarios de cambio climático	183
3.3.2	Clima observado	184
3.3.3	Método de cálculo de las proyecciones futuras	185
3.3.4	Análisis de la incertidumbre	186
3.3.5	Resultados	186
3.3.6	Discusión	189
3.3.7	Conclusiones	190
3.3.8	Bibliografía	191
4.	PREVENCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIOS EN ESPAÑA Y COSTES DE EXTINCIÓN	197
4.1	REVISIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE PREVENCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIO	197
4.1.1	Introducción	197
4.1.2	Planes de prevención de incendios	197
4.1.3	Planes y protocolos de extinción de incendios	205

4.1.4	Puntos débiles/críticos de los planes y protocolos de extinción actuales para su adaptación al cambio climático	213
4.1.5	Cambios requeridos en la planificación de la prevención para la adaptación al cambio climático	215
4.1.6	Conclusiones	218
4.2	<i>ANÁLISIS DE COSTES Y EFICIENCIA EN LA INTERVENCIÓN CONTRA INCENDIOS</i>	219
4.2.1	Introducción	219
4.2.2	Comportamiento de los costes de extinción en dos situaciones temporales	220
4.2.3	Conclusiones	224
4.2.4	Bibliografía	225
5.	PLANIFICACIÓN FORESTAL EN ESPAÑA ANTE LOS INCENDIOS FORESTALES - NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	227
5.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	227
5.2	<i>REVISIÓN DE LOS SUPUESTOS CLIMÁTICOS DE PLANIFICACIÓN FORESTAL Y DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO</i>	227
5.2.1	Planificación forestal ante el cambio climático	228
5.3.2	La planificación forestal ante los incendios forestales	232
5.2.3	Nuevos retos en la planificación de los sistemas forestales	233
5.2.4	Determinación de las necesidades de adaptación al cambio climático	233
5.3	<i>PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA EN LAS ZONAS DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL</i>	242
5.3.1	Introducción	242
5.3.2	Actuaciones para la adaptación	243
5.3.3	Medidas de carácter general para la defensa de la RUI en los nuevos escenarios de cambio climático	243
5.3.4	Medidas específicas para la defensa de la RUI en los nuevos escenarios de cambio climático	246
5.4	<i>CONCLUSIONES</i>	249
5.5	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	250
6.	RESPUESTA POSTINCENDIO - NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	252
6.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	252
6.1.1	Legislación	252
6.1.2	La gestión forestal post-incendio en el momento actual	257
6.1.3	Criterios y estrategias actuales de la gestión de montes quemados	257
6.2	<i>LA ADAPTACIÓN DE LA GESTIÓN POST-INCENDIO AL CAMBIO CLIMÁTICO</i>	258
6.2.1	Los cambios proyectados en el régimen de incendios	258
6.2.2	Objetivos de la restauración post-incendio	259
6.2.3	Estrategias de restauración post-incendio	260
6.2.4	Estrategias de mitigación	266
6.2.5	Tratamientos a medio y largo plazo. Estrategias de adaptación	271
6.3	<i>CONCLUSIONES</i>	280
6.4	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	281
7.	ESTUDIOS DE CASO Y ZONAS PILOTO	289
7.1	<i>MODELIZACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE QUEMADO EN UNA ZONA PILOTO</i>	289
7.1.1	Introducción	289
7.1.2	Metodología	290

7.1.3	Descripción del área piloto	291
7.1.4	Resultados	294
7.1.5	Conclusiones	300
7.1.6	Bibliografía	300
7.2	<i>ESTUDIOS DE CASO: REVISIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE LA RED</i>	
	<i>NATURA 2000 EN CASTILLA LA MANCHA</i>	302
7.2.1	Introducción	302
7.2.2	Metodología	302
7.2.3	Resultados	305
7.2.4	Conclusiones	314
III.	CONCLUSIONES	316
IV.	OBSTÁCULOS ENCONTRADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	321
V.	ANEXOS V Y VI	322
VI.	AUTORES DE LA MEMORIA FINAL	325

I. INTRODUCCIÓN

La presente memoria contiene el detalle de las actuaciones llevadas a cabo por los cinco equipos de investigación que han intervenido en el proyecto “Los incendios forestales en España en un contexto de cambio climático: información y herramientas para la adaptación (INFOADAPT)”, financiado por la Fundación Biodiversidad. La memoria detalla las actuaciones según el plan que acordó el consorcio del proyecto en su reunión celebrada el día 16 de junio de 2015, para acomodar los objetivos inicialmente planteados a la financiación concedida. Las actuaciones realizadas durante el proyecto se resumen en la parte II de esta memoria. Esta se ha estructurado en siete capítulos, alguno de ellos con sus correspondientes subcapítulos para mejor diferenciar las actividades llevadas a cabo. A continuación, se hace un breve resumen del contenido de cada capítulo y se menciona su correspondencia con las actividades señaladas en el marco lógico del proyecto.

El capítulo II.1 aborda los trabajos realizados para la creación de bases de datos con información relevante para España y las políticas de adaptación al cambio climático en el ámbito de los incendios forestales. Para ello se ha realizado un estudio bibliométrico sobre las publicaciones científicas indexadas en las que aparecen autores españoles. Además, se ha compilado información sobre todos los grupos españoles que publican en temas relacionados con incendios forestales. Aún más, se muestran los resultados de compilar las fuentes estadísticas de incendios, tanto a nivel nacional como de las comunidades autónomas, con vínculos a las bases de datos correspondientes. El capítulo continúa con un estudio de las bases cartográficas de incendios, desde el nivel mundial a nacional y autonómico. Finalmente, se hace una compilación de la normativa existente a los diferentes niveles administrativos, culminándose el capítulo con información relacionada con la investigación sobre actuaciones judiciales y causas de los incendios. La información recogida en este capítulo se corresponde la Actividad 1 del marco lógico del proyecto.

El capítulo II.2 detalla el estudio pormenorizado de las tendencias observadas, tanto a nivel temporal como espacial, de los incendios forestales en España durante los cuarenta años que van desde 1974 a 2013. El estudio espacial se hace a nivel general, esto es, basado en las cuadrículas de 10x10 km de la base de datos nacional EGIF. Por otro lado, se hace un segundo estudio asignando los hábitats según su tipología a las cuadrículas correspondientes, a efectos de valorar posibles zonas críticas por su mayor incidencia de incendios. Esto permite valorar la su significación de los incendios para los hábitats, en particular los de interés prioritario. El análisis de zonas críticas se completa con un estudio pormenorizado para Andalucía de qué factores (meteorología, disponibilidad del combustible, humedad del mismo, comportamiento del fuego, etc.) afectan al fuego en particular a incendios grandes. Este capítulo se corresponde con la actividad 3C y 3D del marco lógico del proyecto.

El capítulo II.3 aborda el estudio de las relaciones pasadas entre clima e incendios a nivel provincial o subregional. En este estudio se analizan cómo variaciones en uno de los índices de peligro más utilizados (el FWI canadiense) han afectado en el pasado a la

ocurrencia de incendios, a los incendios grandes (>100 ha) o a la superficie quemada, tanto para el periodo invernal-primaveral como para el periodo de mayor actividad de incendios (verano). Dada la relevancia de la disponibilidad de agua, se analiza también la importancia del índice de sequía SPEI sobre dichas variables. Por otro lado, de cara al futuro, se analizan cómo el cambio climático va a afectar al clima y, a través de él, al índice de peligro anteriormente indicado. Este estudio se hace para diferentes escenarios y marcos temporales, aportándose mapas que permiten valorar geográficamente las variaciones que se esperan a lo largo de este siglo. Este capítulo se corresponde con los establecidos en las actividades 3A y 3B y 4 del marco lógico del proyecto.

El capítulo II.4 analiza los planes de prevención y lucha contra incendio, tanto a nivel nacional como autonómico. Este análisis revisa las diferentes fases de actuación de la lucha contra incendios, centrándose en las fases más críticas y haciendo una valoración de qué se requeriría para hacer frente a las nuevas situaciones de peligro derivadas un incremento del mismo. El capítulo contiene también un análisis de los costes de incendios, y su cambio con el tiempo. Se analizan con detalle de algunos incendios particulares, lo que permite hacer una valoración de cómo cambios en los incendios podrían afectar a los costes. Este capítulo se corresponde con lo establecido en la actividad 5 del marco lógico del proyecto.

El capítulo II.5 revisa lo relacionado con la planificación forestal y las necesidades de adaptación en el contexto de cambio climático. Para ello analiza cuáles son los principales elementos de la planificación y su relación con la lucha contra el fuego, tanto a nivel general como para la zona de contacto urbano-forestal. Este capítulo se corresponde con lo establecido en la actividad 6 del marco lógico del proyecto.

El capítulo II.6 analiza las intervenciones postincendio. En él se analiza la legislación actual estatal y autonómica que se refiere a la restauración de montes quemados y la práctica actual de la gestión postincendio. En base a los avances más recientes sobre restauración forestal, se desarrollan propuestas de mitigación de los impactos de los incendios a corto plazo, y estrategias y técnicas de adaptación al cambio climático y a un régimen de incendios más severo a medio y largo plazo. El objetivo es promover ecosistemas y paisajes más resistentes y resilientes al fuego. En los proyectos que requieran la restauración del arbolado, se propone la diversificación de especies, la priorización de especies rebrotadoras, la selección de procedencias resistentes a la sequía y diversas técnicas que optimicen un uso eficiente del agua, desde la aclimatación del brinzal en vivero hasta las técnicas de recolección de escorrentía en el campo. Este apartado se corresponde con lo establecido en la actividad 8 del marco lógico del proyecto.

El capítulo II.7 aborda por un lado la utilización de modelos de propagación bajo diferentes supuestos meteorológicos (valores medios o extremos) y de cambios de usos de suelo a un territorio extenso (zona centro en el entorno de la Sierra de Gredos) para valorar cómo cambios en el paisaje o la meteorología pueden afectar a la propagación del fuego y, por tanto, permitir hacerse una idea de los puntos más críticos. En un segundo apartado, se hace estudios de caso centrados en los espacios protegidos de la Red Natura 2000 de Castilla-La Mancha. En estos se analizan los planes de uso y gestión para ver el tratamiento que se le ha dado al fuego y valorar cómo dichos planes deberían modificarse

para incluir el fuego en un nuevo contexto. Este apartado se corresponde con los establecidos en la actividad 9 del marco lógico del proyecto.

Cada capítulo contiene un punto final en el que se incluyen las conclusiones que se derivan del mismo. Además, en la memoria se ha incluido, al final, un apartado de conclusiones resumidas del proyecto, en el que se destacan a modo de mensajes clave los aspectos principales de cada capítulo. Se añade también otro apartado donde se mencionan las dificultades y obstáculos para el desarrollo del proyecto, el cumplimiento de actividades (Anexo V, según indicación de la Fundación Biodiversidad). Al final se listan los autores que han contribuido a esta memoria y proyecto, indicando su filiación y correo electrónico.

II. EVALUACIÓN DE LAS ACTUACIONES DEL PROYECTO

1. BASES DE DATOS

1.1 INFORMACIÓN CIENTÍFICA SOBRE INCENDIOS, CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO

M. Belén Hinojosa

1.1.1 Introducción

Es patente la preocupación de los científicos sobre los incendios forestales y el cambio climático. La cantidad de artículos científicos publicados sobre estos temas se puede considerar como una medida de la repercusión que tiene este problema sobre la sociedad y la comunidad científica. Así, un estudio bibliométrico puede considerarse como un buen indicador del estado de la ciencia en un tema concreto y en un momento determinado.

1.1.2 Análisis bibliométrico de la investigación científica relacionada con cambio climático e incendios forestales

Según la Web of Science (ISI WoK), entre 1978 y 2016 hay 5481 publicaciones indexadas que versan sobre los incendios forestales y el cambio climático¹, de las cuales 5222 son artículos en revistas indexadas (95.3%). De estos, 311 han sido publicados por científicos adscritos a instituciones españolas. Así pues, España con un 6% de artículos científicos se sitúa en la sexta posición del ranking de países que han publicado artículos científicos sobre esta temática, por detrás de Estados Unidos (49.3%), Canadá (15.3%), Australia (13.2%), Reino Unido (8%) y Alemania (6.5%).

Tanto a nivel internacional como nacional, la publicación de artículos científicos que relacionan los incendios forestales y el cambio climático ha seguido un crecimiento exponencial a lo largo del tiempo (Fig. 1.1.1). A nivel internacional, en el periodo 2000-2015 se han publicado 4348 artículos (en promedio 271 artículos al año) que corresponde a una tasa de incremento anual del 5.9%. A nivel nacional, para el mismo periodo (2000-2015) se han publicado 272 artículos (en promedio 17 artículos al año), que corresponde a una tasa de incremento anual del 8.7%.

Las revistas con el mayor número de artículos relacionados con este campo se muestran en la Tabla 1.1.1 y contemplan el 32.65% del total de artículos SCI en el ámbito internacional y el 42.12% en el ámbito nacional, relacionados con esta temática. Las cinco primeras revistas con mayor número de publicaciones coinciden a nivel internacional y nacional y son: *Forest Ecology and Management*, *Global Change Biology*, *International Journal of Wildland Fire*, *Holocene* and *Climatic Change*. Dichas revistas se sitúan en el primer cuartil del ranking de factor de impacto de sus áreas. Esto indica que los científicos españoles, siguiendo la tendencia internacional, publican un porcentaje elevado de sus trabajos en las revistas de mayor influencia académica.

¹ Búsqueda en Web of Science (ISI WoK) de ("fire" or "wildfire") and ("climate change" or "climatic change" or "global warming")

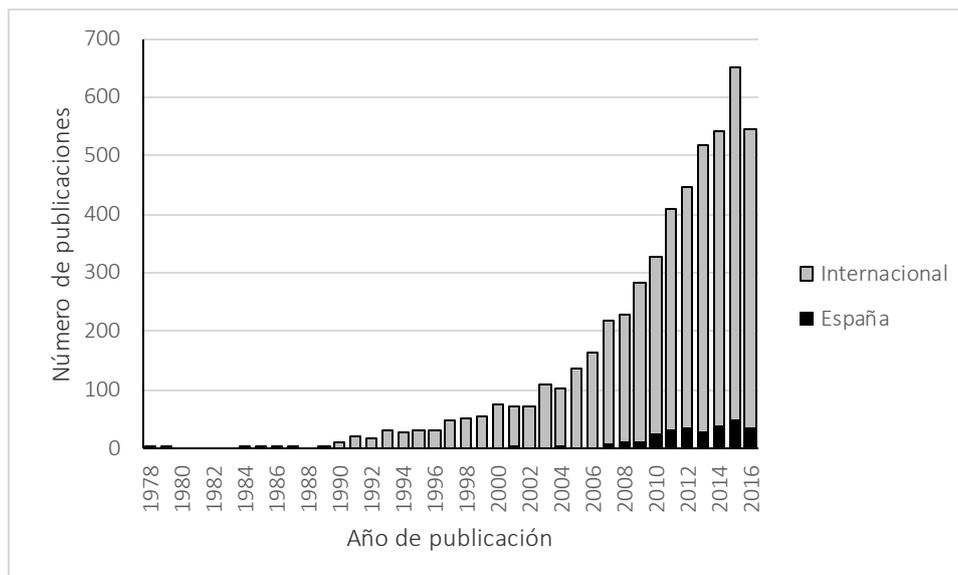


Figura 1.1.1. Número de artículos científicos indexados en el ámbito internacional (gris) y nacional (negro) sobre incendios forestales y cambio climático.

Tabla 1.1.1. Listado de las 15 principales revistas donde se han publicado más artículos indexados por científicos de ámbito internacional (izquierda) y de ámbito nacional (derecha).

Ámbito internacional			Ámbito nacional (España)		
	Nº art.	%		Nº art.	%
FOREST ECOL MANAG	245	4.69	CLIMATIC CHANGE	16	5.14
GLOB CHANGE BIOL	187	3.58	FOREST ECOL MANAG	15	4.82
INT J WILDLAND FIRE	181	3.47	GLOB CHANGE BIOL	14	4.50
HOLOCENE	154	2.95	INT J WILDLAND FIRE	11	3.54
CLIMATIC CHANGE	127	2.43	HOLOCENE	9	2.89
ECOL APPL	112	2.14	FOREST SYSTEMS	9	2.89
CAN J FOREST RES	112	2.14	QUATERNARY SCI REV	8	2.57
ECOLOGY	83	1.59	PLOS ONE	8	2.57
PALAEO GEOGR PALAEO CL	82	1.57	GLOBAL ECOL BIO GEOGR	8	2.57
PLOS ONE	78	1.49	ANN FOR SCI	7	2.25
ECOSYSTEMS	76	1.46	REMOTE SENS ENVIRON	6	1.93
QUATERNARY SCI REV	71	1.36	TREES-STRUCT FUNCT	5	1.61
J BIO GEOGR	70	1.34	PLANT ECOL	5	1.61
P NATL ACAD SCI USA	65	1.24	ENVIRON RES LETT	5	1.61
QUATERNARY RES	62	1.19	BIOGEO SCIENCES	5	1.61

A nivel internacional los tres autores con mayor número de artículos científicos indexados son Yves Bergeron (University of Quebec), Cathy L. Whitlock (Montana State University) y Thomas T. Veblen (University of Colorado) (Tabla 1.1.2). A nivel nacional los autores con mayor número de citas son José M. Moreno (Universidad de Castilla-La Mancha), Lluís Brotons (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales) y Juli G. Pausas (Centro Superior de Investigaciones Científicas).

El análisis de las instituciones de investigación nos da información acerca de las universidades y centros de investigación que se encuentran en la frontera del conocimiento sobre incendios forestales y cambio climático (Tabla 1.1.3). A nivel internacional la institución que ha publicado el mayor número de artículos en este área es United States Department of Agricultura (USDA) con 513 artículos; seguida de United States Forest Service, University of California System, United States Geological Survey (USGS) y Oregon University System. A nivel nacional, es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas la institución que presenta más publicaciones de esta disciplina, con 86 artículos; seguida de la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de Barcelona, la Universidad de Castilla-La Mancha y la Universidad de Alcalá.

Tabla 1.1.2. Autores pertenecientes a instituciones internaciones y nacionales que tienen mayor número de artículos relacionados con los incendios y el cambio climático.

Institución internacional		Institución nacional (España)	
Autor	Nº art.	Autor	Nº art.
Bergeron, Yves	78	Moreno, José M.	22
Whitlock, Cathy	47	Brotos, Lluís	17
Veblen, Thomas T.	47	Pausas, Juli G.	15
Tinner, Willy	44	Rull, Valentí	13
Flannigan, Mike D.	44	Peñuelas, Josep	13
Chapin, F Stuart III	43	Retana, Javier	12
Carcaillet, Christopher	38	Montoya, Encarnación	11
Bowman, David MJS	37	Carrión, José S.	10
Behling, Hermann	33	de las Heras, Jorge	9
Randerson, James T.	32	Chuvieco, Emilio	9
Payette, Serge	32	Bedia, Joaquín	9
Moritz, Max A	32	Moya, Daniel	8
McGuire, A David	31	Gutierrez José M.	8
Gauthier, Sylvie	31	Vegas-Villarubia, Teresa	7
Fule, Peter Z.	29	Lloret, Francisco	7

La Tabla 1.1.4 muestra las publicaciones más citadas en el ámbito de los incendios forestales y el cambio climático de autores pertenecientes a instituciones internaciones. Dichos trabajos de investigación se han publicado en revistas con un factor de impacto elevado, señalando su importante repercusión en la comunidad científica. La mayoría de estas publicaciones versan sobre el papel que pueden tener perturbaciones como el fuego en la alteración del ciclo del carbono tanto a nivel vegetal como edáfico. Otros artículos muestran como el cambio climático modifica el régimen de incendios o como la ocurrencia de incendios en un contexto de cambio climático cambia la dinámica vegetal de los ecosistemas. Entre los artículos más citados, quizás quepa destacar el trabajo de Swetnam et al. (1999), de cara a la adaptación al cambio climático en el ámbito de los incendios forestales. En este trabajo se enfatiza la importancia de conocer los regímenes de incendios pasados para predecir y gestionar los que puedan sobrevenir en un futuro. Así pues, se señala que una posible aplicación de los estudios del histórico de incendios

es identificar a escala regional las relaciones fuego-clima, las cuales podrían ser utilizadas en un modelo que permitiera el pronóstico de riesgo de incendios.

Tabla 1.1.3. Principales instituciones internacionales y españolas que tienen mayor número de artículos relacionados con los incendios y el cambio climático.

Ranking	Institución internacional	Nº art.
1	UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE	513
2	UNITED STATES FOREST SERVICE	466
3	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	391
4	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY	272
5	OREGON UNIVERSITY SYSTEM	226
6	CANADIAN FOREST SERVICE	225
7	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY	213
8	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	177
9	NATURAL RESOURCES CANADA	170
10	UNIVERSITY OF ALASKA SYSTEM	159
11	UNIVERSITY OF COLORADO SYSTEM	139
12	UNIVERSITY OF WISCONSIN SYSTEM	136
13	UNIVERSITY OF QUEBEC	130
14	CSIRO	129
15	NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY	125
<hr/>		
	<u>Institución española</u>	
1	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS	86
2	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA	55
3	UNIVERSIDAD DE BARCELONA	49
4	UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA	33
5	UNIVERSIDAD DE ALCALA	17
6	UNIVERSIDAD DE VALENCIA	16
7	UNIVERSIDAD DE LLEIDA	13
8	CREAF	13
9	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID	12
10	UNIVERSIDAD DE MURCIA	11
11	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	11
12	CENTRO TECNOLÓGICO FORESTAL DE CATALUÑA	9
13	UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	7
14	UNIVERSIDAD DE GRANADA	7
15	UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	7

En el caso de las publicaciones procedentes de instituciones españolas con mayor número de citas la temática principal versa sobre la relación entre el clima y el riesgo de ocurrencia de incendios (Tabla 1.1.5) también sobresalen estudios relacionados con las posibles respuestas de los ecosistemas de la península frente a la ocurrencia de incendios en un escenario de cambio climático. Dichos trabajos también se han publicado de revistas con alto factor de impacto.

No obstante, entre estas publicaciones con mayor número de citas ninguna versa sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas frente al fuego en un contexto de cambio climático, ni sobre las adaptaciones frente a este escenario climático.

Tabla 1.1.4. Listado de las 15 publicaciones más citadas pertenecientes a autores de instituciones internacionales.

Ranking	Publicaciones
1	Gorham et al. <i>Northern Peatlands-role in the carbon-cycle and probable responses to climatic warming</i> . ECOL APPL 1: 182-195 (1991).
2	Westerling et al. <i>Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity</i> . SCIENCE 313: 940-943 (2006).
3	Allen et al. <i>A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests</i> . FOREST ECOL MANAG 259: 660-684 (2010).
4	Sitch et al. <i>Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model</i> . GLOB CHANGE BIOL 9: 161-185 (2003).
5	Schimel et al. <i>Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems</i> . NATURE 414: 169-172 (2001).
6	Parton et al. <i>Observations and modeling of biomass and soil organic-matter dynamics for the grassland bioma worldwide</i> . GLOBAL BIOGEOCHEM CY 7: 785-809 (1993).
7	Cook et al. <i>Long-term aridity changes in the western United States</i> . SCIENCE 306:1015-1018 (2004).
8	Le Quere et al. <i>Trends in the sources and sinks of carbon dioxide</i> . NAT GEOSCI 2: 831- 836 (2009).
9	Kurz et al. <i>Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change</i> . NATURE 452:987-990 (2008).
10	Nepstad et al. <i>Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire</i> . NATURE 398: 505-508 (1999).
11	Dale et al. <i>Climate change and forest disturbances</i> . BIOSCIENCE 51: 723- 734 (2001).
12	Bowman et al. <i>Fire in the Earth System</i> . SCIENCE 324:481-484 (2009).
13	Krinner et al. <i>A dynamic global vegetation model for studies of the coupled atmosphere-biosphere system</i> . GLOBAL BIOGEOCHEM CY 19 (2005).
14	Swetnam et al. <i>Applied historical ecology: Using the past to manage for the future</i> . ECOL APPL 9: 1189-1206 (1999).
15	Page et al. <i>The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997</i> . NATURE 420: 61-65 (2002).

Tabla 1.1.5. Listado de las 15 publicaciones más citadas pertenecientes a autores de instituciones nacionales (España).

Ranking	Publicaciones
1	Allen et al. <i>A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests.</i> FOREST ECOL MANAG 259:660-684 (2010).
2	Gonzalez-Perez et al. <i>The effect of fire on soil organic matter - a review.</i> ENVIRON INT 30: 855-870 (2004).
3	Pausas. <i>Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin)</i> CLIMATIC CHANGE 63: 337-350 (2004).
4	Pinol et al. <i>Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain</i> CLIMATIC CHANGE 38: 345-357 (1998).
5	Keith et al. <i>Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models.</i> BIOL LETT 4: 560-563 (2008).
6	Pausas et al. <i>Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems.</i> ECOLOGY 85: 1085-1100 (2004).
7	Pausas et al. <i>A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life.</i> BIOSCIENCE 59: 593-601 (2009).
8	Pysek et al. <i>A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment.</i> GLOB CHANGE BIOL 18:1725-1737 (2012).
9	Myers-Smith et al. <i>Shrub expansion in tundra ecosystems: dynamics, impacts and research priorities.</i> ENVIRON RES LETT 6 (2011).
10	Carrion. <i>Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe.</i> QUATERNARY SCI REV 21:2047-2066 (2002).
11	Moreira et al. <i>Landscape - wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management.</i> J ENVIRONM MANAG 92:2389-2402 (2011).
12	Pausas. <i>Response of plant functional types to changes in the fire regime in Mediterranean ecosystems: A simulation approach.</i> J VEG SCI 10:717-722 (1999).
13	Pausas. <i>Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime.</i> CLIMATIC CHANGE 110:215-226 (2012).
14	Peñuelas et al. <i>Response of plant species richness and primary productivity in shrublands along a north-south gradient in Europe to seven years of experimental warming and drought: reductions in primary productivity in the heat and drought year of 2003.</i> GLOB CHANGE BIOL 13:2563-2581 (2007).
15	Carrion et al. <i>Fine-resolution Upper Weichselian and Holocene palynological record from Navarres (Valencia, Spain) and a discussion about factors of Mediterranean forest succession.</i> REV PALAEOBOT PALYNOL 106:209-236 (1999).

1.1.3 Análisis bibliométrico de la investigación científica relacionada con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático

Con un análisis bibliométrico de las publicaciones a nivel internacional que versan sobre la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático, enfocado desde un punto de vista de su manejo y gestión, se encuentran tan sólo 335 artículos indexados en la Web of Science (ISI WoK) que traten sobre adaptación², 219 traten sobre vulnerabilidad³ y exclusivamente 59 publicaciones que versen conjuntamente sobre ambos temas⁴ (adaptación y vulnerabilidad). En todos los casos las publicaciones sobre estas temáticas han aumentado considerablemente en los últimos años (Fig. 1.1.2).

De estas publicaciones, la mayoría proviene de centros de investigación estadounidenses, canadienses y australianos. España se sitúa en la octava posición del ranking de países que han publicado artículos científicos sobre estas temáticas, i.e. adaptación (17 artículos) o vulnerabilidad (8 artículos) de incendios forestales en un contexto de cambio climático. No obstante desde España no se ha publicado ningún artículo que trate conjuntamente vulnerabilidad y adaptación.

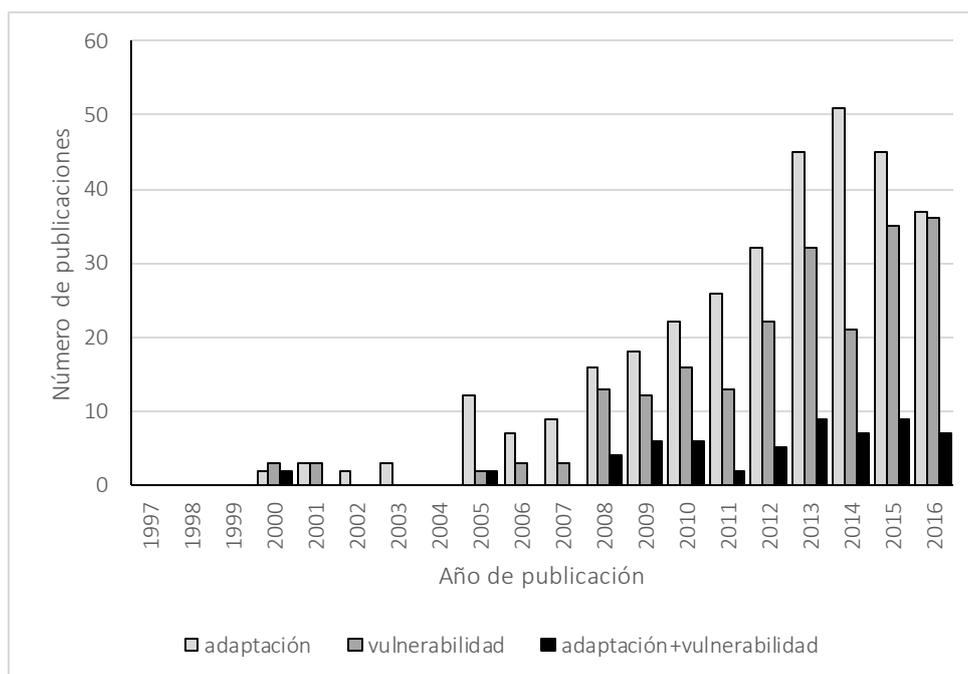


Figura 1.1.2. Número de artículos científicos indexados de ámbito internacional sobre vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático.

² Búsqueda en Web of Science (ISI WoK) de ("fire" or "wildfire") and ("climate change" or "climatic change" or "global warming") and "adaptation"

³ Búsqueda en Web of Science (ISI WoK) de ("fire" or "wildfire") and ("climate change" or "climatic change" or "global warming") and "vulnerability"

⁴ Búsqueda en Web of Science (ISI WoK) de ("fire" or "wildfire") and ("climate change" or "climatic change" or "global warming") and "adaptation" and "vulnerability"

Tabla 1.1.6. Países que presentan mayor número de artículos indexados relacionados con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático.

adaptación		vulnerabilidad		adaptación + vulnerabilidad	
Países	Nº art.	Países	Nº art.	Países	Nº art.
EEUU	140	EEUU	120	EEUU	25
Australia	77	Canadá	39	Australia	12
Canadá	51	Australia	32	Canadá	11
Reino Unido	35	Reino Unido	23	Italia	6
Alemania	26	Brasil	12	Holanda	4
Italia	20	Italia	10	Reino Unido	3
Suiza	18	Alemania	9	Alemania	3
España	17	España	8	Finlandia	3
Francia	17	China	7	Austria	3
Holanda	14	Holanda	7	Suiza	2
Sudáfrica	13	Sudáfrica	5	Sudáfrica	2

Las revistas con el mayor número de artículos relacionados con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático se muestran en la Tabla 1.1.7. Las tres primeras revistas con mayor número de publicaciones sobre esta temática coinciden con las revistas con mayor número de publicaciones relacionadas con incendios y cambio climático (Tabla 1.1.1) y son: *Forest Ecology and Management*, *Climatic Change* y *Global Change Biology*. Éstas, junto con las restantes quince revistas con mayor número de publicaciones, se sitúan en el primer cuartil del ranking de factor de impacto de sus áreas.

A nivel internacional los autores con mayor número de artículos indexados sobre la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático son: A. David McGuire (University of Alaska), Sylvie Gauthier (Canadian Forest Service), M Torre Jorgenson (University of Alaska), Merrit R. Turetsky (United States Geological Survey), F Stuart III Chapin (University of Alaska) y Yves Bergeron (University of Quebec), entre otros (Tabla 1.1.8). Muchos de ellos también se encuentran entre los autores más productivos en el ámbito general de incendios forestales y cambio climático (Tabla 1.1.2).

Las principales instituciones que han publicado sobre la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático están en EEUU, Canadá y Australia (Tabla 1.1.9). Estas tres instituciones también coinciden con las que han publicado más en el ámbito general de incendios y cambio climático, y son: United States Department of Agricultura (USDA), United States Forest Service y University of California System.

Tabla 1.1.7. Listado de las 15 revistas donde se han publicado más artículos indexados relacionados con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático.

Título	N° artículos		
	adaptación	vulnerabilidad	adaptación + vulnerabilidad
<i>FOREST ECOL MANAG</i>	21	11	2
<i>CLIMATIC CHANGE</i>	12	9	3
<i>GLOB CHANGE BIOL</i>	5	10	1
<i>CAN J FOREST RES</i>	5	7	2
<i>NEW PHYTOL</i>	8	3	1
<i>PLOS ONE</i>	7	4	1
<i>MITIG ADAPT STRATEGIES GLOB CHANG</i>	6	3	3
<i>GLOBAL ENVIRON CHANGE</i>	4	4	4
<i>PHILOS T ROY SOC B</i>	8	3	0
<i>REG ENVIRON CHANGE</i>	5	4	2
<i>ECOL APPL</i>	6	2	2
<i>FOREST CHRON</i>	5	3	2
<i>ENVIRON RES LETT</i>	5	4	0
<i>HOLOCENE</i>	7	0	0
<i>TRENDS ECOL EVOL</i>	6	0	0

Tabla 1.1.8. Autores con más artículos indexados relacionados con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático.

adaptación		vulnerabilidad		adaptación + vulnerabilidad	
Autor	N° art.	Autor	N° art.	Authors	N° art.
Bergeron, Yves	5	McGuire, A. David	9	Gauthier, Sylvie	3
Schelhaas, Mart-Jan	5	Gauthier, Sylvie	9	Le Goff, Heloise	3
Bernier, Pierre	4	Jorgenson, M Torre	8	Bachelet, Dominique	2
Chapin, F Stuart III	4	Turetsky, Merritt R	6	Bergeron, Yves	2
Malhi, Yadvinder	4	Chapin, F Stuart III	6	Bernier, Pierre	2
Pausas, Juli G	4	Bergeron, Yves	6	Chapin, F Stuart III	2
Stephens, Scott L	4	Kielland, Knut	5	Corona, Piermaria	2
Rupp, T Scott	3	Brown, Dana R. N	5	Delzon, Sylvain	2
Schepaschenko, Dmitry G	3	Bowman, David M J S	4	Lindner, Marcus	2
Seidl, Rupert	3	Kasischke, Eric S	4	Lung, Tobias	2
Shvidenko, Anatoly Z	3	Le Goff, Heloise	4	Maroschek, Michael	2
Vendramin, Giovanni G	3	Le Goff, Heloise	4	Peterson, David L	2
Verdu, Miguel	3	Mack, Michelle C	4	Rupp T Scott	2
Wardell-Johnson, Grant W	3	Raulier, Frederic	4	Schelhaas, Mart-Jan	2
Westerling, Anthony L	3	Rupp, T Scott	4	Seidl, Rupert	2

Tabla 1.1.9. Instituciones con mayor número de artículos indexados relacionados con la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático

Ranking	Institución	Nº artículos		
		adaptación	vulnerabilidad	adaptacion + vulnerabilidad
1	USDA	38	25	8
2	UNITED STATES FOREST SERVICE	38	24	8
3	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	26	21	5
4	CANADIAN FOREST SERVICE	19	19	6
5	NATURAL RESOURCES CANADA	17	15	5
6	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY	13	23	0
7	UNIVERSITY OF ALASKA SYSTEM	8	24	2
8	OREGON UNIVERSITY SYSTEM	18	9	2
9	NAT RESOURCES CANADA	12	12	0
10	CSIRO	14	6	2
11	UNIVERSITY OF WASHINGTON	11	7	3
12	UNIVERSITY OF QUEBEC	9	7	3
13	FLORIDA STATE UNIVERSITY SYSTEM	6	10	0
14	UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA	12	3	0
15	UNIVERSITY OF ALBERTA	9	6	0

Las Tablas 1.1.10, 1.1.11 y 1.1.12 muestran las publicaciones más citadas que versan sobre la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático. Dichos trabajos de investigación se han publicado en revistas con un factor de impacto elevado, confirmando su importante repercusión en la comunidad científica. Muchas de estas publicaciones tratan sobre el fuego como fuerza evolutiva y su papel en la capacidad adaptativa de diversas estrategias funcionales de las plantas y otras ponen de manifiesto el efecto del cambio climático en el cambio de régimen de incendios en diferentes zonas.

Otros trabajos hacen una revisión de la sensibilidad, los impactos potenciales, la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad de diversas regiones o ecosistemas frente al cambio climático, incluyendo cambio en régimen de incendios. En este sentido trabajos como Lindner et al. (2010) consideran que la capacidad adaptativa en el sector forestal europeo es relativamente alta en las regiones boreales y templadas oceánicas, mas constreñida en las regiones templadas continentales debido a factores socioeconómicos y especialmente limitada en la región Mediterránea donde hay grandes áreas forestales manejadas extensivamente o sin manejo. Por otro lado, Gonzalez et al. (2010) exploran varios métodos para identificar las áreas vulnerables a modificar su vegetación o aquellas que pueden servir como potenciales refugios en un escenario de cambio climático. En este estudio llevado a cabo a nivel global se ha observado un desfase entre los patrones de vulnerabilidad y las prioridades geográficas de los organismos gestoras de recursos naturales, sugiriendo la necesidad de adaptar sus planes de gestión. En un contexto más centrado en los incendios forestales, Littell et al. (2009), consideran que a pesar de la posible influencia de la supresión y mitigación de incendios y de la gestión de

combustibles, el área quemada por incendios forestales sigue siendo controlada sustancialmente por el clima. Así pues, las futuras adaptaciones al cambio climático deberán considerar las variaciones estacionales y serán específicas del clima de cada zona. En ecosistemas limitados en combustibles, los tratamientos de gestión de combustible probablemente puedan mitigar la vulnerabilidad al fuego y aumentar más fácilmente su resiliencia. Sin embargo, en ecosistemas limitados por el clima, bajo condiciones climáticas extremas los incendios severos y grandes seguirán ocurriendo y representarán la mayor parte de área quemada. Millar et al. (2007) también sugieren que no hay solución única que nos permita adaptarnos a todos los desafíos futuros, especialmente en el contexto del cambio climático, y que la mejor estrategia es combinar diferentes enfoques para diferentes situaciones. Así los gestores se enfrentarán al desafío de integrar en los planes generales las estrategias de adaptación (acciones que ayuden a los ecosistemas a adaptarse a cambios futuros) y las estrategias de mitigación (acciones que permitan a los ecosistemas reducir la influencia antropogénica sobre el clima global). Según estos autores las estrategias de adaptación deberán incluir opciones de resistencia (prevención de impactos y protección de recursos de alto valor), opciones de resiliencia (mejora de la capacidad de los ecosistemas para volver a las condiciones previas a la perturbación) y opciones de respuesta (facilitación de la transición de los ecosistemas de las condiciones actuales a las nuevas). Las estrategias de mitigación deberán incluir opciones para capturar carbono y reducir emisiones de gases de efecto invernadero global. Noss (2001) señala el mantenimiento del régimen de incendios natural como una de las vías que permitan para mantener la biodiversidad y funcionalidad ecológica de los ecosistemas en un contexto de cambio climático. Por otro lado, en trabajos como el de Schelhaas et al. (2010) se propone que la adaptación a un aumento en el riesgo de incendios con el cambio climático a nivel nacional debería enfocarse a favorecer un cambio de especies forestales desde coníferas a especies de hoja ancha.

Finalmente, cabe señalar la revisión bibliográfica llevada a cabo por Kolström et al. (2011) en la que se resalta la necesidad de ajustar las políticas de prevención de incendios para hacer frente a periodos de incendios más prolongadas, a incendios más severos, a un aumento de su frecuencia, y a un mayor área expuesta a este riesgo, sobretodo en el área mediterránea. Estas medidas deberían incluir: i) modificación de la estructura forestal; ii) manejo del combustible; iii) creación de un paisaje con un mosaico que incluyera especies forestales con diferentes grados de inflamabilidad; iv) planificación de la infraestructura de ataque directo a incendios en función el comportamiento específico de cada modelo de combustible; v) la implementación de políticas para limitar el abandono de áreas quemadas y vi) acciones para prevenir la propagación de especies invasoras en dichas zonas. Estos autores consideran además que las inversiones en políticas de prevención de incendios (por ejemplo, el aumento de sensibilización pública y privada, las campañas educativas de los gestores forestales, etc.) juegan un papel muy importante en la adaptación al cambio climático.

Tabla 1.1.10. Listado de las 15 publicaciones más citadas que versan sobre “adaptación” en el ámbito de los incendios forestales y el cambio climático.

Ranking	Publicaciones (adaptación)
1	Bond et al. <i>Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems</i> . TRENDS ECOL EVOL 20:387-394 (2005).
2	Millar et al. <i>Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty</i> . ECOL APPL 17: 2145-2151 (2007).
3	Cowling, et al. <i>Plant diversity in Mediterranean-climate regions</i> . TRENDS ECOL EVOL 11:362-366 (1996).
4	Lindner et al. <i>Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems</i> . FOREST ECOL MANAG 259: 698-709 (2010).
5	De Deyn et al. <i>Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes</i> . ECOL LETT 11: 516-531 (2008).
6	Littell et al. <i>Climate and wildfire area burned in western U. S. ecoprovinces, 1916-2003</i> . ECOL APPL 19: 1003-1021 (2009).
7	Malhi et al. <i>Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest</i> . PNAS 106:20610-20615 (2009).
8	Pausas et al. <i>A burning story: The role of fire in the history of life</i> . BIOSCIENCE 59: 593-601 (2009).
9	Noss. <i>Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change</i> CONSERV BIOL 15: 578-590 (2001).
10	Hulme. <i>Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat?</i> J APPL ECOL 42: 784-794 (2005).
11	Miller et al. <i>Ecosystem collapse in pleistocene Australia and a human role in megafaunal extinction</i> . SCIENCE 309:287-290 (2005)
12	Keeley et al. <i>Fire and the Miocene expansion of C-4 grasslands</i> . ECOL LETT 8: 683-690 (2005)
13	Maracchi et al. <i>Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe</i> . CLIM CHANGE 70:117-135 (2005).
14	Gonzalez et al. <i>Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change</i> . GLOBAL ECOL BIOGEOGR 19: 755-768 (2010).
15	McMahon et al. <i>Improving assessment and modelling of climate change impacts on global terrestrial biodiversity</i> . TRENDS ECOL EVOL 26: 249- 259 (2011).

Tabla 1.1.11. Listado de las 15 publicaciones más citadas que versan sobre “vulnerabilidad” en el ámbito de los incendios forestales y el cambio climático.

Ranking	Publicaciones (vulnerabilidad)
1	Nepstad et al. <i>Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire</i> NATURE 398: 505- 508 (1999).
2	Lindner et al. <i>Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems.</i> FOREST ECOL MANAG 259: 698-709 (2010).
3	Littell et al. <i>Climate and wildfire area burned in western U. S. ecoprovinces, 1916-2003.</i> ECOL APPL 19: 1003-1021 (2009).
4	Miles et al. <i>A global overview of the conservation status of tropical dry forests</i> J BIOGEOGR 33: 491-505 (2006).
5	Malhi et al. <i>Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest.</i> PNAS 106:20610-20615 (2009).
6	Scholze et al. <i>A climate-change risk analysis for world ecosystems.</i> PNAS 103: 13116-13120 (2006).
7	Overbeck et al. <i>Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos</i> PPEES 9: 101-116 (2007)
8	Hulme. <i>Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat?</i> J APPL ECOL 42:784-794 (2005).
9	Laurance et al. <i>Positive feedbacks among forest fragmentation, drought, and climate change in the Amazon.</i> CONSERV BIOL 15: 1529-1535 (2001).
10	Gonzalez et al. <i>Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change.</i> GLOB ECOL BIOGEOGR 19: 755-768 (2010).
11	Mack et al. <i>Carbon loss from an unprecedented Arctic tundra wildfire</i> NATURE 475: 489-492 (2011).
12	Hopkins et al. <i>Charcoal evidence of the spatial extent of the eucalyptus woodland expansions and rain-forest contractions in north Queensland during the late Pleistocene.</i> J BIOGEOGR 20: 357-372 (1993).
13	Aragao et al. <i>Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia.</i> PHILOS TRANS R SOC B BIOL SCI 363:1779-1785 (2008).
14	Littell et al. <i>Forest ecosystems, disturbance, and climatic change in Washington State, USA</i> CLIM CHANGE 102: 129-158 (2010).
15	Balshi et al. <i>Vulnerability of carbon storage in North American boreal forests to wildfires during the 21st century.</i> GLOB CHANGE BIOL 15: 1491-1510 (2009).

Tabla 1.1.12. Listado de las 15 publicaciones más citadas que versan sobre “adaptación y vulnerabilidad” en el ámbito de los incendios forestales y el cambio climático.

Ranking	Publicaciones (adaptación+ vulnerabilidad)
1	Lindner et al. <i>Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems</i> . FOREST ECOL MANAG 259: 698-709 (2010).
2	Littell et al. <i>Climate and wildfire area burned in western U. S. ecoprovinces, 1916-2003</i> . ECOL APPL 19: 1003-1021 (2009).
3	Malhi et al. <i>Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest</i> . PNAS 106:20610-20615 (2009).
4	Hulme. <i>Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat?</i> J APPL ECOL 42:784-794 (2005).
5	Gonzalez et al. <i>Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change</i> . GLOB ECOL BIOGEOGR 19: 755-768 (2010).
6	Littell et al. <i>Forest ecosystems, disturbance, and climatic change in Washington State, USA</i> CLIM CHANGE 102: 129-158 (2010).
8	Kolstrom et al. <i>Reviewing the Science and Implementation of Climate Change Adaptation Measures in European Forestry</i> . FORESTS 2:961-982 (2011)
9	Gillson et al. <i>Accommodating climate change contingencies in conservation strategy</i> TRENDS ECOL EVOL 28: 135-142(2013).
10	Schroth et al. <i>Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico</i> . MITIG ADAPT STRATEGIES GLOB CHANG 14: 605-625 (2009).
11	Brondizio et al. <i>Human dimensions of climate change: the vulnerability of small farmers in the Amazon</i> . PHILOS TRANS R SOC B BIOL SCI SCIENCES 363: 1803-1809 (2008).
12	Schelhaas et al. <i>Assessing risk and adaptation options to fires and windstorms in European forestry</i> . MITIG ADAPT STRATEGIES GLOB CHANG 15: 681-701 (2010).
13	Prober et al. <i>Facilitating adaptation of biodiversity to climate change: a conceptual framework applied to the world's largest Mediterranean-climate woodland</i> . CLIM CHANGE 110: 227-248 (2012)
14	Gauthier et al. <i>Boreal forest health and global change</i> . SCIENCE 349: 819-822 (2015).
15	Nitschke et al. <i>Integrating climate change into forest management in South-Central British Columbia: An assessment of landscape vulnerability and development of a climate-smart framework</i> . FOREST ECOL MANAG 256: 313-327 (2008).

1.1.4 Conclusiones

A pesar del elevado número de artículos científicos publicados en relación al cambio climático y los incendios forestales en general, las publicaciones de trabajos científicos relacionadas más específicamente con la vulnerabilidad y adaptación a los

incendios forestales en un contexto de cambio climático son poco numerosas. Así pues, este es un campo que requiere aún un importante esfuerzo científico.

Entre los ámbitos en los que se deberían focalizar los esfuerzos de investigación están, por ejemplo: resolver las incertidumbres sobre la extensión de los impactos de cambio climático, mejorar las proyecciones de cambio climático a nivel regional, mejorar nuestra comprensión sobre las respuestas de la vegetación, cuantificar la capacidad de adaptación del sector forestal y evaluar la idoneidad de las medidas de adaptación. En cualquier caso, hay que ser conscientes que hacer frente a estas necesidades de investigación no resultará en recomendaciones estandarizadas que sirvan para cualquier tipo de ecosistema. Así pues, la clave para una adaptación exitosa de la gestión forestal al clima cambiante, debe pasar por soluciones locales combinadas con las experiencias de las medidas de adaptación disponibles con el conocimiento avanzado de la investigación básica.

Desafortunadamente, la publicación de resultados de investigación en revistas científicas especializadas no siempre influye de manera directa en la gestión o la toma de decisiones más adecuadas desde el punto de vista técnico. Sin embargo, tanto los organismos gestores como la sociedad en general requieren y esperan que la toma de decisiones esté apoyada en argumentos de solidez contrastada. Así pues, es evidente la necesidad de que científicos, gestores y sociedad establezcan cauces de comunicación adecuados en todos los sentidos.

1.1.5 Bibliografía

- Gonzalez, P., Neilson, R. P., Lenihan, J. M., & Drapek, R. J. (2010). Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 19(6), 755-768.
- Kolström, M., Lindner, M., Vilén, T., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M. J., Netherer, S., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M., Corona P. (2011). Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European forestry. *Forests*, 2(4), 961-982.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J. & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698-709.
- Littell, J. S., McKenzie, D., Peterson, D. L., & Westerling, A. L. (2009). Climate and wildfire area burned in western US ecoprovinces, 1916–2003. *Ecological Applications*, 19(4), 1003-1021.
- Millar, C. I., Stephenson, N. L., & Stephens, S. L. (2007). Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological applications*, 17(8), 2145-2151.
- Noss, R. F. (2001). Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology*, 15(3), 578-590.
- Schelhaas, M. J., Hengeveld, G., Moriondo, M., Reinds, G. J., Kundzewicz, Z. W., Ter Maat, H., & Bindi, M. (2010). Assessing risk and adaptation options to fires and windstorms in European forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(7), 681-701.

Swetnam, T. W., Allen, C. D., & Betancourt, J. L. 1999. Applied historical ecology: using the past to manage for the future. *Ecological Applications* 9(4), 1189-1206.

1.2 GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EXPERTOS EN INCENDIOS FORESTALES

Itziar R. Urbieto, M. Belén Hinojosa Centeno y Daniel Chamorro

1.2.1 Introducción

En este capítulo se presenta el estudio de analizar los principales grupos de investigación españoles dedicados a incendios forestales. El estudio se ha realizado consultando las publicaciones recientes, así como usando los contactos personales y conocimientos del grupo. Cualquier estudio de este tipo necesariamente tiene limitaciones, pues puede haber alguien que publique en materias relacionadas que no necesariamente se han incluido. En todo caso, el estudio muestra de manera fiel la mayoría de los principales grupos en España que publican regularmente sobre este tema.

1.2.2 Grupos de trabajo

A continuación, se listan los grupos ordenados alfabéticamente por comunidad autónoma e institución a la que pertenecen:

Comunidad Autónoma	Andalucía
Institución	Estación Biológica de Doñana, CSIC
Grupo	Laboratorio de SIG y Teledetección (LAST-EBD)
Investigador(es)	Ricardo Díaz-Delgado (rdiaz@ebd.csic.es)
Línea de investigación	Teledetección y SIG; ecología del paisaje; ecología del fuego; regeneración vegetal post-incendio.
Sitio web	http://www.ebd.csic.es/web/last/inicio
Dirección postal	EBD, CSIC, C/ Americo Vespucio, s/n, Isla de la Cartuja, 41092 Sevilla.

Comunidad Autónoma	Andalucía
Institución	Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla , CSIC
Grupo	Grupo de Biogeoquímica Ambiental
Investigador(es)	Francisco J. González Vila (fjgon@irnase.csic.es), Heike Knicker, Gonzalo Almendros Martín, Luís Clemente Salas, José A. González-Pérez, José María de la Rosa Arranz
Línea de investigación	Impacto de factores ambientales (entre ellos el fuego) en los ciclos biogeoquímicos del C y N, su implicación en la sostenibilidad de los ecosistemas, en el secuestro de C y N y en el cambio climático global.
Sitio web	https://www.irnas.csic.es/moss/

Dirección postal	Departamento de Geocología, Biogeoquímica y Microbiología Ambiental. IRNAS-CSIC. Avda. Reina Mercedes 10, 41012, Sevilla.
------------------	---

Comunidad Autónoma	Andalucía
Institución	Universidad de Córdoba
Grupo	LABIF-UCO, Laboratorio de Defensa contra Incendios Forestales
Investigador(es)	Francisco Rodríguez y Silva (ir1rosif@uco.es; francisorodriguezysilva@gmail.com), Juan Ramón Molina, Carmen Guerrero, Laura Ruíz, Enrique Mérida, Miguel Ángel Herrera
Línea de investigación	Prevención y extinción de incendios forestales; análisis, evaluación y planificación económica de los programas de defensa contra incendios forestales; ordenación preventiva del paisaje forestal; modelización empírica de la dinámica y energética expansiva del fuego en los incendios forestales; modelización de la toma de decisión; modelización de la predicción del peligro meteorológico de ocurrencia de incendios.
Sitio web	http://francisorodriguezysilva.com/laboratorio/
Dirección postal	Departamento de Ingeniería Forestal e incluido en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes de la Universidad de Córdoba. Edificio Leonardo da Vinci. Campus de Rabanales, 14071, Córdoba.

Comunidad Autónoma	Andalucía
Institución	Universidad de Sevilla
Grupo	Med_Soil Research Group
Investigador(es)	Antonio Jordán (ajordan@us.es), Lorena Zabala, Gema Bárcenas-Moreno, Ángel J. Gordillo-Rivero, Jorge García-Moreno, Nicasio T. Jiménez-Morillo
Línea de investigación	Efectos de los incendios forestales en los suelos, erosión, evaluación de suelos, hidrofobicidad del suelo, procesos edáficos, relación suelo/geomorfología, uso del suelo
Sitio web	http://medsoil.weebly.com/
Dirección postal	Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de Química, C/ Profesor García González, s/n 41012, Sevilla.

Comunidad Autónoma	Aragón
Institución	Universidad de Zaragoza
Grupo	PALEOQ

Investigador(es)	David Badía Villas (badia@unizar.es), Clara Martí
Línea de investigación	Gestión de recursos ambientales; espacios naturales protegidos; diseño, gestión y conservación; efectos ambientales del fuego.
Sitio web	http://iuca.unizar.es/es/grupo-de-investigacion/paleoambientes-del-cuaternario-paleoq
Dirección postal	Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica Superior, Ctra. Cuarte s/n, 22071 Huesca.

Comunidad Autónoma	Aragón
Institución	Universidad de Zaragoza
Grupo	GEOFOREST
Investigador(es)	Juan de la Riva (delariva@unizar.es), Marcos Rodrigues, M ^a Teresa Echeverría, Paloma Ibarra, Fernando Pérez-Cabello, Alberto García, Raquel Montorio, Teresa Lamelas, Antonio Montealegre
Línea de investigación	Teledetección y SIG, ecología forestal, ecología del paisaje, gestión del territorio.
Sitio web	http://geoforest.unizar.es/es/index.php
Dirección postal	GEOFOREST, IUCA, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza .

Comunidad Autónoma	Canarias
Institución	Universidad de La Laguna
Grupo	Degradación y conservación de suelos
Investigador(es)	Jesús Notario del Pino (jnotario@ull.es)
Línea de investigación	Efectos de los incendios forestales sobre el suelo
Sitio web	https://viinv.ull.es/grupos/118/
Dirección postal	Facultad de Ciencias. Sección de Biología, 1 ^a planta. Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Campus de Anchieta. Apartado de correos 456, CP 38200, La Laguna .

Comunidad Autónoma	Cantabria
Institución	Universidad de Cantabria
Grupo	GIMENA
Investigador(es)	Juan Carlos García-Codron (garciaj@unican.es), Domingo F. Rasilla, Virginia Carracedo, Carolina Garmendia, María Victoria Rivas
Línea de investigación	Climatología, incendios forestales, ecología del paisaje, riesgos naturales, cambio ambiental, ordenación territorial y patrimonio natural.

Sitio web	http://www.gimena.unican.es/contacto.html
Dirección postal	Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, Avenida de Los Castros, s/n, 39005 Santander.

Comunidad Autónoma	Cantabria
Institución	Universidad de Cantabria- CSIC
Grupo	Grupo de Meteorología de Santander
Investigador(es)	José Manuel Gutiérrez (gutierjm@unican.es), Joaquín Bedia, Sixto Herrera
Línea de investigación	Modelización climática y meteorológica, predicción numérica del tiempo, cambio climático, modelización de incendios forestales.
Sitio web	http://www.meteo.unican.es/es/main
Dirección postal	Grupo de Meteorología, Dpto. Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación, Universidad de Cantabria, Avda. Los Castros s/n, 39005 Santander. Grupo de Meteorología, Instituto de Física de Cantabria, CSIC-Universidad de Cantabria, 39005 Santander.

Comunidad Autónoma	Castilla y León
Institución	Universidad de León
Grupo	Ecología aplicada
Investigador(es)	Estanislao Luis Calabuig (eluc@unileon.es), María Leonor Calvo, Susana Suárez, María Luz Valbuena, Gemma Ansola, Elena María Marcos, Francisco García Criado, María del Camino Fernández Aláez, Margarita Fernández Aláez, María Reyes Tárrega, Eloy Bécares
Línea de investigación	Ecología del fuego, ecología del paisaje, cartografía predictiva, estudio de ecosistemas terrestres, bioindicadores forestales
Sitio web	http://www.unileon.es/grupos-investigacion/detalles-grupo.php?id=0&grp=52
Dirección postal	Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de León, Campus de Vegazana, s/n 24071 León

Comunidad Autónoma	Castilla-La Mancha
Institución	Universidad de Castilla-La Mancha
Grupo	ECOFOR, Grupo de investigación en ecología forestal y limnología

Investigador(es)	Jorge de las Heras Ibáñez (Jorge.Heras@uclm.es), Daniel Moya Navarro, José Luís Moreno Alcaraz, Raquel Alfaro Sánchez
Línea de investigación	Regeneración post-incendio, cambio global
Sitio web	https://www.uclm.es/organos/vic_investigacion/GruposUCLM/grupos.aspx?gr=198&inf=per
Dirección postal	ETSIA/CREA, Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, E.T.S. de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario. 02071 Albacete.

Comunidad Autónoma	Castilla-La Mancha
Institución	Universidad de Castilla-La Mancha
Grupo	FIREC. Ecología del Fuego y Cambio Climático
Investigador(es)	José Manuel Moreno Rodríguez (JoseM. Moreno@uclm.es), Beatriz Pérez, Belén Luna, Olga Viedma, Ivan Torres, Itziar Rodríguez, M.Belén Hinojosa, Gonzalo Zabala, Antonio Parra, Daniel Chamorro
Línea de investigación	Régimen de incendios, clima y cambio climático; paisaje e incendios forestales: dinámicas, cartografía, patrones espaciales; regeneración de la vegetación post-incendio; ecología de la germinación; fisiología de plantas y ecosistemas; biogeoquímica y ecología del suelo.
Sitio web	https://blog.uclm.es/grupofuego/
Dirección postal	Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Fábrica de Armas s/n, 45071 Toledo.

Comunidad Autónoma	Castilla-La Mancha
Institución	Universidad de Castilla-La Mancha
Grupo	-
Investigador(es)	Juan Manuel Sánchez (juanmanuel.sanchez@uclm.es)
Línea de investigación	Teledetección, métodos multi-espectrales
Sitio web	http://juanmanuelsanchezuclm.webs.com/
Dirección postal	Departamento de Física Aplicada, Universidad de Castilla-La Mancha, 02071 Albacete.

Comunidad Autónoma	Castilla-La Mancha
Institución	Universidad de Castilla-La Mancha
Grupo	
Investigador(es)	Manuel Esteban Lucas Borja (manuelesteban.lucas@uclm.es)

Línea de investigación	Gestión de ecosistemas forestales, restauración hidrológico-forestal, ecología del fuego
Sitio web	http://www.uclm.es/profesorado/manuelestebanlucas/index.htm
Dirección postal	E.T.S.I. Agrónomos de Albacete, Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética. Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Universitario s/n, 02071 Albacete.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales y Centro Tecnológico Forestal de Cataluña-CEMFOR
Grupo	Grupo de Ecología del Paisaje y Biodiversidad
Investigador(es)	Lluís Brotons Alabau (l.brotons@creaf.uab.cat), Pere Casal (pere.casals@ctfc.es), Assu Gil-Tena, José Ramón González-Olabarria, Nicolas Titeux, Enric Batllori, Luke Kelly, Alejandra Moran, Núria Aquilué, Adrián Regos, Andrea Duane, Olatz Aizpurua, Ramon Alturo,
Línea de investigación	Ecología del paisaje, monitorización de la biodiversidad y desarrollo de indicadores, desarrollo de modelos de distribución de especies
Sitio web	http://biodiversitylandscapeecologylab.blogspot.com.es/
Dirección postal	Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra. CTFC (Centro Tecnológico Forestal de Cataluña), Pujada del Seminari s/n, 25280, Solsona.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales y Universidad Autónoma de Barcelona
Grupo	Respuesta de los ecosistemas terrestres a los cambios y gradientes ambientales
Investigador(es)	Francisco Lloret (Francisco.Lloret@uab.cat), Josep Piñol Pascual, Bernat Claramunt López, Josep Barba Ferrer
Línea de investigación	Dinámica de comunidades vegetales, biología del cambio global, ecología de incendios
Sitio web	http://www.creaf.cat/es/recerca/respuesta-de-los-ecosistemas-terrestres-los-cambios-y-gradientes-ambientales
Dirección postal	Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad Autónoma de Barcelona

Grupo	Grupo de Investigación Métodos y Aplicaciones en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica GRUMETS
Investigador(es)	Xavier Pons (xavier.pons@uab.cat), Xabier Calaf, Pere Serra, Cristina Cea, Óscar González, Joan Cristian Padró, Juanjo Vidal, Alaitz Zabala
Línea de investigación	Desarrollo de metodologías para el análisis de las características y efectos de los incendios forestales, análisis espacial e interpolación de modelización climática, dinámica y ecología del paisaje incluyendo cambio global
Sitio web	http://www.grumets.uab.cat/index_cast.htm
Dirección postal	Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, 08193, Barcelona.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad Autónoma de Barcelona
Grupo	Research Group on Economic Geography, GEC
Investigador(es)	Montserrat Pallares-Barbera (montserrat.pallares@uab.cat), Anna Badia Perpinyà
Línea de investigación	Planificación del territorio y lucha contra incendios forestales, cambios de usos del suelo
Sitio web	http://grupsderecerca.uab.cat/economicgeography/content/members-0
Dirección postal	Departamento de Geografía, Edificio B, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra 08193, Barcelona.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Barcelona
Grupo	-
Investigador(es)	Ramón Vallejo (vvallejo@ub.edu)
Línea de investigación	Relaciones suelo-planta, restauración forestal, incendios forestales, materia orgánica del suelo
Sitio web	http://www.ub.edu/bioveg/fisioveg/cas/Ramon_Vallejo_Calzada.htm
Dirección postal	Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Av. Diagonal, 643, 08028 Barcelona

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Barcelona
Grupo	-
Investigador(es)	Beatriz Duguy (bduguy@ub.edu)

Línea de investigación	Regeneración vegetal post-incendio, restauración forestal, ecología del paisaje, tecnologías de información geográfica, modelización de los incendios forestales.
Sitio web	http://www.ub.edu/bioveg/fisioveg/cas/Beatriz_Duguy_Pedra.htm
Dirección postal	Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Av. Diagonal, 643, 08028 Barcelona

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Barcelona
Grupo	-
Investigador(es)	Mari Carmen Llasat (carmell@am.ub.es)
Línea de investigación	Clima, Cambio climático
Sitio web	http://barcelona.academia.edu/MariaCarmenLlasat
Dirección postal	Departamento de Astronomía y Meteorología, Universidad de Barcelona, Av. Diagonal 647, Barcelona, 08028

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Barcelona
Grupo	Grup de Recerca Ambiental Mediterrània, GRAM,
Investigador(es)	Xavier Úbeda, Luis Oteiro
Línea de investigación	Ecología del fuego, quemas prescritas, hidrología, erosión
Sitio web	http://www.ub.edu/gram/SITE_ENG/inicio.htm
Dirección postal	Facultat de Geografia i Història..Montalegre, 6 08001 Barcelona.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Girona
Grupo	Grupo de Investigación en Estadística, Econometría y Salud, GRECS.
Investigador(es)	Marc Saez (marc.saez@udg.edu), Laura Serra, Diego Varga
Línea de investigación	Modelización, estadística espacial, análisis geográfico
Sitio web	http://www3.udg.edu/fcee/economia/english/greecs.htm
Dirección postal	Grupo de Investigación en Estadística, Econometría y Salud (GRECS), Universidad de Girona, Campus de Montilivi, 17071 Girona

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Lleida
Grupo	
Investigador(es)	Cristina Vega-García (cvega@eagrof.udl.es), Sergi Costafreda-Aumedes

Línea de investigación	Teledetección y SIG, modelización de incendios, ecología espacial
Sitio web	
Dirección postal	Departamento de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Lleida. Alcalde Rovira Roure, 191 -E25198 Lleida.

Comunidad Autónoma	Cataluña
Institución	Universidad de Lleida
Grupo	
Investigador(es)	Domingo Molina Terrén (dmolina@pvcf.udl.cat), Adrian Cardil
Línea de investigación	Prevención y extinción de incendios forestales, uso del fuego prescrito, modelización de incendios forestales
Sitio web	http://www.deptetsea.udl.cat/dept/pvcf/spa/personal/molina.html
Dirección postal	Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal. ETSA. Universidad de Av. Alcalde Rovira Roure, 191 - E25198 Lleida.

Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Institución	Centro de Estudios sobre Desertificación, CSIC
Grupo	
Investigador(es)	Juli G. Pausas
Línea de investigación	Ecología del fuego, ecología del paisaje, regeneración post-incendio, modelización de la dinámica de la vegetación
Sitio web	http://www.uv.es/jgpausas/
Dirección postal	CIDE, CSIC, campus IVIA, Montcada, 46113, Valencia.

Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Institución	Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)
Grupo	CEAM-Programa de investigación forestal
Investigador(es)	José Antonio Alloza Millán (jantonio@ceam.es), Jaime Baeza Berna, Ramón Vallejo Calzada, Alberto Vilagrosa Carmona, Alejandro Valdecantos Demá
Línea de investigación	Prevención y mitigación de incendios forestales, restauración forestal
Sitio web	http://www.ceam.es/GVAceam/programas/FORESTAL/forestal.htm
Dirección postal	Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). Parque Tecnológico, Calle 4, 46980 Valencia

Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Institución	Universidad de Valencia
Grupo	Grupo de Teledetección Térmica, GTT
Investigador(es)	Vicente Caselles (vicente.caselles@uv.es), César Coll, Enric Valor, Raquel Niclós
Línea de investigación	Teledetección, Incendios forestales
Sitio web	http://www.uv.es/gtt/
Dirección postal	Física de la Tierra y el Departamento de Termodinámica de la Universidad de Valencia, Burjassot 46100, Valencia

Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Institución	Universidad de Valencia
Grupo	Soil Erosion and Degradation Research Group"-SEDER
Investigador(es)	Artemi Cerdà (artemio.cerda@uv.es), Merche B. Bodí
Línea de investigación	Efectos de los incendios forestales en los suelos, erosión, hidrología de suelos, desertificación
Sitio web	http://www.uv.es/~acerda/
Dirección postal	Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. Blasco Ibañez, 28. 46010-Valenci

Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Institución	Universidad Miguel Hernández
Grupo	GEA, Grupo de Edafología Ambiental
Investigador(es)	Jorge Mataix-Solera (jorge.mataix@umh.es), César Guerrero, Vicky Arcenegui, Jorge Mataix-Beneyto.
Línea de investigación	Efectos del fuego en las propiedades del suelo, índices de calada de suelos, repelencia del suelo al agua, estabilidad de agregados
Sitio web	http://www.umh.es/contenido/Investigacion/:uor_859_10/datos_es.html
Dirección postal	Avda. de la Universidad s/n, 03202 ELCHE (Alicante)

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán (CIFA)
Grupo	Protección forestal
Investigador(es)	José Antonio Vega, P. Pérez- Gorostiaga, T. Fonturbel, P. Cuiñas, Cristina Fernández, E. Jiménez, José Ramón Pérez
Línea de investigación	Prevención y extinción de incendios; dendrocronología del fuego; efectos en arbolado, agua y suelo; regeneración post-incendio.

Sitio web	http://www.sp.inia.es/en-us/Investigacion/centros/CIFOR/departamentos/srf/Selvired/Paginas/CIFA.aspx
Dirección postal	Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán. Carretera de Marín km 4. Apdo. 127. 36080. Pontevedra.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia
Grupo	Grupo de Bioquímica, Calidad y Conservación de Suelos
Investigador(es)	Montserrat Díaz-Raviña (mdiazr@iiag.cesga.es), Carmen Trasar, Serafín J. González, M ^a Tarsy Carballas
Línea de investigación	Manejo sostenible, conservación y recuperación de suelos forestales, en un escenario de cambio climático global.
Sitio web	http://www.iiag.csic.es/bioquimica/grupo1.html
Dirección postal	Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Avda de Vigo s/n. 15780 Santiago de Compostela, A Coruña.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Santiago de Compostela
Grupo	PROEPLA, Proyectos y Planificación
Investigador(es)	Manuel Marey-Pérez (manuel.marey@usc.es)
Línea de investigación	Proyectos y planificación, modelización geoespacial.
Sitio web	http://proepla.com/equipo/
Dirección postal	Departamento de Ingeniería Agroforestal, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, R/Benigno Ledo, Campus Universitario, 27002 Lugo.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Santiago de Compostela
Grupo	
Investigador(es)	Wenceslao González-Manteiga (wenceslao.gonzalez@usc.es)
Línea de investigación	Modelización de incendios forestales
Sitio web	http://eio.usc.es/pub/wences/
Dirección postal	Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Facultad de Matemáticas, Universidad de Santiago, 15782 Santiago de Compostela.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Santiago de Compostela
Grupo	GI-2083 - Economía Ecológica y de los Recursos Naturales

Investigador(es)	María Luisa Chas Amil (marisa.chas@usc.es), Xoán Ramón Doldán, Emilio Nogueira
Línea de investigación	Economía ecológica, incendios forestales, economía de los recursos naturales
Sitio web	http://imaisd.usc.es/grupoficha.asp?idpersoatipogrupo=193322&i=es&s=-2-26-148
Dirección postal	Departamento de Economía Cuantitativa, Universidad de Santiago, Baixada Burgo das Nacións s/n, 15782 Santiago de Compostela

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Santiago de Compostela
Grupo	GI-2083 - Economía Ecológica y de los Recursos Naturales
Investigador(es)	María Luisa Chas Amil (marisa.chas@usc.es), Xoán Ramón Doldán, Emilio Nogueira
Línea de investigación	Economía ecológica, incendios forestales, economía de los recursos naturales.
Sitio web	http://imaisd.usc.es/grupoficha.asp?idpersoatipogrupo=193322&i=es&s=-2-26-148
Dirección postal	Departamento de Economía Cuantitativa, Universidad de Santiago, Baixada Burgo das Nacións s/n, 15782 Santiago de Compostela.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Santiago de Compostela
Grupo	Ecología del Fuego
Investigador(es)	Mercedes Casal (mercedes.casal@usc.es), Otilia Reyes, Margarita Basanta
Línea de investigación	Ecología del fuego, regeneración post-incendio, restauración.
Sitio web	http://imaisd.usc.es/grupoficha.asp?idpersoatipogrupo=75126&i=es&s=-2-26-148
Dirección postal	Departamento de Biología Funcional. Rúa Lope Gómez de Marzoa, s/n.Campus Vida. 15782, Santiago de Compostela.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Vigo
Grupo	
Investigador(es)	Marcos Alvarez-Díaz (marcos.alvarez@uvigo.es)
Línea de investigación	Economía de los recursos naturales, modelización.
Sitio web	http://marcos.alvarez.webs.uvigo.es/
Dirección postal	Departamento de Fundamentos da Análise Económica e Historia e Institucións Económicas, Universidad de Vigo, Lagaos-Marcosenxde s/n, 36310 Vigo.

Comunidad Autónoma	Galicia
Institución	Universidad de Vigo
Grupo	Fisiología & Biotecnología Vegetal
Investigador(es)	Elena Benito (rueda@uvigo.es)
Línea de investigación	Procesos de degradación física del suelo. Efectos de los incendios forestales sobre los suelos. Repelencia al agua del suelo.
Sitio web	http://bioloxia.uvigo.es/es/20-listado-de-profesores/107-benito-rueda-elena
Dirección postal	Facultad de Biología, Edificio de Ciencias Experimentales Universidad de Vigo, Lagaos-Marcosenxde s/n, 36310 Vigo.

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Centro de Ciencias Humanas y Sociales del CSIC
Grupo	Laboratorio de Espectro-radiometría y Teledetección Ambiental
Investigador(es)	María Pilar Martín (mpilar.martin@cchs.csic.es), Javier Martínez-Vega, David Riaño, Lara Vilar
Línea de investigación	Incendios forestales, estrés hídrico de la vegetación, estimación de biomasa, modelos de combustible, cartografía de áreas quemadas, cambio global
Sitio web	http://www.investigacion.cchs.csic.es/espectroradiometria/
Dirección postal	Instituto de Economía, Geografía y Demografía-CSIC, Albasanz 26-28, 28037 Madrid.

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Centro de Investigación Forestal-INIA
Grupo	
Investigador(es)	Antonio Vázquez de la Cueva (vazquez@inia.es)
Línea de investigación	Interacciones entre el régimen de incendios y los paisajes forestales en el contexto del cambio global
Sitio web	http://wwwsp.inia.es/Investigacion/centros/CIFOR/departamentos/ecofor/personalgenetica/Documents/cv%20A%20VAZQUEZ%20DE%20LA%20CUEVA.pdf
Dirección postal	Dpto. Ecología y Genética Forestal. Centro de Investigación Forestal, CIFOR-INIA, Ctra. A Coruña km 7, E-28040 Madrid.

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Centro de Investigación Forestal-INIA (Madrid)-Xunta de Galicia

Grupo	Laboratorio de Incendios forestales
Investigador(es)	Javier Madrigal, Mercedes Guijarro, Carmen Hernando (lara@inia.es)
Línea de investigación	Caracterización de los combustibles forestales, ensayos de inflamabilidad y comportamiento del fuego
Sitio web	http://uminfor.agripa.org/
Dirección postal	Laboratorio de Incendios forestales. Dpto. Selvicultura y Gestión de Sistemas Forestales, CIFOR, INIA. Crta Coruña Km 7,5 (salida 8) 28040 Madrid

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Universidad Carlos III
Grupo	
Investigador(es)	Santiago Fernández-Muñoz (scfernan@hum.uc3m.es)
Línea de investigación	Incendios forestales, geografía humana
Sitio web	http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/dpto_hum_geo_hist_arte/miembros_pag/santiago_fernandez_munoz
Dirección postal	Departamento de Humanidades, Historia, Geografía y Arte Universidad Carlos III, Av. Universidad 22, Colmenarejo 28250

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Universidad de Alcalá
Grupo	GITA, Grupo de Teledetección Ambiental
Investigador(es)	Emilio Chuvieco (emilio.chuvieco@uah.es), Inmaculada Aguado, Francisco Javier Salas
Línea de investigación	Teledetección, cartografía de áreas quemadas, estimación del contenido de humedad del combustible, índices de riesgo de incendio, impacto del área quemada sobre la dinámica global de la vegetación.
Sitio web	https://geogra.uah.es/gita/
Dirección postal	Departamento de Geografía y Geología, Universidad de Alcalá, Colegios 2, 28801 Alcalá de Henares.

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Universidad Politécnica de Madrid
Grupo	ECOGESFOR, Ecología y Gestión Forestal Sostenible
Investigador(es)	Ramón Elena-Rosselló (ramon.elena.rossello@upm.es), Santiago Saura, Valentín Gómez, Carmen Martín
Línea de investigación	Ecología forestal, ecología del paisaje, climatología forestal, modelización biogeoclimática del territorio
Sitio web	http://www.ecogesfor.org/presentacion.html
Dirección postal	Escuela de Ingeniería Forestal y del Medio Natural (EUIT Forestal), Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid

Comunidad Autónoma	Madrid, Comunidad de
Institución	Universidad Rey Juan Carlos
Grupo	
Investigador(es)	Raul Romero Calcerrada (raul.romero_calcerrada@urjc.es)
Línea de investigación	Incendios Forestales. Ecología del Paisaje. Sistemas de Información Geográfica. Cartografía Temática. Teledetección
Sitio web	http://www.escet.urjc.es/~pad/WEB2005/INVESTIGACION/EQUIPO/RaulRomero_EN.htm
Dirección postal	Departamento de Tecnología Química y Ambiental, Universidad Rey Juan Carlos, Tulipán s/n, 28933 Mostoles, Madrid.

1.2.3 Conclusiones

Del estudio se deduce que la mayoría de comunidades autónomas, exceptuando Principado de Asturias, Extremadura, Región de Murcia, Comunidad Foral de Navarra e Islas Baleares, cuentan con algún grupo de investigación que de forma regular trabaja sobre incendios forestales. Adicionalmente, cabe decir que a lo largo de toda la geografía española los diferentes grupos de investigación que trabajan sobre incendios forestales abarcan una extensa variedad de disciplinas que van desde la teledetección o la sociología, hasta la ecología vegetal o la edafología. Así pues, España cuenta con un destacable y multidisciplinar potencial investigador que en principio podría hacer frente a los retos que pueda suponer la investigación sobre medidas adaptativas relacionadas con los incendios forestales en un contexto de cambio climático. A esto se añade que, aunque estos son los principales grupos de investigación que regularmente trabajan en temas relacionados con incendios forestales, son más los investigadores españoles que a lo largo de su trayectoria científica han podido trabajar puntualmente en esta temática.

1.3 FUENTES ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS

Mónica M. Fernández Ramiro y Carolina Quesada Cortés

1.2.1 Introducción

La existencia de bases de datos con las cifras de incendios forestales en sus variables básicas es fundamental para poder llevar a cabo cualquier tipo de estudio sobre los mismos en nuestro país. Además, estas bases de datos permiten desarrollar una estadística de incendios, lo que constituye una potente herramienta de análisis de resultados que permite obtener, mediante cruce de campos, conclusiones sobre numerosos aspectos de la prevención contra incendios susceptibles de ser actualizados y mejorados.

A continuación, se presentan las fuentes estadísticas de incendios existentes en la actualidad, tanto a nivel nacional como autonómico.

1.2.2 Ámbito nacional

El Artículo 28 de la Ley 43/2003 de Montes otorga al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal, la coordinación de la elaboración de la Estadística Forestal Española, dentro de la cual se incluyen los incendios forestales, de los que existe una base de datos de ámbito nacional.

Esta base de datos, Estadística General de Incendios Forestales (EGIF), con datos de los incendios ocurridos desde el año 1968, se genera y se actualiza constantemente mediante el siguiente proceso:

- *Fuentes administrativas de los datos:* La información se recopila mediante la cumplimentación, por parte de los servicios competentes de cada comunidad autónoma, de los Partes de Incendio y sus Parte/es de Monte/es asociado/os. Los partes de incendio son formularios con más de 150 campos a cumplimentar para cada incendio forestal. De esta forma se recogen todos los incendios forestales ocurridos en el territorio nacional.
- *Extracción de la información:* los servicios autonómicos correspondientes extraen la información a partir de los datos básicos recogidos a nivel provincial, homogeneizándolos y agrupándolos de acuerdo al modelo de datos establecido. Estos datos se aglutinan en una base de datos ACCES para su posterior envío –una vez cerrado el año en curso- a la unidad estadística responsable del MAGRAMA.
- *Procesamiento de la información:* Una vez recibido el fichero ACCES de cada provincia, la unidad estadística del MAGRAMA –concretamente del Área de Defensa contra Incendios Forestales ADCIF- realiza un chequeo automático y otro chequeo manual para comprobar la coherencia de los datos y solicitar, en caso de que se considere pertinente, las aclaraciones o correcciones necesarias.

Una vez depurada y procesada, la información se incorpora a la base de datos definitiva (EGIF), que contiene los datos de todos los incendios ocurridos hasta la fecha, y posteriormente se devuelve en el mismo formato a las CCAA. Esta base de datos SQL

Server se utiliza como repositorio, para consulta de datos históricos y para salida de informes de la Estadística General de Incendios.

Toda la estadística definitiva y las publicaciones que anual y quinquenalmente el MAGRAMA elabora a partir de esta base de datos, se encuentran disponibles en el siguiente enlace:

Sitio web	http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx
-----------	---

1.2.3 Ámbito autonómico

Tal como se ha descrito anteriormente, la metodología establecida para la creación y mantenimiento de la base datos nacional de incendios forestales incluye el reenvío de la información a las comunidades autónomas, una vez procesada por el ADCIF. Por lo tanto, se deduce que cada comunidad autónoma dispone de su propia base de datos de incendios forestales con la misma información y formato (ACCES) que la base de datos nacional.

A continuación, se listan las direcciones web desde las que se puede acceder a dicha información:

- **Andalucía:**

La Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio dispone y publica estadísticas anuales de incendios forestales en el marco del plan INFOCA.

Sitio web	http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=560d32529f82d410VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=7c162a4276d6b410VgnVCM2000000624e50aRCRD
-----------	---

- **Aragón:**

El Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad pública estadísticas anuales y de evolución por decenios.

Sitio web	http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/MA_MedioForestal/IncendiosForestales/ci.07_ESTADISTICAS_INCENDIOS_MEDIO_FORESTAL_detalleDepartamento?channelSelected=302890292fb3a210VgnVCM100000450a15acRCRD
-----------	---

- **Principado de Asturias:**

La Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales cuenta con una aplicación que permite descargar estadísticas del número de incendios forestales y superficie afectada según causa, así como las especies arbóreas afectadas por incendios forestales, para el periodo 2008 a 2014. En 2016 el gobierno del Principado ha sacado a concurso una licitación para contratar a una empresa para que elabore la estadística de incendios forestales a través de la aplicación Estadística General para Incendios Forestales (EGIF).

Sitio web	http://www.sadei.es/es/cargarAplicacionIndiceTematico.do?esCuadro=true&identificador=12545
-----------	---

- **Islas Baleares**

No se ha encontrado disponible en la web la base de datos de incendios de la comunidad.

- **Canarias**

Comunidad Autónoma de Canarias: El Instituto Canario de Estadística publica series anuales de incendios forestales de Canarias, con datos desde 1983. Dispone de datos de incendios según la fecha y hora, las causas, el tiempo de reacción, el tamaño y el tipo de superficie afectada por islas desde el año 2000.

Sitios web	http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/piac/temas/biodiversidad/medidas-y-factores/incendios-forestales/medidas-prevencion-control/estadisticas-incendios/
	http://www.gobiernodecanarias.org/istac/jaxi-istac/menu.do?uripub=urn:uuid:1c9aed0f-ad65-4b50-b2a2-63d1559cb720

- **Cantabria**

El Instituto Cántabro de Estadística (ICANE) publica en su web, datos estadísticos a nivel regional de incendios forestales por tipo de siniestro y por superficie para el periodo 2003-2015

Sitio web	http://www.icane.es/territory-environment/environment
-----------	---

- **Castilla y León**

Mediante diferentes link se puede acceder a las estadísticas de incendios desde 2004 hasta la actualidad. Adicionalmente, la Junta de Castilla y León difunde a diario, durante la vigencia de la campaña de incendios, dos partes informativos con los datos significativos de los incendios forestales registrados en la Comunidad. De acuerdo con lo establecido por el operativo, desde 2004 se mantiene como pauta habitual el envío de estos partes a los medios de comunicación, uno por la mañana y otro por la tarde, a partir de la información recopilada por los técnicos a las 10.00 horas y 19.00 horas. En dichos partes se reflejan los incendios iniciados desde el parte anterior, así como los medios de extinción que han trabajado durante ese periodo. Además figuran los incendios de partes anteriores que aún no estén extinguidos y los incendios en los que falte algún dato por aportar, como su superficie, causa, etc.

Sitios web	http://www.medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla66y33/1131977458180/ / /
	http://www.comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100/1284587172245/ / /
	http://www.comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla66y33/1284333833575/ / /

- **Castilla-La Mancha**

La Junta de Comunidades cuenta con una aplicación que permite descargar estadísticas del número de conatos e incendios forestales, así como la superficie afectada (arbolada y desarbolada), para el periodo 2000 a 2014. Adicionalmente se da acceso web a un Sistema de Información de Incendios Forestales enfocado para los medios de comunicación, desde el que se accede entre otra información a la estadística de incendios de la última campaña.

Sitios web	http://www.ies.jccm.es/estadisticas/por-tema/medio-fisico/medio-ambiente/incendios-forestales/
	http://agricultura.jccm.es/fidias08/consulta/forms/fidif001.php

- **Cataluña**

El Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Generalitat de Cataluña, tiene disponibles en la web estadísticas de incendios forestales con datos desde 1986 a 2015.

Sitio web	http://www.ies.jccm.es/estadisticas/por-tema/medio-fisico/medio-ambiente/incendios-forestales/
	http://agricultura.jccm.es/fidias08/consulta/forms/fidif001.php

- **Comunidad Valenciana**

El Portal Estadístico de la Comunidad Valenciana dispone de datos publicados en la web desde el año 2010.

Sitio web	http://www.ive.gva.es/
-----------	---

- **Extremadura**

La Consejería de Medioambiente y Rural, Políticas Agrarias y del Territorio, a través del Servicio de Prevención y Extinción de Incendios Forestales publica en su web estadísticas anuales de incendios para el periodo comprendido entre los años 2004 y 2010.

Sitio web	http://www.infoex.info/estadisticas/
-----------	---

- **Galicia**

El Portal Open Data de la Xunta de Galicia (Abert@s) dispone y tiene publicadas estadísticas de incendios forestales con datos desde el año 2001 hasta la actualidad.

Sitio web	http://abertos.xunta.gal/catalogo/economia-empresa-emprego/-/dataset/0147/incendios-forestales
-----------	---

- **Comunidad de Madrid**

El Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid dispone y publica en su web estadística de incendios forestales con datos desde el año 2003.

Sitio web	http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/sociales/estructu_mfa.htm
-----------	---

- **Región de Murcia**

Desde el Centro Regional de Estadística de Murcia se ofrecen datos de la evolución de la superficie afectada por incendios forestales según municipios y tipo de vegetación del 2011-2013.

Sitio web	http://econet.carm.es/web/crem/inicio/-/crem/sicrem/pm7/sec48.html
-----------	---

- **Comunidad Foral de Navarra**

El Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra dispone en su web de un resumen de Indicadores Básicos, entre los que, en el apartado “Salud de los bosques”, figuran y están disponibles datos estadísticos sobre número de incendios y superficie afectada por ellos.

Sitio web	http://www.navarra.es/home_es/Gobierno+de+Navarra/Estadistica/Indicadores+basicos+de+Navarra/default.htm
-----------	---

- **País Vasco**

El Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad tiene disponibles, en la web del Gobierno Vasco, datos estadísticos de incendios forestales en esta comunidad desde 1995 hasta 2014.

Sitio web	http://www.nasdap.ejgv.euskadi.eus/r50-774/es/contenidos/estadistica/sforestal_incendios/es_dapa/sforestal_incendios.html
-----------	---

- **La Rioja**

La Dirección General de Medio Natural (Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente) del Gobierno de La Rioja publica datos estadísticos de incendios forestales en esta comunidad desde el año 1999.

Sitio web	http://www.larioja.org/estadistica/es/are
-----------	---

1.2.4 Conclusiones

Toda esta estadística de incendios constituye una fuente de información de enorme valor para el estudio y análisis de la evolución temporal de diferentes aspectos de los incendios forestales, como son su ocurrencia, la superficie y tipo de vegetación afectada, el foco o lugar de inicio, las condiciones meteorológicas en el momento de inicio y las causas, entre otros.

El estudio de la tendencia temporal de cada uno de estos factores, junto con los datos (meteorológicos, de vegetación, etc.) aportados por los horizontes previstos de cambio climático, ponen sobre la mesa toda la información necesaria para crear modelos de predicción del comportamiento de los incendios forestales en un escenario de cambio climático. Así mismo, y de forma simultánea, la información disponible sobre los futuros escenarios de cambio climático puede servir para detectar las modificaciones que sea necesario establecer en la recogida o/y procesamiento de los datos para una adecuada adaptación al cambio climático de las actuales fuentes estadísticas de incendios forestales.

1.4 FUENTES CARTOGRÁFICAS DE INCENDIOS

Olga Viedma Sillero, Mónica M. Fernández Ramiro y Carolina Quesada Cortés.

1.4.1 Introducción

En este apartado se hace un listado de las fuentes cartográficas tanto a nivel mundial, europeo, nacional o autonómico. La revisión de fuentes se ha hecho en base al conocimiento de las mismas o basándose en una revisión bibliográfica de trabajos científicos que aportan una cartografía de los incendios. Para cada uno de los niveles se aportan datos de la web donde puede obtenerse dicha cartografía, así como otra información pertinente.

1.4.2 Productos cartográficos a nivel global

- *WMS GBS 1982-1999 (GLOBAL BURNT SURFACES 1982-1999)*

La Comisión Europea con el Instituto para el Medio Ambiente y la Sostenibilidad -Unidad Mundial de Vigilancia de la Vegetación- ha procesado los datos correspondientes a las Superficies Quemadas Mundiales para el período 1982-1999 (GBS 1982-99). Se trata de un producto derivado del conjunto diario de datos de NOAA-AVHRR GAC de 8km (1982-1999). El producto final es una cartografía de la Probabilidad de Fuego Estacional Global 1982-1999 en formato GeoTIFF.

Sitio web	http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/fire_probability_82-99/download_fire_prob_maps_82-99.php
-----------	---

- *WMS GBA2000*

La Unidad Global de Control de Vegetación (GVM) del Centro Común de Investigación (CCI), en asociación con otras seis instituciones, tuvo la iniciativa Global Burnt Area - 2000 (GBA2000), con el objetivo específico de elaborar un mapa de las zonas quemadas a nivel mundial para el año 2000, utilizando imágenes de satélite de resolución media (1 km) proporcionadas por el sistema SPOT-Vegetation y para obtener estadísticas de área quemada por tipo de cobertura vegetal. Tres productos están disponibles para cada mes a diferentes resoluciones: número total de píxeles identificados como quemados por celda de cuadrícula; porcentaje de píxeles quemados en esa cuadrícula y porcentaje de píxeles quemados respecto a los píxeles con vegetación.

Sitios web	http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/burnt_areas_gba2000/gba_statistic_s.php
	http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/burnt_areas_gba2000/gba_data.php

- *WMS GLOBSCAR: ATSR WORLD BURNED SURFACE ATLAS*

El proyecto GLOBSCAR fue iniciado en 2001 como parte del Programa de Datos para Usuarios de la Agencia Espacial Europea (ESA) con el objetivo de producir mapas mensuales globales de áreas quemadas usando datos diarios del año 2000 del instrumento ATSR-2 (Along Track Scanning Radiometer) a bordo del satélite de ESA, ERS-2. Los productos GLOBSCAR están disponibles en formato ASCII y vector.

Sitios web	http://www.geosuccess.net
	http://proba-v.vgt.vito.be/
	http://land.copernicus.eu/global/products/ba

- *WMS GLOBCARBON (1997-2003)*

GLOBCARBON desarrollado por la ESA, utiliza información generada por el sensor SPOT_VEGETATION y los datos de los sensores ATSR2 (a bordo del ERS2) y AATSR (a bordo del ENVISAT). La resolución espacial es 1.000 m y la temporal de 1 día entre los años 1998 y 2007. Lo más significativo del objetivo del proyecto GLOBCARBON fue el planteamiento de la generación de la información lo más independiente posible del sensor utilizado, a fin de que el servicio tuviera continuidad temporal y los productos pudieran seguir generándose utilizando otras fuentes. El servicio se centra en el desarrollo de un sistema para generar estimaciones globales de: 1) incendios - ubicación, tiempo, área afectada; 2) reflectancia; 3) fAPAR y LAI y 4) ciclo de crecimiento de la vegetación - tiempo, duración, variabilidad espacial y temporal.

Sitio web	http://www.fao.org/gtos/tcopjs4.html
-----------	---

- *WMS GLOBAL BURNT AREAS 2000-2007 (L3JRC)*

Este proyecto ofrece una cartografía de área quemadas entre 2000 y 2007 a una resolución espacial moderada (1 km²) y alta resolución temporal debido al sensor SPOT VEGETATION. Además, el producto ha sido evaluado frente a un gran número de imágenes de Landsat TM y una serie de productos regionales derivados de medios in situ o remotos. Se puede descargar un producto binario y un producto ASCII.

Sitios web	http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/burnt_areas_L3JRC/download_l3jrc.php
	http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/burnt_areas_L3JRC/GlobalBurntAreas2000-2007.php

- *WMS PROGRAMA COPERNICUS: Global Land Service*

El programa COPERNICUS provee de cartografía de incendios entre 2014-2016. Toda la información es descargable desde web. Posee dos productos procedentes del sensor PROBA-V (continuación de SPOT) desde 2014: 1) Burned Area 300m V1 (102 products) y 2) Burned Area 1km V1 (4431 products). El producto "Burnt Area" es un compuesto de 10 días, actualizado diariamente con la fecha de los nuevos incendios

detectados se muestra en una cuadrícula de latitud / longitud regular (1/336°). El nombre del archivo da la fecha del último día del período de composición.

Sitios web	http://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/Application.html#Home
	http://land.copernicus.vgt.vito.be/PDF/portal/Application.html#Browse;Root=513584;Time=NORMAL,NORMAL,-1,,,-1,,

- *WMS PROGRAMA COPERNICUS: Management Emergency Service*

El servicio de emergencias de la UE (COPERNICUS) ofrece diversos servicios entre los que destacan el “Rapid Mapping” que consiste en la provisión rápida (en horas o días) de información geoespacial para apoyar las actividades de gestión de emergencias inmediatamente después de un evento. Los productos son estandarizados. Hay tres categorías de mapas ofrecidos: mapas de referencia, mapas de delineación (que proporcionan una evaluación de la extensión del evento) y mapas de clasificación (que proporcionan una evaluación del grado de daño y su distribución espacial).

Sitio web	http://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR127/DELINEATION/ALL
-----------	---

- *WMS ATSR World Fire Atlas*

Este servicio web ofrece cartografía mensual de puntos calientes (incendios activos) y se pueden descargar libremente (no se requiere registro). Ofrece como productos los Mapas globales de incendios mensuales desde junio de 1995 hasta marzo de 2012 utilizando datos: ATSR-2 datos nocturnos (1995-2012) y AATSR datos nocturnos (2003-2012). El mayor problema de ATSR es la subestimación global del número de puntos calientes (solo se detectan los incendios que ocurren por la noche).

Sitio web	http://due.esrin.esa.int/page_wfa.php
-----------	---

- *WMS Producto Fire_CCI*

Los productos Fire CCI BA se obtuvieron combinando la información espectral de MERIS y la información térmica de los productos de incendios activos de MODIS. La versión 4.1 del conjunto de datos Fire_CCI BA está disponible para los años 2005 a 2011 en dos resoluciones diferentes: píxel (~ 300 m). El producto global se proporciona en áreas continentales, y en archivos mensuales en formato GeoTIFF. Las capas de los archivos incluyen la fecha de detección de incendios, el nivel de confianza y la información de cobertura del píxel quemado, extraída del producto CCI de la cubierta terrestre y 2) rejilla (0,25°) que se proporciona como archivos de rejilla global de 15 días. Incluyen información sobre el área total quemada en cada celda, el error estándar, el número de parches y el área total quemada por tipo de cubierta de tierra. Los productos de área quemada cubrirán la serie temporal 2000-2017.

Sitio web	http://www.esa-fire-cci.org/
	https://geogra.uah.es/fire_cci/

- *WMS GFIMS: Sistema Global de Gestión de Información sobre Fuegos*

El Sistema Global de Gestión de la Información sobre Incendios (GFIMS) integra tecnología de detección remota y SIG para entregar los puntos de inicio/incendios e información sobre áreas quemadas derivados de MODIS a los administradores de recursos naturales de todo el mundo. El GFIMS es un sistema de monitoreo que depende del Departamento de Recursos Naturales (NRD) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Este producto deriva del sistema FIRMS (Fire Information for Resource Management System) desarrollado en la Universidad de Maryland con fondos de la NASA. El GFIMS complementa al FIRMS en tiempo casi real proporcionando datos y servicios a los proyectos de vigilancia y emergencia de todo público en general. Este sistema de alarma global de incendios forestales pone a disposición del usuario una serie de servicios entre los que destacan, además del servicio de alerta por email, un visualizador WebGIS, un servidor WMS, o la descarga de cartografía de hotspots, todos ellos disponibles en la web del proyecto.

Sitio web	http://www.fao.org/nr/gfims/gf-home/en/
-----------	---

- *WMS GFIMS: Incendios Activos*

GFIMS proporciona datos de puntos calientes de incendios activos de la Colección 5 de MODIS, en una variedad de formatos descargables. Los archivos de texto de incendios activos/hotspot diarios de los últimos 2 meses, se pueden descargar desde FTP. Los incendios activos en formato shapefile, están disponibles para las últimas 24 horas, 48 horas y períodos de 7 días.

Sitios web	http://www.fao.org/nr/gfims/datos-de-incendios-activos/es/
	ftp://mapsftp.geog.umd.edu (archivos ascii)
	http://www.fao.org/nr/gfims/datos-de-incendios-activos/archivos-de-forma/es/ (archivos .shp)

- *WMS Productos CMG (Climate Modeling Grid)*

Los productos CMG de incendios son resúmenes estadísticos por cuadrícula de la información de píxeles de incendios, para el uso en modelos regionales y globales. Los productos son proporcionados en resolución espacial 0.5° en períodos mensuales y de 8 días. Los productos de CMG están disponibles a través de FTP.

Sitios web	https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/active-fire-data#ed-firms-firemap
	ftp://fuoco.geog.umd.edu/modis/C5/cm/

- *WMS Datos de Incendios Activos: VIIRS I-Band 375 m*

A través de la NASA se puede obtener el producto de fuego activo VIIRS 375 m (VNP14IMGTDL_NRT) que es el último producto que se agrega a FIRMS. Los datos de 375 m complementan las detecciones de incendios MODIS. Las coordenadas de

incendios activos para cada día del año se pueden descargar desde la web. Poseen datos de incendios desde 2013.

Sitios web	https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/viirs-i-band-active-fire-data
	http://viirsfire.geog.umd.edu/pages/mapsData.php

- *WMS El Programa LANCE*

El programa “The Land, Atmosphere Near real-time Capability for EOS” (LANCE) apoya a los usuarios interesados en la aplicación de monitorear una gran variedad de fenómenos naturales y artificiales. Los datos y las imágenes en tiempo real (NRT) de los instrumentos AIRS, AMSR2, MISR, MLS, MODIS, OMI y VIIRS están disponibles mucho más rápido de lo que permite el procesamiento rutinario. La mayoría de los productos de datos están disponibles en 3 horas desde la observación por satélite. Desde su web se accede a toda la información cartográfica, imágenes de satélite y visores cartográficos.

Sitio web	https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms
-----------	---

- *WMS Web Fire Mapper*

Permite navegar de forma interactiva a nivel mundial con los incendios activos derivados de MODIS y VIIRS y las zonas quemadas mensuales de MODIS.

Sitio web	https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/
-----------	---

- *WMS WORLDVIEW*

Permite navegar de forma interactiva a nivel mundial con los incendios activos derivados de MODIS y VIIRS. La última versión de EOSDIS Worldview 1.3.0 incluye no sólo la capacidad de crear animaciones, sino también la capacidad de girar las vistas polares. Se puede configurar una animación para capturar incrementos diarios, mensuales o anuales. Ofrece datos desde el 2012, aunque también es posible obtener datos desde el 2000.

Sitio web	https://earthdata.nasa.gov/worldview
	https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response

- *WMS Productos MODIS: incendios activos y superficies quemadas*

Desde el año 2000 hasta la fecha se han generado dos productos de área quemada a partir de la información obtenida por los sensores MODIS instalados sobre los satélites Terra y Aqua de la NASA. Los productos se denominan MCD45A1 y MCD64A1. La resolución temporal de los productos derivados de MODIS es diaria, y la espacial es de 500 m para los productos MCD. El MCD45A1 ofrece para cada píxel el día del año aproximado en el que se detectó el incendio, así como información sobre la confianza de la estimación de quemado. El MCD64A1 se basa en cambios en reflectividad observada apoyándose en la localización de los puntos de calor (Hot spots) detectados en los canales

térmicos. El algoritmo detecta la fecha aproximada del incendio (con una fiabilidad de 8 días), detectando área quemada y eliminando zonas con incendios anteriores que puedan observarse en la imagen. La Colección 6 reemplazará eventualmente los datos de la colección 5, pero ambas colecciones se producirán en paralelo durante seis meses para permitir a los usuarios la transición al nuevo producto.

Sitio web	http://modis-fire.umd.edu/index.php
	http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/ (descarga)
	https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/active-fire-data/modis-collection-5-active-fire-data

- *WMS GFED v3.1 y GFED4 (Global Fire Emissions Database)*

Se han desarrollado también dos productos mensuales de área quemada llamados GFED v3.1 y GFED4 que estiman mensualmente y durante un periodo que va desde 1996 a 2013 el área quemada y las emisiones de GEI asociadas a estas zonas, agregada en una malla global de 0,5° y 0,25° de resolución espacial, respectivamente. Este producto se generó a partir de la información obtenido de los sensores MODIS, ATSR y TRMM. El producto de ambas variables permite evaluar la relación que existe entre las emisiones de GEI y área quemada. El área quemada se redondea al kilómetro cuadrado más cercano. También se ofrece datos del número de incendios derivados del producto de incendios MODIS L2. En esta herramienta, se recopilan los datos originales de 5-Min 1km en bases de datos diarias / mensuales / anuales.

Sitio web	http://www.globalfiredata.org/analysis.html
-----------	---

- *WMS Global Fire Monitoring Center (GFMC)*

GFMC proporciona un portal mundial para documentación, información y monitoreo de incendios forestales, y es accesible al público a través de Internet. Los productos de incendios forestales nacionales y globales regularmente actualizados del GFMC son generados por una red mundial de instituciones cooperantes. La información y los servicios de GFMC incluyen: Advertencia temprana de peligro de incendio y monitoreo casi en tiempo real de los eventos de incendio (esto incluye el Sistema Global de Alerta Temprana de Incendios Forestales en desarrollo y un portal mundial para los sistemas de calificación de incendios: nacionales, regionales y globales existentes).

Sitio web	http://www.fire.uni-freiburg.de/
-----------	---

- *WMS Portal EUMETSAT*

Detección y seguimiento de incendios en tiempo casi real: A través del satélite Meteosat Second Generation (MSG), es posible tener imágenes de la Tierra cada 15 minutos. MSG proporciona un servicio de media resolución que aporta, además de la localización del incendio, una serie de magnitudes como pueden ser una aproximación a la potencia radiada o la temperatura del fuego. Ofrece cartografía de incendios desde el año 2007.

Sitio web	http://www.eumetsat.int/website/home/Data/Products/Land/index.html
-----------	---

1.4.3 Ámbito europeo

- *WMS Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS)*

El Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS) consiste en un sistema de información geográfica modular que proporciona información histórica y en casi tiempo real sobre incendios forestales y regímenes de incendios en las regiones de Europa, Oriente Medio y África del Norte. La vigilancia de incendios en EFFIS comprende el ciclo completo del incendio, proporcionando información sobre las condiciones previas al incendio y evaluando los daños posteriores al incendio. Los ensayos sobre el uso de datos MODIS a 250 m se realizaron a partir del año 2000 hasta el año 2002 y se obtuvo el primer mapa de áreas quemadas en 2003. Desde entonces, los datos MODIS se utilizan en el EFFIS para cartografiar las áreas quemadas de aproximadamente 40 hectáreas o más. Actualmente, el método se basa en el uso combinado de imágenes MODIS y AWiFS. Posee 3 módulos:

- *WMS Situación Actual*

Mapas meteorológicos de peligro de incendio diarios y pronostican hasta 6 días, y mapas actualizados diariamente de puntos calientes y perímetros de fuego.

Sitio web	http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/applications/current-situation/
-----------	---

- *WMS Historia del Fuego*

Construye mapas personalizados de incidentes históricos de incendios consultando la base de datos de incendios europeos sobre el número de incendios, área quemada y tamaño promedio de incendios de los años seleccionados. Poseen datos desde 1980, aunque de forma muy parcial. Existen datos completos desde el año 2000.

Sitio web	http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/applications/fire-history/
-----------	---

- *WMS Noticias del Fuego*

Se trata de una selección de noticias de la prensa sobre incendios forestales en Europa actualizada diariamente por el equipo de EFFIS. Este módulo geo-localiza todas las noticias relacionadas con incendios forestales que se publican en Internet en cualquiera de los idiomas europeos. Se pueden navegar por países específicos seleccionados por el usuario en el mapa de noticias.

Sitio web	http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/applications/firenews/
-----------	---

- *WMS EFFIS GlobalViewer*

Visor de EFFIS desde el cual se puede obtener información de incendios activos de MODIS y VIIRIS, además del índice de riesgo FWI (Fire Weather Index). También se incluyen mapas de emisiones de los incendios, área quemadas y mapas de combustibles.

Sitio web	http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/applications/global-viewer/
-----------	---

1.4.4 Ámbito nacional

- *WMS España en Llamas*

La Fundación Ciudadana Civio ha tenido acceso a la base de datos nacional de incendios forestales del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (EGIF) y mediante la aplicación "Visita guiada" permite localizar geográficamente una selección de nueve historias destacadas entre 2001 y 2013 (últimos datos disponibles). En "Explora los incendios" se puede interactuar con los fuegos de 100 hectáreas.

Sitio web	http://espanaenllamas.es/visita-guiada/
-----------	---

- *Bibliografía científica*

Publicación	Producto	Localización
Verdú y Salas 2010	Áreas quemadas 1991-2005 (Landsat y SPOT)	España

1.4.5 Ámbito autonómico

De acuerdo con la legislación vigente, a partir del año 2016 las Comunidades Autónomas tienen el compromiso de definir los perímetros de los incendios forestales ocurridos en su territorio (por encima de 50 has en algunos casos) utilizando técnicas GPS, y reportar el dato al EGIF.

Todas las Comunidades Autónomas disponen de *índices de riesgo por incendio forestal estáticos* en los Planes de Prevención y *dinámicos* en sus servicios meteorológicos regionales.

Consultadas todas las comunidades autónomas respecto a la disponibilidad de cartografía de incendios forestales, los resultados fueron los que se listan a continuación.

Andalucía

- *WMS Áreas recorridas por el fuego obtenidas mediante teledetección (1975-2014).*

Servicio WMS correspondiente a las áreas recorridas por el fuego en los incendios ocurridos entre las campañas de 1975 y 2014. Delimitaciones obtenidas sobre imágenes de satélite con técnicas de teledetección.

Sitio web	http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=0a380c29bd9bc310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=8183aeb8fe042310VgnVCM100001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es
-----------	---

- *WMS Índices de riesgo por incendio forestal en Andalucía: año 2006.*

Servicio WMS correspondiente a los índices de riesgo por incendio forestal en Andalucía generados en formato ráster mediante algoritmo de cálculo y partiendo de diversas capas temáticas de partida: variables climáticas, combustible, pendientes, histórico de incendios, etc.

Sitio web	http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=61b5f4f2d4b9e410VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=091166664bd8f410VgnVCM100001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Manzano-Agugliaro et al. 2014	Isocronas de propagación del fuego	3 grandes incendios ocurridos en Almería en 2009
Roldán-Zamarrón et al. 2006	Área quemada, severidad	Minas de Riotinto

Aragón

- *Documento técnico: Análisis del régimen de incendios y elaboración de escenarios meteorológicos por zona de meteoadvertencia de la Comunidad Autónoma de Aragón (Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, 2015).*

En este trabajo se presenta la cartografía de incendios en las diferentes regiones. Parte de la reconstrucción y tipificación de incendios históricos en territorios concretos de Aragón procede de los trabajos de Lázaro-Palacios (2009) que recopiló los perímetros de los incendios >50ha existentes en el área del Prepirineo Central y Occidental y Hernández (2011) en los territorios zaragozanos de la vertiente meridional del Ebro, promovidos y dirigidos desde la Dirección General de Gestión Forestal del Gobierno de Aragón, vinculando su metodología y puesta en práctica con la clasificación sinóptica objetiva de AEMET. Adicionalmente se han ido incorporando perímetros de incendios de otras áreas de la Comunidad y zonas limítrofes, en colaboración con el personal del Departamento Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón.

Sitio web	http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/TEMAS_MEDIO_AMBIENTE/AREAS/INCENDIOS_FORESTALES/09_Publicaciones-incendios/2015_ANALISIS_REGIMEN_INCENDIOS.pdf
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
-------------	----------	--------------

Montealegre et al. 2014	Área quemada, severidad (LIDAR)	4 grandes incendios en Aragón (2008-2009)
Jimenez Ruano 2013	Área quemada (> 500 ha) entre 2000-2010 (MODIS)	Comunidad de Aragón
Vázquez Murcia, 2012	Área quemada entre 1998-2011 (Landsat)	Zona Oeste de Aragón
Lázaro-Palacios, 2009	Área quemada entre 1967-2009 y tipificación de incendios (Landsat)	Prepirineo Central y Occidental de Aragón

Principado de Asturias

- *Documento técnico: "Impacto de los incendios forestales en Asturias. Análisis de los últimos 30 años" (Álvarez-Díaz y Marquínez Eds. INDUROT, 112 Asturias y Gobierno Principado de Asturias).*

En este trabajo se presenta una cartografía histórica de los incendios forestales en Asturias con imágenes Landsat (MSS, TM y ETM+) desde 1980 a 2003. Se incluye la descripción general del desarrollo de los incendios, los datos estadísticos de todas las zonas quemadas (localización, superficie y cubierta vegetal), comparación con lo establecido en el campo para los incendios que hayan sido previamente cartografiados, y valoración de la incidencia ambiental de los incendios.

Sitio web	https://www.researchgate.net/publication/259620808_Impacto_de_los_incendios_forestales_en_Asturias_Analisis_de_los_ultimos_30_anos
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Álvarez y Marquínez 2007	Área quemada 1980-2003 (Landsat)	Asturias
Recondo et al. 2002	Área quemada 1991- 2001 (Landsat)	Asturias
García et al. 2009	Área quemada 2007 (MODIS y SPOT4 XI)	Asturias

Islas Baleares

- *WMS Índices de riesgo de incendios forestales.*

Elaborados por la empresa Tecnosylva SL, bajo la dirección del Servicio de Gestión Forestal y Protección del Suelo y de la empresa pública Ibanat. El nivel de riesgo de incendio forestal se calculó mediante la integración de tres factores: la peligrosidad potencial, la importancia de protección y la dificultad de extinción.

Sitio web	http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M10022309120411063560&lang=ES&cont=66858
-----------	---

- *WMS cartografía de las Actuaciones en Áreas de Prevención de incendios.*

Asimismo, en el Visor Cartográfico de Islas Baleares está disponible la cartografía de las Actuaciones en Áreas de Prevención de incendios (APR).

Sitio web	http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M10022309120411063560&lang=ES&cont=18259
-----------	---

- *Documento técnico: “30 años de incendios forestales en las Islas Baleares analizados con imágenes de los satélites Landsat” (Servicio Forestal de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca de las Islas Baleares).*

En la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat encontramos el documento: “30 años de incendios forestales en las Islas Baleares analizados con imágenes de los satélites Landsat” Este proyecto ha sido desarrollado por el Servicio Forestal de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca de las Islas Baleares durante 2015. En este trabajo se presenta la cartografía de los principales incendios que han afectado a los espacios forestales de las islas Baleares durante los últimos 30 años (1994-2013) a partir de las imágenes Landsat.

Sitio web	http://www.caib.es/govern/pidip/dadesComunicat.do?lang=es&codi=8851470
-----------	---

Canarias

- *WMS Cartografía de Zonas de Alto Riesgo de Incendio (ZAR).*

Encontramos la cartografía de Zonas de Alto Riesgo de Incendio (ZAR) en el visor cartográfico del Gobierno de Canarias.

Sitio web	http://visor.grafcan.es/visorweb/default.php?svc=svcZARI&lat=28.042288740362828&lng=-15.61981201171875&zoom=11&lang=es
-----------	---

- *WMS Índices de Riesgo de Incendios forestales.*

Se ha publicado un nuevo servicio en IDECanarias que contiene los Mapas de Riesgo que se han obtenido como resultado del proyecto RIESGOMAP, proyecto que puso en marcha la Viceconsejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias, la Dirección General de Ordenación del Territorio y Desarrollo Urbano de la República de Cabo Verde y el Cabildo de La Gomera, con la cofinanciación de la Comunidad Europea a través de Fondos FEDER dentro del programa MAC 2007-2013.

Sitio web	http://visor.grafcan.es/visorweb/default.php?svc=svcRiesgoMap&lat=28.3&lng=-15.79999999999955&zoom=8&lang=es
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Huesca et al. 2008, 2009	Área quemada 2007 (MODIS)	Islas Canarias
Alonso-Benito et al. 2008	Área quemada 2007 (ASTER-SPOT)	isla de Gran Canaria

Cantabria

- *Documento técnico: “Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria sobre Incendios Forestales (Infocant)”* (Comunidad Autónoma de Cantabria).

Dentro del Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria sobre Incendios Forestales (Infocant) encontramos los Mapas de Riesgo de Incendios Forestales.

Sitio web	https://112.cantabria.es/documents/1627974/1649793/INFOCANT.pdf
-----------	---

Castilla y León

- *WMS Peligro y Riesgo de Incendios forestales*

En el geoportal de Protección Civil de la Junta de Castilla y León se puede encontrar los mapas de Peligro y de Riesgo Local de incendios forestales

Sitio web	http://www.geoportalpc.jcyl.es/#
-----------	---

- *WMS Zonas de Alto Riesgo de Incendios Forestales de Castilla y León*

En el SIGMENA (Sistema de Información Geográfica del Medio Natural). de la Junta de Castilla y León se puede encontrar la cartografía de zonas de alto riesgo de incendios forestales.

Sitio web	http://www.idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ES410JCLMNAINCZARCYL20160415
-----------	---

- *Bibliografía científica*

Publicación	Producto	Localización
Quintano y Villalba 2007	Área quemada desde 2003 (helicóptero)	Castilla y León
Vázquez y Moreno 2001	Área quemada (fotointerpretación)	Parte de Ávila

Gonzalo et al. 2004	Sistema REMFIRESAT: índice de riesgo de incendio, mapa de puntos calientes, mapas de líneas de incendio, cartografía de la zona quemada (2003)	Castilla y León
Viedma et al. 2006; 2008	Área quemada 1975-1990 (Landsat)	Sierra de Gredos (Ávila, Salamanca)
Lozano et al. 2007;2008	Área quemada 1991-2002 (Landsat)	Lago de Sanabria (Zamora)
Fernandez-Mansó et al. 2009	Índices de severidad en un gran incendio 1998 (Landsat)	Monte Teleno (León)
Quintano et al. 2011	Área quemada 2007-2008 (MODIS)	Castilla y León
Hernán et al. 2013	Área quemada 2007 y 2008 MODIS	Castilla y León
Viedma y del Campo 2016	Área quemada 1985-2009 (Landsat)	(Ávila, Salamanca, Segovia y parte de Zamora)

Castilla-La Mancha

- *WMS índice de Propagación Potencial de Incendios forestales.*

En el Sistema de Información de Incendios Forestales (FIDIAS) se encuentra el índice de Propagación Potencial Válido para la semana del 01 al 07 de Noviembre de 2016.

Sitio web	http://agricultura.jccm.es/fidias08/consulta/forms/fidif001.php
-----------	---

- *Documento técnico: “Mapa de riesgo potencial de incendios forestales de Castilla-La Mancha” financiado por la Junta de Castilla-La Mancha.*

En este trabajo se presenta el mapa de riesgo potencial de incendios forestales de Castilla-La Mancha, obtenido tras el análisis estadístico de los datos de incendios (base de datos EGIF) y el estudio de la peligrosidad del medio forestal, gestionando todos estos datos en un Sistema de Información Geográfica

Sitio web	http://www.redforesta.com/wp-content/uploads/2011/02/Mapa-de-riesgopotencial-de-incendios-forestales-en-Castilla-La-Mancha-IF2.pdf
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
De Santis y Chuvieco 2007	Severidad de la zona quemada en gran incendio 2005 (Landsat)	Guadalajara
Viedma et al. 2015	Severidad de la zona quemada en gran incendio 2005 (Landsat)	Guadalajara
Viedma y del Campo 2016	Área quemada 1985-2009 (Landsat)	Toledo
Dadi et al. 2013	Severidad de la zona quemada en 3 incendios (1993, 1994 y 2001) radiómetro-Landsat	SW Albacete y Cuenca
Martínez-García et al. 2013	Severidad de la zona quemada en gran incendio 2009 (Landsat)	Serranía de Cuenca
Ruiz-Gallardo et al. 2004, 2009	Área quemada y severidad de 3 grandes incendios en 1993, 1994 y 2001 (Landsat)	Albacete

Cataluña

- *WMS Perímetros de incendios forestales*

En el caso de Cataluña se dispone de forma accesible de los perímetros de incendios desde 1986 a 2015. Por un lado, tenemos accesos a ellos a través de la web de los bomberos de Cataluña; aunque actualmente no está disponible y a través del Visor SIMA. Desde el año 1994, tanto el DARP como el ICC, (éste por encargo del Departament de Medi Ambient de la Generalitat, DMA), efectúan sistemáticamente en Cataluña la cartografía anual de zonas quemadas mayores de 50 ha con GPS desde helicóptero y mediante imágenes de SPOT, CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) y Landsat.

Sitios web	http://interior.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/bombers/foc-forestal/incendis_forestals/perimetres-dincendis-forestals/
	http://sig.gencat.cat/visors/sima.html

- *WMS Mapa de Peligro de incendios forestales.*

Se tiene acceso a ellos a través de la web de los bomberos de Cataluña.

Sitio web	http://www.gencat.cat/medinatural/incendis/mapaperill/
-----------	---

- *Bibliografía científica:*

Publicación	Producto	Localización
Salvador et al. 2000;	Área quemada 1975-1993 (Landsat)	Cataluña
Diaz-Delgado y Pons 2001; 2004	Área quemada 1975-1998 (Landsat)	Cataluña
Diaz-Delgado y Pons 2003	Severidad de la zona quemada en gran incendio 1994 (Landsat)	Barcelona
Castelnou et al. 2009	tipologías de incendios forestales desde 1968 a la actualidad	Cataluña

Comunidad Valenciana

- *WMS Sistema Integrado de Gestión de Incendios Forestales (SIGIF).*

El Plan de Prevención de Incendios Forestales de la Comunitat Valenciana dispone de Sistema Integrado de Gestión de Incendios Forestales (SIGIF) que es un conjunto de herramientas y aplicaciones tecnológicas destinadas a la gestión de emergencias de incendios forestales, desde la vigilancia y detección, hasta la extinción. La empresa VAERSA es la encargada del mantenimiento y desarrollo de SIGIF. Ofrece información sobre condiciones meteorológicas, calidad del territorio y de estadísticas de incendios, además de enlazar con datos de infraestructuras de prevención, depósitos de agua, observatorios forestales, descargas eléctricas, cartografía temática, etc. Estas labores se realizan desde 2002. Sin embargo, su acceso es restringido.

Sitio web	http://www.vaersa.com/cas/conozcanos/servicios/ingenieria-desarrollo/servicios-sig
-----------	---

- *WMS Frecuencia de Incendios a escala municipal.*

En el visor cartográfico (IDE de Valencia) Terrasit se puede encontrar el mapa de Frecuencia de Incendios a escala municipal

.Sitio web	http://terrasit.gva.es/es/ver?wmsurl=http://wms.magrama.es/sig/Biodiversidad/Incendios/wms.aspx
------------	---

- *WMS Riesgo diario de incendios.*

En la web de Emergencias de Valencia se encuentra el mapa de Riesgo meteorológico de incendios forestales.

.Sitio web	http://www.112cv.gva.es/incendios-forestales
------------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Viedma et al. 1997	Áreas quemadas y regeneración 1984-1994 (Landsat)	Norte de Alicante
García-Haro et al. 2001	Áreas quemadas 1984-1994 (Landsat)	Norte de Alicante
Viedma y Chuvieco 1994	Área quemada y severidad gran incendio 1994 (Landsat)	Hoya de Buñol (Valencia)
Martín et al. 1994	Área quemada gran incendio 1994 (NOAA_AVHRR vs Landsat)	Hoya de Buñol (Valencia)
Roder et al. 2008	Áreas quemadas 1975-2000 (Landsat)	región de Ayora (Valencia)
Duguy 2003; Duguy y Vallejo 2008	Áreas quemadas 1976-1994 (Fotointerpretación)	Vall de Gallinera (Alicante)

Extremadura

- *WMS Zonas de riesgo de incendios forestales.*

En el visor cartográfico del Servicio de Prevención y Extinción de Incendios (INFOEX) se puede encontrar la cartografía de “Zonas de Riesgo de Incendios forestales”.

Sitio web	http://www.infoex.info/visor-cartografico/
-----------	---

- *Documento técnico: “Plan PREIFEX”.*

En este documento se presenta el “mapa de Peligro potencial de incendios”

Sitio web	http://extremambiente.gobex.es/index.php?option=com_content&id=577&Itemid=396
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Blas Morato et al. 2006	Área quemada del gran incendio forestal de 2003 (SPOT)	Valencia de Alcántara (Cáceres)

Galicia

- *WMS Incendios forestales activos.*

Aunque Galicia no dispone de una cartografía de perímetros de incendios accesible desde web, sí que tiene enlaces a visores que permiten hacer seguimientos en tiempo real de incendios activos a través del visor Worldview que pone a disposición la agencia meteorológica de Vigo (meteovigo).

Sitio web	http://www.meteovigo.es/observacion/mapa-seguimiento-incendios.html
-----------	---

- *WMS Riesgo diario de incendios.*

Asimismo, posee “mapas de riesgo diario de incendios” (IRDI)

Sitio web	http://mediorural.xunta.gal/nc/areas/forestal/incendios_forestais/irdi/
-----------	---

- *Documento técnico: “Plan de Defensa y Protección contra incendios forestales (PLADIGA)”.*

En este documento se presentan las “Zonas de alto riesgo de incendio” (ZAR).

Sitio web	http://mediorural.xunta.gal/es/areas/forestal/incendios_forestales/pladiga_2016/
-----------	---

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Gonzalez-Alonso et al. 2007; 2009	Áreas quemadas en 2006 (AWiFS y MODIS)	Galicia
Merino de Miguel et al. 2010	Áreas quemadas en 2006 (MODIS)	Galicia
Chuvieco 2006	Análisis de la severidad en los incendios del 2006 (MODIS)	Galicia

Comunidad de Madrid

- *Bibliografía científica.*

Publicación	Producto	Localización
Gómez et al. 2012; Nieto et al. 2015	Áreas quemadas 1985-2010 (Landsat)	Comunidad de Madrid

Heredia et al. 2003	Área quemada de un gran incendio 2002 (Landsat)	SW de Madrid
---------------------	---	--------------

Región de Murcia

- *Documento técnico:* “Plan de Protección Civil de Emergencia para Incendios Forestales (INFOMUR)”.

En este documento se presentan la cartografía de las “Zonas de alto riesgo de incendio” (ZAR).

Sitio web	http://www.112rm.com/dgsce/planes/descargas/infomur_2016.pdf
-----------	---

Comunidad Foral de Navarra

- *Documento técnico:* “Plan de Emergencia para Incendios Forestales de la Comunidad Foral de Navarra”

En este documento se presentan la cartografía de la “Zonificación del Riesgo de Incendio”. La empresa Tecnosylva dirige el proyecto del mapa de riesgo de incendios forestales de Navarra.

Sitio web	http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/317F1BD3-9B8F-4115-B178-D621D56F6E38/207619/INCENDIOS_FORESTALES.pdf
-----------	---

- *WMS Riesgo diario de incendios*

Por otro lado, esta comunidad autónoma posee cartografía del “Riesgo meteorológico de iniciación y propagación de incendios” que está disponible a través del servicio meteorológico de esta comunidad.

Sitio web	http://meteo.navarra.es/estaciones/mapasindiceincendios.cfm
-----------	---

País Vasco

- *Documento técnico:* “Plan de Emergencia para Incendios Forestales”

En este documento se encuentra el Cálculo de riesgo de incendios forestales y la zonificación territorial del riesgo.

Sitio web	https://www.euskadi.eus/r42-aecon01/es/contenidos/informacion/planes_incendios/es_doc/incendios.html
-----------	---

- *WMS Riesgo Meteorológico de incendios*

Por otro lado, esta comunidad autónoma posee cartografía del “Riesgo meteorológico de iniciación y propagación de incendios” que está disponible a través de la Agencia de Meteorología Euskalmet.

Sitio web	http://www.euskalmet.euskadi.eus
-----------	---

La Rioja

- *Documento técnico: “Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de La Rioja (INFOCAR)”*

En este documento se encuentra un conjunto de cartografía relacionada con el riesgo de incendio, vulnerabilidad, medios de lucha, gravedad y prioridad de defensa.

Sitio web	http://www.larioja.org/emergencias-112/es/proteccion-civil
-----------	---

- *WMS Cartografía de Medios de Lucha contra incendios*

En el GeoVisor v.5.0. IDE La Rioja encontramos el mapa de Medios de Lucha contra incendios.

Sitio web	https://www.iderioja.larioja.org/cartografia/index.php?map=RIOJA_TEM_INCENDIOS_FORESTALES
-----------	---

1.4.6 Conclusiones

A nivel global existe una gran accesibilidad a la cartografía de incendios, si bien esta información se ofrece a baja resolución espacial (por los satélites empleados), y es muy reciente, ya que en la mayoría de los casos se dispone de información a partir del año 2000. Los satélites más empleados han sido MODIS, SPOT-VEGETATION, ATSR, MERIS y VIIRS-I. Asimismo, se puede distinguir accesos web a incendios activos e incendios históricos.

En cuanto a incendios activos, el acceso web que ofrece datos más antiguos es el servidor ATSR World Fire Atlas con datos desde 1995 hasta el 2012. Le sigue el “Global Fire Emission Database” con datos desde 1996 a 2013 y los productos de incendios MODIS desde el 2000 hasta la actualidad. Los productos de incendios más recientes los ofrece el servidor FIRE_CCI con datos desde 2005 a 2011, el servidor EUMESTAT desde el 2007, y el GFIMS desde el año 2013.

En relación a incendios históricos encontramos diferentes productos con diferente resolución temporal y espacial. Los datos más antiguos los encontramos en el producto GBS para el período 1982-1999 con muy baja resolución espacial (8 Km) y derivado del satélite NOAA-AVHRR. Le siguen los productos GBA 2000 y GLOBSCAR que ofrecen cartografía de incendios únicamente para el año 2000, a 1 km de resolución espacial y derivados de los satélites SPOT-VEGETATION y ATSR-2, respectivamente. También destacan los productos de GLOBCARBON para el período 1997-2003 y L3JRC para el período 2000-2007, derivados de los dos satélites citados anteriormente y a resolución de 1 km. Finalmente, el programa COPERNICUS ofrece cartografía de incendios para el

período 2004-2016 derivados del nuevo satélite PROBA-V (continuación de SPOT-VEGETATION) a 300m-1km de resolución espacial.

A nivel europeo destaca el Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS) que proporciona información histórica y en casi tiempo real sobre incendios forestales en las regiones de Europa, Oriente Medio y África del Norte. EFFIS ofrece acceso a los incendios activos a través del visor Globalviewer e información sobre datos históricos a través de su propio visor. Los datos históricos están disponibles desde 1980 para algunas regiones y desde el 2000 para todas las regiones objeto de estudio.

A nivel nacional destaca la ausencia de accesos webs para obtener información cartográfica de incendios. Actualmente, solo existe una aplicación que permite conocer la localización de grandes incendios ocurridos entre 2001-2013 y una referencia bibliográfica que realizó una cartografía de grandes incendios entre 1991-2005 mediante análisis visual de imágenes.

A nivel regional, todas las Comunidades Autónomas disponen de índices de riesgo por incendio forestal estáticos en los Planes de Prevención y dinámicos en sus servicios meteorológicos regionales. Solo Andalucía y Cataluña disponen de cartografía de perímetros de incendios realizada con imágenes del satélite Landsat, y accesible desde web. En Andalucía desde 1986 a 2015 y en Cataluña desde 1974 hasta 2014. En las comunidades de Aragón, Asturias e Islas Baleares se encuentra cartografía de perímetros de incendios a través de documentos oficiales. Estos trabajos cubren la historia de incendios para series mayores o iguales a 30 años. En el resto de comunidades autónomas encontramos cartografía de incendios forestales a través de la bibliografía científica. La comunidad de Madrid tiene cartografía de incendios para toda la comunidad durante el período 1985-2009 y Galicia, para el año 2006. El resto de comunidades posee cartografía parcial de incendios sobre su territorio. La comunidad más cubierta es Castilla y León con estudios que cubren la zona Oeste durante una serie larga 1985-2009 y toda la comunidad con MODIS entre 2007-2008. Le sigue la Comunidad Valenciana con series largas de cartografía de incendios en pequeñas regiones (Ayora: 1975-2000 y Norte de Alicante: 1984-1994). Finalmente, en Castilla-La Mancha solo se encuentran algunos estudios relacionados con la severidad de grandes incendios y en Canarias, una serie de trabajos centrados en la temporada de incendios el año 2007. Finalmente, las comunidades autónomas con menos información sobre incendios forestales son Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y la región de Murcia.

1.4.7 Bibliografía

- Alonso-Benito, A., Hernández-Leal, P., González-Calvo, A., Arbelo, M., Barreto, A., 2008. Comparación de diferentes técnicas para la estimación de áreas quemadas en un entorno insular. *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria.
- Álvarez, M., Marquínez, J., 2007. Impacto de los incendios forestales en Asturias. *Análisis de los últimos 30 años*, 208 pp. INDUROT. Univ. de Oviedo..
- Blas Morato, R.; González Alonso, F. Gurría Gascón, J. L. 2006. Cartografía de Áreas Quemadas con Spot 5, en Olmedo, M., Cañete Pérez, J., Lara Valle, J.,(Eds). *El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas*, XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información. Pp. 623-636.

- Castellnou, M., Miralles, M., Piqué, M., 2009. Tipificación de los incendios forestales de Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal, 5º Congreso Forestal Español. Ávila. España.
- Chuvieco, E., 2006. Evaluación niveles de severidad en los incendios de Galicia (áreas quemadas hasta el 13 de agosto de 2006). Dpto. de Geografía de la Universidad de Alcalá 4.
- Dadi, T., Rubio, E., Sánchez, J., López-Serrano, F., Martínez-García, E., Andrés-Abellán, M., Lucas-Borja, M., Hedo, J., De Las Heras, J., 2013. Seguimiento de la dinámica del albedo post-incendio de masas forestales mediterráneas utilizando imágenes de satélite, 6º Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz. España.
- De Santis, A., Chuvieco, E., 2007. Burn severity estimation from remotely sensed data: Performance of simulation versus empirical models. *Remote Sensing of Environment* 108, 422-435.
- Díaz-Delgado, R., Pons, X., 2001. Spatial patterns of forest fires in Catalonia (NE of Spain) along the period 1975-1995: Analysis of vegetation recovery after fire. *Forest Ecology and Management* 147, 67-74.
- Díaz-Delgado, R., Lloret, F., Pons, X., 2003. Influence of fire severity on plant regeneration by means of remote sensing imagery. *International Journal of Remote Sensing* 24, 1751-1763.
- Díaz-Delgado, R., Lloret, F., Pons, X., 2004. Statistical analysis of fire frequency models for Catalonia (NE Spain, 1975-1998) based on fire scar maps from Landsat MSS data. 13, 89-99.
- Duguy, B., 2003. Interacción de la historia de usos del suelo y el fuego en condiciones mediterráneas. Respuestas de los ecosistemas y estructura del paisaje. Tesis Doctoral. Dpto. de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Duguy, B., Vallejo, V.R., 2008. Land-use and fire history effects on post-fire vegetation dynamics in eastern Spain. *Journal of Vegetation Science* 19, 97-108.
- Fernández-Manso, O., Quintano, C., Fernández-Manso, A., 2009. Combining spectral mixture analysis and object-based classification for fire severity mapping. *Forest Systems* 18, 296-313.
- García, M., Porcel, P., Villar, D., 2009. Seguimiento de Áreas Quemadas en El Principado de Asturias durante La Campaña 2007. Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, Zaragoza.
- García-Haro, F.J., Gilabert, M.A., Melia, J., 2001. Monitoring fire-affected areas using Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing* 22, 533-549.
- Gómez, I., Martín, M., Salas, F., 2012. Análisis del régimen histórico de los incendios forestales en la Comunidad de Madrid (1984-2010) y su relación con los cambios de usos del suelo. XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC.
- González -Alonso, F., Merino, S., Cuevas, J., 2007. Evaluación del área quemada en los incendios forestales de Galicia en agosto 2006 a partir de imágenes AWiFS y focos activos MODIS, 4th International Wildland Fires Conference, pp. 13-17.

- Gonzalez-Alonso, F., Merino de Miguel, S., 2009. Estimación de superficies quemadas mediante teledetección: Los incendios de Galicia de agosto 2006. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 29: 39-47
- Gonzalo, J., Martínez, S., Martín, G., 2004. Remfiresat, Gestión de Emergencias en Tiempo Real para Servicios de Lucha contra Incendios Forestales Vía Satélite 1. Memorias del Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global.
- Heredia, A., Martínez, S., Quintero, E., Piñeros, W., Chuvieco, E., 2003. Comparación de distintas técnicas de análisis digital para la cartografía de Áreas quemadas con imágenes LANDSAT ETM+. GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 216-234.
- Hernán, C., Quintano, C., Fernández-Manso A Santamaria, E., 2013. Estimación de área quemada en España descomponiendo espectralmente imágenes MODIS, 6º Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz. España.
- Hernández, R.; 2011. Reconstrucción, tipificación y análisis de incendios históricos en los territorios zaragozanos de la vertiente meridional del Ebro. Proyecto fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. 146 pp. Lérida.
- Huesca, M., González-Alonso, F., Cuevas, J., Merino de Miguel, S., 2008. Estimación de la superficie quemada en los incendios forestales de Canarias en 2007 utilizando sinérgicamente imágenes MODIS y anomalías térmicas. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales 17, 308-316.
- Huesca, M., Litago, J., Palacios-Orueta, A., Montes, F., Sebastian-Lopez, A., Escribano, P., 2009. Assessment of forest fire seasonality using MODIS fire potential: A time series approach. Agricultural and Forest Meteorology 149, 1946-1955.
- Jiménez Ruano, A., 2013. Caracterización de patrones espacio-temporales de los regímenes de incendio en la España Peninsular: pireregiones recientes y futuras. Universidad de Zaragoza-AGE.
- Lázaro Palacios, M.Á., 2009. Reconstrucción histórica y tipificación de los incendios forestales en el Prepirineo Central y Occidental de Aragón. Universitat de Lleida.
- Lozano, F.J., Suarez-Seoane, S., de Luis, E., 2007. Assessment of several spectral indices derived from multi-temporal Landsat data for fire occurrence probability modelling. Remote Sensing of Environment 107, 533-544.
- Lozano, F.J., Suárez-Seoane, S., Kelly, M., Luis, E., 2008. A multi-scale approach for modeling fire occurrence probability using satellite data and classification trees: A case study in a mountainous Mediterranean region. Remote Sensing of Environment 112, 708-719.
- Manzano-Agugliaro, F., Pérez-Aranda, J., De La Cruz, J., 2014. Methodology to obtain isochrones from large wildfires. International journal of wildland fire 23, 338-349.
- Martín, M.P., Chuvieco, E., Domínguez, L., 1994. Cartografía, evaluación y seguimiento de grandes incendios forestales a partir de imágenes NOAA-AVHRR. Revista de Teledetección. Revista de la Asociación Española de Teledetección 3, 1-6.
- Martínez-García, E., Rubio, E., López-Serrano, F., Dadi, T., Andrés-Abellán, M., Lucas-Borja, M., Candel, D., Wic, C., 2013. Evaluación de la severidad mediante de imágenes Landsat y validación con datos de campo en el incendio del Monte

“Ensanche de Las Majadas”(Cuenca), 6º Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz. España.

- Merino de Miguel, S., Huesca, M., Gonzalez-Alonso, F., 2010. Modis reflectance and active fire data for burn mapping and assessment at regional level. *Ecological Modelling* 221, 67-74.
- Montealegre, A.L., Lamelas, M.T., Tanase, M.A., de la Riva, J., 2014. Forest fire severity assessment using ALS data in a Mediterranean environment. *Remote Sensing* 6, 4240-4265.
- Nieto, I.G., Isabel, P.M., Rey, F.J.S., 2015. Análisis del régimen de incendios forestales y su relación con los cambios de uso del suelo en la Comunidad Autónoma de Madrid (1989-2010). *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 12.
- Quintano P, E., Villalba I, D., 2007. Planimetría de áreas forestales quemadas. *Wilfire 2007*. Sevilla, España.
- Quintano, C., Fernández-Manso, A., Stein, A., Bijker, W., 2011. Estimation of area burned by forest fires in Mediterranean countries: A remote sensing data mining perspective. *Forest Ecology and Management* 262, 1597-1607.
- Recondo, C., Wozniak, E., Pérez-Morandeira, C., 2002. Cartografía de zonas quemadas en Asturias durante el período 1991-2001 a partir de imágenes Landsat-TM. *Revista de Teledetección* 18, 47-55.
- Roder, A., Hill, J., Duguay, B., Alloza, J.A., Vallejo, R., 2008. Using long time series of Landsat data to monitor fire events and post-fire dynamics and identify driving factors. A case study in the Ayora region (eastern Spain). *Remote Sensing of Environment* 112, 259-273.
- Roldán -Zamarrón, A., Merino -de -Miguel, S., González -Alonso, F., García -Gigorro, S., Cuevas, J., 2006. Minas de Riotinto (south Spain) forest fire: Burned area assessment and fire severity mapping using Landsat 5 -TM, Envisat -MERIS, and Terra -MODIS postfire images. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 111.
- Ruiz-Gallardo, J.R., Castano, S., Calera, A., 2004. Application of remote sensing and GIS to locate priority intervention areas after wildland fires in Mediterranean systems: a case study from south-eastern Spain. *International Journal of Wildland Fire* 13, 241-252.
- Ruiz-Gallardo, J. R., Castaño, S., Valdés, A., 2009. Cartografiado de la prioridad de actuación postincendio forestal. En: Cerdá y Mataix (Eds.), *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles* (p. 443-468). Valencia: Cátedra de divulgación de la Ciencia.
- Salvador, R., Valeriano, J., Pons, X., Diaz-Delgado, R., 2000. A semi-automatic methodology to detect fire scars in shrubs and evergreen forests with Landsat MSS time series. *International Journal of Remote Sensing* 21, 655-671.
- Vázquez Murcia M., 2012. Cartografía y análisis multitemporal de incendios mediante el uso de imágenes de satélite Landsat. Trabajo Fin de Master. Máster en Tecnologías de la Información Geográfica para la Ordenación del Territorio: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

- Vázquez, A., Moreno, J.M., 2001. Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain). *Forest Ecology and Management* 147, 55-65.
- Verdú, F., Salas, J., 2010. Cartografía de Áreas Quemadas mediante Análisis Visual de Imágenes de Satélite en la España Peninsular para el periodo 1991-2005. *GeoFocus* 10, 54-81.
- Viedma, O., Chuvieco, E., 1994. Cartografía y Evaluación de Daños Causados por Incendios Forestales mediante Técnicas de Teledetección. *ATTIM Boletín de Información Técnica* 167, 60-66.
- Viedma, O., Melia, J., Segarra, D., Garcia-Haro, J., 1997. Modeling rates of ecosystem recovery after fires by using Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment* 61, 383-398.
- Viedma, O., Moreno, J.M., Rieiro, I., 2006. Interactions between land use/land cover change, forest fires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain). *Environmental Conservation* 33, 212-222.
- Viedma, O., Angeler, D.G., Moreno, J.M., 2009. Landscape structural features control fire size in a Mediterranean forested area of central Spain. *International Journal of Wildland Fire* 18, 575-583.
- Viedma, O., Quesada, J., Torres, I., De Santis, A., Moreno, J.M., 2015. Fire severity in a large fire in a *Pinus pinaster* Forest is highly predictable from burning conditions, stand structure, and topography. *Ecosystems* 18, 237-250.
- Viedma, O. y del Campo, P. 2016. Cartografía y validación de la superficie quemada de incendios mediante imágenes Landsat TM y ETM+ en el centro-oeste de España durante el período 1985-2009. *Revista Montes*, 124: 5-12.

1.5 NORMATIVA SOBRE INCENDIOS: COMUNITARIA, NACIONAL, AUTONÓMICA

Mónica M. Fernández Ramiro y Carolina Quesada Cortés

1.5.1 Introducción

En este apartado se revisa la normativa existente en la actualidad específica relativa a incendios forestales en los ámbitos comunitario, estatal y autonómico.

1.5.2 Ámbito Comunitario

- *Reglamento (CE) n°805/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de abril de 2002, por el que se modifica el Reglamento (CEE) n° 2158/92 del Consejo relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L196/4 de 20 de julio 2001).*
- *Reglamento (CE) n°1485/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001 por el que se modifica el Reglamento (CEE) n°2158/92 del Consejo relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L196/4 de 20 de julio de 2001).*
- *Reglamento (CE) n° 1727/1999 de la Comisión, de 28 de julio de 1999, por el que se establecen determinadas disposiciones de aplicación del Reglamento (CEE) n°2158/92 del Consejo relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L203 de 3 de agosto de 1999).*
- *Reglamento (CE) n° 308/1997 del Consejo de 17 de febrero de 1997 por el que se modifica el Reglamento (CEE) n°2158/92 del Consejo relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L051 de 21 de febrero de 1997).*
- *Reglamento (CE) n° 804/1994 de la Comisión, de 11 de abril de 1994, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento 2158/1992 del Consejo en lo que respecta a los sistemas de información sobre los incendios forestales.*
- *Reglamento (CE) n°2158/1992 del Consejo, de 23 de julio de 1992, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L217 de 31 de julio de 1992).*
- *Reglamento (CE) n° 3529/1986 del Consejo de 17 de noviembre relativo a la protección de bosques en la comunidad contra los incendios. (Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 21 de julio de 1986).*

1.5.3 Ámbito Nacional

- *Resolución de 31 de octubre de 2014 de la Subsecretaría, por la que se publica el acuerdo del Consejo de Ministros del 24 de octubre de 2014, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales.*

- *Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz Básica de planificación de protección civil de emergencias por incendios forestales.*
- *Real Decreto 401/2012, de 17 de febrero, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.*
- *Real Decreto 1097/2011, de 22 de julio, por el que se aprueba el Protocolo de Intervención de la Unidad Militar de Emergencias.*
- *Ley 3/2010, de 10 de marzo, por la que se aprueban medidas urgente para paliar los daños producidos por los incendios forestales y otras catástrofes naturales ocurridos en varias Comunidades Autónomas.*
- *Real Decreto 1424/2008, de 14 de agosto, por el que se determinan la composición y las funciones de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, se dictan las normas que regulan su funcionamiento y se establecen los comités especializados adscritos a la misma.*
- *Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre de Montes.*
- *Real Decreto-Ley 11/2005, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales.*
- *Acuerdo del Consejo de Ministros, de 7 de octubre de 2005, por el que se crea la Unidad Militar de Emergencias.*
- *Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, de Montes.*
- *Orden de 3 de agosto de 2001 por la que se fijan las indemnizaciones que correspondan a las personas que sufran accidentes al colaborar en los trabajos de extinción de incendios forestales.*

1.5.4 Ámbito Autonómico

Andalucía

- *Decreto 160/2016, de 4 de octubre, por el que se modifica el Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía aprobado por el Decreto 371/2010, de 14 de septiembre, por el que se aprueba el Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía y se modifica el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales aprobado por el Decreto 247/2001, de 13 de noviembre.*
- *Decreto 371/2010, por el que se aprueba el Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía y se modifica el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales (INFOCA)*
- *Orden de 21 de mayo de 2009, por la que se establecen limitaciones de usos y actividades en terrenos forestales y zonas de influencia forestal.*
- *Orden de 11 de septiembre de 2002, por la que se aprueban los modelos de determinadas actuaciones de prevención y lucha contra los incendios forestales y se desarrollan medidas de protección.*
- *Decreto 247/2001, de 13 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales.*

- *Ley 5/1999, de 29 de junio, de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales.*

Aragón

- Anualmente, el Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón aprueba la Orden de prevención y lucha contra incendios en la que se detallan aspectos concretos de aplicación para toda la Comunidad Autónoma de Aragón. Así pues, en este aspecto la legislación vigente sería:
 - *Orden DRS/1380/2016, de 7 de octubre, por la que se modifica la Orden DRS/103/2016, de 18 de febrero, por la que se prorroga transitoriamente la Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016.*
 - *Orden DRS/103/2016, de 18 de febrero, por la que se prorroga transitoriamente la Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016.*
 - *Orden de 20 de febrero de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2015/2016.*
- *Orden de 14 de febrero de 2014 del Consejero de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón para la campaña 2014/2015.*
- *Decreto 118/2011, de 31 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales (PROCINFO).*
- *Ley 15/2006, de 28 de diciembre, de Montes de Aragón, modificada por la Ley 3/2014, de 29 de mayo.* Determina, en su Título VI, las competencias en materia de prevención y extinción de incendios forestales, sus medidas preventivas y las referentes a la restauración de zonas incendiadas.

Principado de Asturias

- *Decreto 69/2014, de 16 de julio, por el que se aprueba el Plan Territorial De Protección Civil del Principado de Asturias*
- *Resolución de 5 de junio de 2014, de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, por la que se aprueban medidas en materia de prevención de incendios forestales en el territorio del Principado de Asturias.*
- *Resolución de 30 de enero de 2012. de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, por la que se aprueban las normas sobre quemas en el territorio del Principado de Asturias.*
- *Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias (INFOPA).*

Islas Baleares

- *Decreto 125/2007, de 5 de octubre, por el que se dictan normas sobre el uso del fuego y se regula el ejercicio de determinadas actividades susceptibles de incrementar el riesgo de incendio forestal.*
- *Decreto 41/2005, de 22 de abril, de las Islas Baleares, por el que se aprueba el Plan Especial frente al riesgo de incendios forestales.*

Canarias

- *Corrección de errores del Decreto 60/2014, de 29 de mayo, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Canarias (INFOCA).*
- *Decreto 60/2014, de 29 de mayo, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Canarias (INFOCA).*

Cantabria

- *Decreto 12/2011, de 17 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento del Operativo de Lucha contra Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de Cantabria.*
- *Orden DES/44/2007, de 8 de agosto, por la que se establecen normas sobre uso del fuego y medidas preventivas en relación con los incendios forestales.*
- *Decreto 16/2007, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria sobre Incendios Forestales (INFOCANT).*

Castilla y León

- *Orden FYM/375/2014, de 9 de mayo, por la que se determina el riesgo potencial, el número y cuantía retributiva de las guardias y el régimen de exenciones para el personal que ha de participar en el Operativo de Lucha contra Incendios Forestales de Castilla y León.*
- *Orden FYM 510/2013, de 25 de junio, por la que se regula el uso del fuego y se establecen medidas preventivas para la lucha contra los incendios forestales en Castilla León.*
- *Ley 3/2009, de 6 de abril, de Montes de Castilla y León.*
- *Decreto 274/1999, de 28 de octubre, por el que se aprueba el Plan de protección Civil ante Emergencias por Incendios Forestales en Castilla León (INFOCAL).*
- *Decreto 105/1998, de 4 de junio, por el que se declaran Zonas de Peligro de Incendios Forestales*
- *Decreto 63/1985, de 27 de junio, sobre Prevención de Incendios Forestales.*

Castilla-La Mancha

- *Orden 7190/2010 de 23 de abril, por la que aprueba la revisión del Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de Castilla-La Mancha.*

Cataluña

- *Resolución AAM/185/2012, de 8 de febrero, por la que se establecen medidas extraordinarias de prevención de incendios forestales.*
- *Decreto 123/2005, de 14 de junio, de medidas de prevención de los incendios forestales en las urbanizaciones sin continuidad inmediata con la trama urbana.*
- *Orden MAB/62/2003, de 13 de febrero, por la que se desarrollan las medidas preventivas establecidas por el Decreto 64/1995, de 7 de marzo, por el que se establecen medidas de prevención de incendios forestales.*
- *Decreto 62/1995, de 7 de marzo, por el cual se establecen medidas de prevención de incendios forestales.*

Comunidad Valenciana

- *Resolución, de 10 de marzo de 2014, de la Dirección General de Prevención, Extinción de Incendios y Emergencias, sobre reducción de los horarios aptos para la realización de quemas.*
- *Decreto 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana.*
- *Decreto 163/1998, de 6 de octubre, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan Especial frente al Riesgo de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana.*

Extremadura

- *Decreto 144/2016, de 6 de septiembre, por el que se modifica el Decreto 260/2014, de 2 de diciembre, por el que se regula la Prevención de los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Extremadura (Plan PREIFEX).*
- *Orden 101/2016, de 18 de mayo de 2016, por la que se establece la época de Peligro Alto de incendios forestales del Plan INFOEX y se regula el uso del fuego y las actividades que puedan provocar incendios durante dicha época.*
- *Orden 198/2016, de 11 de octubre, por la que se establece la época de Peligro Bajo de incendios forestales del plan INFOEX, así como la regulación de uso del fuego y las medidas de prevención del Plan PREIFEX para dicha época.*
- *Decreto 260/2014. De 2 de diciembre, por el que se regula la Prevención de los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Extremadura (Plan PREIFEX).*
- *Decreto 52/2010, de 5 de marzo, por el que se aprueba el Plan de Lucha contra Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Extremadura (Plan INFOEX).*

Galicia

- *Ley 3/2007, de 9 de abril, de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia, modificada por la Ley 7/2012, de 28 de junio, de montes de Galicia.*
- *Orden 79/2007, de 18 de abril, por la que se zonifica el territorio en base a riesgo espacial de incendio forestal.*
- *Decreto 105/2006, de 22 de junio, por el que se regulan medidas relativas a la prevención de incendios forestales, a la protección de los asentamientos en el medio rural y a la regulación de aprovechamientos y repoblaciones forestales.*

- *Decreto 21/2005, de 20 de enero, de prevención de incendios y regulación de aprovechamientos forestales.*
- *Resolución de 26 de junio de 2001, de la Dirección General de Interior y Protección Civil, por la que se dispone la publicación de la revisión y actualización del Plan Especial de Protección Civil ante Emergencias por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de Galicia.*

Comunidad de Madrid

- *Corrección de errores del Decreto 54/2009, de 4 de junio del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA).*
- *Decreto 58/2009, de 4 de junio del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA).*

Región de Murcia

- *Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Región de Murcia (Plan INFOMUR), homologado por la Comisión Permanente de la Comisión Nacional de Protección Civil el 4 de mayo de 1995.*
- *Orden de 2 de abril de 1993, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros que aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales.*

Comunidad Foral de Navarra

- *Orden Foral 195/2014, de 24 de junio, del Consejero de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, por la que se regula el uso del fuego en suelo no urbanizable para la prevención de incendios forestales.*
- *Orden Foral 248/2013, de 5 de julio, del Consejero de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, por la que se regula el uso del fuego en suelo no urbanizable y se establecen medidas de prevención de incendios forestales en Navarra.*
- *Decreto Foral 272/1999, de 30 de agosto, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por incendios forestales en la Comunidad Foral de Navarra.*

País Vasco

- *Resolución 5/1998, de 2 de marzo de 1998, del Director de la Secretaría del Gobierno y de Relaciones con el Parlamento, por el que se aprueba el Plan de Emergencia para Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma del País Vasco.*

La Rioja

- *Orden 13/2016, de 2 de junio, de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente sobre prevención y lucha contra los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de La Rioja para la campaña 2016-2017.*
- *Decreto 58/2005, de 9 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de La Rioja (INFOCAR).*

- *Resolución, de 10 de agosto de 2005, por la que se determinan en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de La Rioja, las zonas consideradas de alto riesgo de incendios y las consideradas espacios abiertos, así como las exclusiones a las prohibiciones de circulación de vehículos de motor y de uso de maquinaria y equipos en los montes (BOR de 13 de agosto de 2005).*
- *Ley 14/2005, de 23 de diciembre, para la aprobación y autorización del Convenio de Colaboración entre el Gobierno de La Rioja y la Junta de Castilla y León en materia de extinción de incendios forestales (BOR de 31 de diciembre de 2005).*
- *Decreto 114/2003, de 30 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 2/95, de 10 de febrero, de Protección y Desarrollo del Patrimonio Forestal de La Rioja (BOR de 4 de noviembre de 2003).*
- *Ley 2/1995, de 10 de febrero, de Protección y Desarrollo del Patrimonio Forestal de La Rioja (BOR de 21 de febrero de 1995).*

La mayoría de la normativa relacionada directamente con incendios forestales existente tanto a nivel estatal como a nivel autonómico puede consultarse en el siguiente link de acceso a la web del MAGRAMA:

Sitio web	http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/incendios-forestales/coordinacion-institucional/#para1
-----------	---

1.5.5 Conclusiones

La base de datos de legislación sobre incendios forestales –tanto a nivel comunitario como nacional y autonómico- es la herramienta básica para regular, por una parte, las actividades susceptibles de producir un incendio forestal y, por otra, todas las actuaciones, planes, programas y protocolo de prevención y extinción llevadas a cabo por los distintos organismos y administraciones para reducir el número de incendios forestales y el daño ocasionado por ellos.

Por todo ello, ante el nuevo contexto ambiental pronosticado por el cambio climático se hace imprescindible una adaptación de toda la normativa sobre incendios forestales, de manera que, considerando como escenario de partida el previsto por el cambio climático, las futuras leyes conformen un marco legal adecuado y resulten verdaderamente eficaces para regular los aspectos antes señalados.

1.6 ACTUACIONES JUDICIALES E INVESTIGACIÓN DE CAUSAS

Juan Ramón Molina Martínez, Manuel Rodríguez Victori y Francisco Rodríguez y Silva

1.6.1 Actuaciones judiciales

1.6.1.1 Introducción

Los factores que inciden en la ocurrencia y propagación de un incendio son muy diversos. De entre ellos, algunos escapan a la capacidad de interferencia del Derecho administrativo/ penal, como las condiciones climáticas (largos períodos de sequía y elevadas temperaturas), la densidad demográfica, el mosaico agrícola-forestal propio del país y los cambios socioeconómicos. No así las acciones humanas (accidentes, negligencias e intencionados), que se encuentran en el origen de la mayor parte de los que se producen en España. El Código Penal de 1995 (artículo 358) abarca las imprudencias en las prácticas agroforestales (quemadas agrícolas o para la creación de pastizales) y en actividades turísticas o urbanas.

Los incendios forestales se ven rodeados, en la actualidad, de nuevas circunstancias que expresan una mayor gravedad del delito y que obligan, cuando menos, a abrir un proceso de reflexión sobre los límites y las técnicas de intervención penal y/o administrativa en este ámbito. A continuación, se va a profundizar en la percepción actual poco proteccionista de los recursos naturales y en la coordinación entre el Derecho Penal y el Derecho Administrativo en materia de prevención de incendios forestales.

Percepción de los recursos naturales

Se aprecia una cierta ruptura generacional, en el sentido de que, mientras las personas de mayor edad valoran los recursos naturales, por lo que han vivido y han supuesto tradicionalmente en términos económicos, los jóvenes lo hacen, fundamentalmente, por sus elementos estéticos y su función como espacio de esparcimiento. Si bien la opinión pública ha venido manifestando una creciente sensibilidad ante la proliferación de incendios forestales, dicha actitud no parece haber ido mucho más allá de lo que se ha denominado "indignación pasiva".

Se ha constatado que son los residentes en poblaciones con menos de 5.000 habitantes (más vinculadas al ámbito rural) los que apoyan más decididamente la implementación de medidas dirigidas a promover la participación social en la prevención y restauración forestal, y a potenciar las actividades económicas vinculadas al monte, para reducir el número de incendios.

La introducción de una agravación judicial que dé respuesta al problema de los incendios de quinta generación (incendios simultáneos en la interfaz urbano forestal) y la puesta en valor de los recursos naturales, contribuirían a la protección de los recursos naturales y, a la sensibilización de los habitantes del mundo rural con relación a la necesidad de implicarse en la conservación de la riqueza forestal de las comarcas (Vázquez-Portomeñe, 2011).

Coordinación entre el Derecho Penal y el Derecho Administrativo en materia de prevención de incendios forestales

En coherencia con los requerimientos propios de los principios de intervención mínima y subsidiariedad, el Derecho Penal aporta un sistema de tutela accesorio con respecto al proporcionado por el Derecho administrativo (Ley 21/2015 de Montes, Ley de Protección Civil 17/2015 y su Directriz 893/2013). Junto con un régimen sancionador y de reparación e indemnización del daño, estas últimas normas contemplan diversas medidas de protección, investigación e incentivo para la conservación de las masas forestales, y se hace eco de la relevancia de la sociedad civil y de la coordinación de las Administraciones Públicas en la prevención de los incendios.

La Ley de Montes recoge la posibilidad que sean declaradas zonas de alto riesgo de incendio, o de protección preferente, aquellas áreas en las que, por el alto peligro de incendio o por el interés de los valores amenazados, fuera ineludible implantar medidas especiales de protección (art. 48). Por otro, la Ley de Incendios Andaluza junto con la Ley de Protección Civil Estatal, obligan a la zonificación, ubicación y localización de las zonas de interfaz urbano forestal. Prueba de la trascendencia de estos expedientes legales –que garantizan el acopio de medios de prevención y extinción autonómicos– es que, en la medida en que se cuente con informes o dictámenes que aconsejen lo contrario, no recurrir a él supondrá una actuación arbitraria, que generará, en caso de incendio, la correspondiente responsabilidad administrativa.

El recurso al Derecho Penal para reforzar la protección de esas zonas de alto riesgo resultaría procedente, al menos, en la medida en que constituye un instrumento horizontal que permitiría apuntalar los esfuerzos desplegados por el legislador de 2003 (modificada por la nueva Ley de Montes 21/2015 de 20 de julio) a la hora de dotarlas de un estatuto especial. La coordinación apela a la necesidad de evitar refugios legales, por consecuencia de las amplias competencias de desarrollo normativo y tutela que la propia Ley atribuye a las diversas Administraciones Públicas.

1.6.1.2 Clasificación de los delitos por incendio forestal

Los incendios forestales se encuentran regulados en el Código Penal de 1995 en la Sección Segunda, bajo la rúbrica “De los delitos contra la seguridad colectiva”. En dicha ubicación podemos encontrar las siguientes tipologías leyendo la regulación legal:

- a) incendios con peligro para la vida o integridad de las personas (art. 351)
- b) incendios de montes o masas forestales (art. 352)
- c) incendios forestales agravados (art. 353)
- d) tipo privilegiado y exención de pena (art. 354)
- e) consecuencias accesorias (art. 355)
- f) incendios en zonas de vegetación no forestal (art. 356)
- g) incendios en bienes propios (art. 357)
- h) cláusula general de imprudencia (art. 358)

A tenor de esta tipología de incendios, y en base al tipo de Derecho Penal aplicable y a los bienes jurídicos puestos en peligro, se podrían identificar cuatro clases de incendios forestales:

- ***Incendios que comportan un peligro para la vida o integridad física de las personas*** (art. 351), siempre que el incendio dé lugar a dicho peligro, se excluirá la aplicación de cualquier otro tipo penal, ya se haya incendiado montes o masas forestales (art. 352, que prevé expresamente la aplicación del artículo 351 en casos de que concurra dicho peligro), zonas de vegetación no forestal (art. 356 pese a que no prevea expresamente la cláusula contenida en el artículo 352) o se trate de incendios en bienes propios (art. 357).

- ***Incendios que comportan un peligro para el medio ambiente*** (arts. 352 a 357). Se incluyen todos estos preceptos en este apartado por cuanto no únicamente los incendios forestales son los que pueden afectar o poner en peligro el medio ambiente, ya sea el tipo básico o el agravado, sino también el incendio en zonas de vegetación no forestal por cuanto que requiere que “perjudique gravemente el medio natural”, y el incendio en bienes propios en cuanto al inciso relativo a que “hubiere perjudicado gravemente las condiciones de la vida silvestre, los bosques o los espacios naturales”.
- ***Incendios que lesionan o ponen en peligro el patrimonio ajeno*** (arts. 263 y siguientes y art. 357 a excepción del último inciso). La inclusión de este precepto se realiza por cuanto que el incendio de bienes propios únicamente se castiga conforme al artículo 357, además de cuando pueda perjudicar el medio natural, cuando lesione o ponga en peligro el patrimonio de terceros, así se deduce de la referencia a que “tuviere propósito de defraudar o perjudicar a terceros, hubiere causado defraudación o perjuicio, existiere peligro de propagación a edificio, arbolado o plantío ajeno”, si bien en este último caso se podría encontrar un referencia a bienes jurídicos supraindividuales.
- ***Incendios en zona de interfaz urbano-forestal*** (art. 351). Un incendio en zona de interfaz urbano forestal, en función de la normativa urbanística aplicable, puede ser declarado forestal o no. El Tribunal Supremo (SSTS 1280/2000 de 7.7, 932/2005 de 14.7, 1021/2007 de 3.12, 560/2009 de 27.5) ha considerado que los bienes jurídicos protegidos por el artículo 351 son tanto el patrimonio de las personas, como la vida e integridad física de las mismas, y ha precisado (SSTS 2201/2001 de 6.3.2002, 724/2003 de 14.5) que el peligro para la vida e integridad física de las personas desencadenado por el fuego a que se refiere el artículo 351 del Código Penal no es el necesario y concreto sino el potencial o abstracto (SSTS 1263/2003 de 7.10). Según se argumenta en la sentencia 1457/99 la consideración de delito de peligro abstracto se ha acentuado en la medida en que en el inciso segundo del artículo 351 del Código Penal, se prevé una atenuación de la pena cuando la entidad del peligro sea menor (STS. 449/2007 de 29.5).

La referencia a la integridad física de las personas, sin que el tipo penal mencione la salud como bien jurídico, ha hecho a algunos autores cuestionarse si los daños que a la salud pueda causar el humo procedente de un incendio, sin que se produzcan abrasiones u otras lesiones de la integridad física, pueden incardinarse en este tipo penal (González, 2000). La respuesta debe ser afirmativa por cuanto que, por un lado, en multitud de ocasiones es el humo la principal causa de muerte durante un incendio, pero también por la falta de precisión con la que el legislador utiliza los términos "integridad física" y "salud" considerándolos en la mayoría de las ocasiones como un bien jurídico omnicomprensivo lo que se manifestó expresamente en una enmienda "in voce" durante la tramitación parlamentaria del artículo 351. La jurisprudencia, por su parte, valora a efectos de peligro, tanto el incendio como los humos y gases tóxicos que se produzcan (STS de 14 de junio de 1999).

Así, pues, en aquellos casos en los que exista un riesgo para la vida o la integridad de las personas, ya sea como consecuencia del peligro de ser alcanzada por las llamas, ya por las lesiones que pueda sufrir como consecuencia del derrumbe de edificios u otros elementos como consecuencia del fuego, ya por las lesiones que

pueda causarse al huir del fuego, ya por las consecuencias que el humo pueda tener para la salud, se excluirá la aplicación del artículo 352 siendo de aplicación el 351.

Finalmente, señalar que incluso en los casos de incendio de bienes propios también queda afectada la propiedad ajena en los términos previstos en el artículo 357 aunque no sea consecuencia directa de la combustión; (Artículo 357: "El incendiario de bienes propios será castigado con la pena de prisión de uno a cuatro años si tuviere propósito de defraudar o perjudicar a terceros, hubiere causado defraudación o perjuicio, existiere peligro de propagación a edificio, arbolado o plantío ajeno o hubiere perjudicado gravemente las condiciones de la vida silvestre, los bosques o los espacios naturales").

- ***Incendios en zona de interfaz agrícola-forestal.*** Dentro de los incendios de bienes propios, no se ha considerado la quema de rastrojos (SAP Zamora 31/1998, de 6 de mayo) por la dificultad de considerar los rastrojos bienes propios al carecer de valor económico y estar normalmente destinados a la quema, así como por el hecho de que el código penal anterior preveía una falta para la quema de rastrojos sin autorización, excluyéndolo del tipo de incendio de bienes propios. En caso de incendio accidental por la eliminación de residuos forestales mediante quema, no derivados de aprovechamiento forestal, al no disponer de valor económico, podría hacer fuera aplicable dicho precepto.

1.6.1.3 Actuaciones judiciales por imprudencia grave

El número de diligencias de investigación y sentencias por delitos de medio ambiente es variable anualmente, y depende en gran medida del número de incendios y de la causa de los mismos. Como dato de partida, se puede utilizar el informe de Greenpeace (2008), el cual estima para España un número de sentencias entre 1997-2007 de 219 en materia de incendios forestales. De este total se estima que fueron condenatorias un 80,82% de las sentencias a nivel nacional, destacando el Principado de Asturias y la Comunidad Valenciana con más del 94% de sentencias condenatorias. La Comunidad Autónoma Andaluza Andalucía señaló un 80% de sentencias condenatorias.

La cifra de sentencias se incrementa drásticamente, con la presencia de más y mejores medios y la creación de las Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (BIIF), alcanzando sólo en el año 2015 las 158 sentencias en materia de incendios forestales (Memoria Anual de la Fiscalía General del Estado). De éstas, 131 sentencias fueron condenatorias (82,91%) y 27 sentencias absolutorias (17,09%). Se aprecia cambios significativos en el número de sentencias, aunque no en el número de sentencias condenatorias entre el período 1997-2007 y el año 2015. El número de sentencias condenatorias fue un 23,39% inferior al del año 2014, aunque este hecho se atribuye al menor número de diligencias en delitos contra el medio ambiente.

De los siniestros investigados por las BIIF, se han esclarecido las causas del 56,41% (18,56% intencionados, 25,42% negligentes, 3,77% naturales, 3,49% accidentales y 5,17% desconocidos). Como se puede observar, el mayor porcentaje (25,42%) se corresponde con incendios forestales producidos por conductas negligentes. Es por ello por lo que este breve trabajo se va a centrar en los incendios forestales por imprudencia grave (art. 352 en relación con el art. 358 del Código Penal). Las actuaciones judiciales que se van a comentar proceden de las Audiencias Provinciales de Andalucía, jurisdicción de lo penal, por delitos de incendio forestal por imprudencia grave (art. 352 en relación al 358 del CP) desde 2007 a 2016. Obviamente, se comentan sólo alguna de ellas de

mayor interés por la razón de que en los fundamentos de derecho se dilucide o clarifique alguna cuestión trascendente desde el punto de vista técnico.

Caso 1: Sentencia Audiencia Provincial de Huelva Número 58/2015

Origen del incendio

Salto de chispa por moto-desbrozadora sin cumplir las medidas de prevención incluidas en el proyecto de ejecución (presencia de agua y extintores y cortafuegos perimetrales).

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la valoración de la prueba: el apelante intenta una recalificación de los hechos por parte del Juez de lo Penal. La sentencia apelada, se apoya en el informe elaborado por la Brigada de Investigación de Incendios Forestales (BIIF) y las pruebas testificales de los agentes del SEPRONA: lugar de inicio del fuego, carácter inverosímil de la explicación alternativa de otras causas que causarían el fuego, contradicciones en sus declaraciones pese a reconocer el uso de la radial.
- Vulneración del derecho constitucional a la presunción de inocencia, con la consiguiente indefensión: se realizó un juicio oral, para enervar la presunción de inocencia, con declaraciones testificales de los intervinientes en los hechos y pericial de la BIIF.
- Clasificación o tipificación de los hechos: El Tribunal debe justificar si concurren elementos suficientes para calificar la imprudencia cometida como grave. A tal efecto, el Tribunal recurre a la jurisprudencia reiterada del Tribunal Superior en la que éste ha realizado una sencilla tripartición de los elementos del delito imprudente (Sentencias de la Sala Segunda del Tribunal Supremo de 18 de septiembre de 2001, 31 de enero y 22 de febrero de 2005 y 28 de junio de 2013):
 - Producción de un resultado que sea la parte objetiva de un tipo doloso
 - Infracción de una norma de cuidado, cuyo aspecto interno es el deber de advertir la presencia del peligro, y cuyo aspecto externo es el deber de comportarse conforme a las normas de cuidado necesarias para evitar el peligro que debió advertirse
 - Que se haya querido la conducta descuidada, con conocimiento del peligro o sin él, pero no el hecho resultante de la conducta.
- Cumpliéndose los requisitos primero y tercero, puede además decirse que en el presente caso la graduación de los deberes de cuidado permite la calificación de la imprudencia como grave. El deber de cuidado interno se gradúa, en primer lugar, atendiendo a las circunstancias generales desde la perspectiva previa de la persona concienzuda y juiciosa. Es evidente que el hombre medio ideal no desconoce, sobre todo con la información suministrada por los medios de comunicación, el especial peligro que para el monte existe en determinadas épocas del año, por razón de la temperatura, como consecuencia del viento, de la sequía. En realidad, bien puede decirse que la intensificación del deber de cuidado interno se produce atendiendo a circunstancias espacio-temporales que determinan este peligro especial:
 - Circunstancias temporales: Época de peligro
 - Circunstancias especiales: Zonas de peligro

Parece lógico entender que en tales circunstancias crecía la posibilidad de previsión del resultado incendiario.

Hecho destacado de la sentencia

La alusión que hace el Tribunal a las zonas de peligro de acuerdo al *Decreto 371/2010, de 14 de septiembre, por el que se aprueba el Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía y se modifica el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales aprobado por el Decreto 247/2001, de 13 de noviembre.*

Fallo de la sentencia

Se desestima el recurso de apelación y se confirma la sentencia en primera instancia: "**prisión de cuatro meses**, inhabilitación especial para el ejercicio del derecho de sufragio pasivo durante el tiempo de la condena, multa de cuatro meses con una cuota diaria de seis euros, responsabilidad personal subsidiaria en caso de impago de un día de privación de libertad por cada dos cuotas de multa no satisfechas, y todo ello con expresa imposición de las costas causadas más la correspondiente responsabilidad civil".

Caso 2: Sentencia de la Audiencia Provincial de Granada número 264/2015

Origen del incendio

Salto de chispa por realización de trabajos de soldadura para la colocación de un cartel informativo, sin adoptar las medidas preventivas prevista en la normativa.

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la valoración de la prueba: el apelante intenta una recalificación de los hechos por parte del Juez de lo Penal. La sentencia apelada, se apoya en el informe elaborado por la Brigada de Investigación de Incendios Forestales (BIIF). Los razonamientos jurídicos a los que acude el Tribunal siguen esta línea.
- Clasificación o tipificación de los hechos: el recurso de apelación se centra en intentar rebajar el grado de gravedad de la imprudencia, evitando la aplicación del artículo 358 del Código Penal, y por tanto las consecuencias penales.

Hecho destacado de la sentencia

La importancia que adquiere el informe BIIF y la mención a zona de influencia forestal.

Fallo de la sentencia

Se desestima recurso de apelación y se confirma la condena: "**prisión de tres meses**, con la accesoria de inhabilitación especial para el ejercicio del derecho de sufragio pasivo durante el tiempo de la condena. La pena de multa de tres meses fijándose la cuota diaria en seis euros, con apercibimiento al condenado de que en caso de impago quedará sujeto a una responsabilidad personal subsidiaria que será de un día de privación de libertad por cada dos cuotas diarias no satisfechas. El condenado deberá abonar las costas procesales y hacer frente a la responsabilidad civil derivada del delito".

Caso 3: Sentencia de la Audiencia Provincial de Granada número 500/2015

Origen del incendio

Salto de chispa por máquina radial en zona de influencia forestal.

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Valoración y aplicación errónea en la calificación delictiva del hecho: se alega que el fuego no alcanzó la zona "genuinamente forestal" que protege el tipo penal aplicado ni, a su juicio, esa zona sufrió perjuicios como resultado de la escasa propagación del fuego hasta quedar sofocado. Este motivo no prospera. La Audiencia acude al Artículo 5 de la Ley de Montes (Ley 21/2015 de 20 de julio), en la cual el concepto de monte no coincide con la terminología utilizada por el Código Penal. El Código Penal hace hincapié en la "masa" o conjunto de recursos que son el verdadero y más inmediato objeto del fuego. En este sentido, los montes o masas forestales a que se refiere el artículo 352 del Código Penal son extensiones de terreno sensible o apreciablemente cubiertas por la vegetación arbórea, arbustiva o matorral, que no aparezca directamente vinculados a una explotación agrícola.
- Vulneración del derecho de defensa por no haberse practicado determinada prueba sobre la calificación técnica como zona de influencia forestal en los terrenos que fueron escenario del incendio. Se desestima pues dicha cuestión quedó resuelta en primera instancia.

Hecho destacado de la sentencia

La importancia que adquiere la zona de influencia forestal, a pesar de que no existe una definición correcta legal de la misma. Dicha superficie es una zona en la que se amplía el régimen (prohibiciones) de usos y actividades con riesgo potencial de incendio en zonas próximas a monte o terreno forestal pero no extiende la clasificación jurídica de un suelo.

Fallo de la sentencia

Se desestima recurso y se confirma condena: "**prisión de seis meses**, con la accesoria de inhabilitación especial para el ejercicio del derecho de sufragio pasivo durante el periodo de la condena y seis meses de multa con cuota diaria de 3 euros, con responsabilidad personal subsidiaria en caso de impago de un día de privación de libertad por cada dos cuotas diarias insatisfechas teniendo que hacer frente a la correspondiente responsabilidad civil derivada del delito".

Caso 4: Sentencia de la Audiencia Provincial de Huelva número 296/2015

Origen del incendio

Incendio originado por un deficiente mantenimiento de línea eléctrica

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la valoración de la prueba con el consiguiente error en la fijación de los hechos que se consideran probados. Además, señala que no resulta de aplicación el artículo 23 del Decreto Andaluz 247/2001 de 13 de noviembre que aprueba el Reglamento de Prevención y Lucha contra los incendios forestales al tratarse de una línea aérea de baja tensión con conductor aislado, y que la conducta del condenado en modo alguno puede considerarse como de imprudencia grave o temeraria.
- En primera instancia quedó perfectamente fijado por un lado, el origen del incendio al objeto de concretar la responsabilidad del condenado (Resolución a la que se remite la Audiencia.) y por otro, también en primera instancia, la BIIF concluyó que el incendio se debió a "la negligencia por deficiente mantenimiento de la línea eléctrica, por un cable que baja del apoyo hasta el suelo y en el punto donde roza

con la estructura metálica del apoyo está muy deteriorado, sin aislante y con muchos hilos de cobre rotos y oxidados”.

Hecho destacado de la sentencia

La sentencia se apoya en el artículo 23 del *Decreto Andaluz 247/2001*, por el que se hace responsable de los hechos al titular de la línea eléctrica.

Fallo de la sentencia

Se desestima recurso y se confirma sentencia recurrida: "**prisión de seis meses**, con la accesoria de inhabilitación especial para el ejercicio del derecho de sufragio pasivo durante el periodo de la condena y seis meses de multa con cuota diaria de 6 euros, indemnización a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en concepto de responsabilidad civil, y abono de las costas procesales".

Caso 5: Sentencia de la Audiencia Provincial de Huelva número 415/2014

Origen del incendio

Incendio originado por la existencia de vegetación en contacto directo con líneas eléctricas

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la apreciación de la prueba dada la falta de identificación de la causa del incendio y lugar de inicio y las tareas de revisión del cableado. Esta alegación es desestimada en base al informe elaborado por la BIIF. Dicho informe concluye: “La causa debe residenciarse en el contacto directo de los conductores de la línea eléctrica con las copas de los pinos, por falta del mantenimiento adecuado”, calificándose asimismo esa línea eléctrica "en situación precaria con incumplimiento de la normativa”.
- Error en la calificación administrativa de la imprudencia e incidencia en la línea eléctrica. Es independiente la calificación de la imprudencia como leve en vía administrativa pues esta calificación no vincula a los órganos de Jurisdicción Penal. En segundo lugar, y en la misma línea, independientemente de que la calificación administrativa de la imprudencia fuese de leve, no cabe la menor duda de que el cableado no se encontraba en las condiciones legalmente exigibles conforme a la normativa establecida en la *Ley de Montes 43/2003*; *Ley Forestal de Andalucía 2/1992* y su Reglamento de 1997; en el *Decreto de la Consejería de Gobernación de la Junta de Andalucía 371/2010 de 14 de Septiembre*, *Decreto 247/2001 de 13 de Noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales*; *Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión*.

Hecho destacado de la sentencia

La resolución condena penalmente a los responsables legales de dos empresas o actividades inherentes a la línea eléctrica: empresa de suministro eléctrico y empresa encargada de la ejecución de las tareas de prevención.

Fallo de la sentencia

Confirmación sentencia recurrida en apelación.

Caso 6: Sentencia Audiencia Provincial de Málaga Número 286/2015

Origen del incendio

Incendio originado por quema de residuos agrícolas (restos de poda de olivar) en zona de influencia forestal

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la valoración de la prueba y la indebida aplicación del artículo 352 del Código en relación con el artículo 358, con infracción de precepto constitucional por vulneración del Principio de Presunción de Inocencia, realizando una serie de consideraciones con la finalidad de obtener su libre absolución por falta de nexo de causalidad entre la causación del incendio y la autoría de quien recurre.

Hecho destacado de la sentencia

La sentencia en relación a la zona de influencia forestal es transcendental dado que expresa que dicha zona no es suficiente para la clasificación de un suelo como forestal, impidiendo la aplicación de supuesto de hecho contemplado en el artículo 352 en relación al 358 del Código Penal.

“Por tanto, aunque el terreno administrativamente puede calificarse como terreno agrícola de influencia forestal, y el incendio provocado en el mismo, también según la norma administrativa, puede tener el carácter de incendio forestal por estar incluido en esa franja de seguridad inferior a 400 metros de un terreno forestal, es lo cierto que 0 hectáreas de esta naturaleza fueron las afectadas; ello significa que, en el rigor que debe presidir la interpretación de los tipos penales, - siguiendo las prevenciones del art. 4 del código penal, que proscribía la posibilidad de que los tipos penales se puedan aplicar a supuestos distintos de los previstos expresamente en los mismos-, no fue incendiado ni uno solo metro de monte ni masa forestal - pudo haberse afectado, pero lo cierto es que no sucedió-, y ello lleva a la conclusión de que el terreno afectado no tiene el carácter de monte o masa forestal a los efectos del artículo 352 del código penal. Si el concepto de monte o masa forestal es el recogido en el artículo 1 de la Ley Forestal de Andalucía, claramente se colige que dentro de su contenido no queda incluido el terreno agrícola de influencia forestal; si el legislador hubiera querido conferir aquel carácter a estos terrenos, con seguridad que hubiera incluido en aquel precepto como monte o terreno forestal a los terrenos agrícolas situados dentro del radio de 400 metros del terreno forestal, pero lo cierto es que no lo hizo. Esta conclusión no significa que la acción que se pueda imputar a la acusada resulte intrascendente legalmente, pues si no se han seguido las previsiones sobre la quema de residuos agrícolas pueden generarse las consecuencias administrativas que procedan, incluso las civiles que se puedan ejercer en reclamación de los daños y perjuicios que se hayan podido provocar, pero ello no implica trascendencia penal de la conducta enjuiciada. Cuanto se ha expuesto, es corroborado, además, por el artículo 2 de la Ley Autonómica 5/99 de 29 de junio de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales, que entiende como incendio forestal los que afecten a superficies que tengan la consideración de montes o terrenos forestales, según la legislación forestal, y dentro de este concepto incluye los enclaves forestales localizados en terrenos agrícolas, cualquiera que fuera su extensión, con la sola excepción de los árboles aislados, debiéndose advertir como en el concepto dicho no queda integrado como monte o terreno o masa forestal el terreno agrícola de influencia forestal - que es, como se ha dicho anteriormente, el terreno agrícola situado dentro de un radio de 400 metros del terreno forestal. En consecuencia, debe ser estimado el recurso de apelación promovido por la defensa de la acusada, sin

que se hayan acreditado circunstancias que permitan valorar la posible inclusión de la conducta en el artículo 356 del código penal'.

Fallo de la sentencia

Confirmación del recurso y **absolución del condenado**

Caso 7: Sentencia Audiencia Provincial de Almería Número 360/2014

Origen del incendio

Incendio originado por restos de azufre incandescente utilizado para la limpieza de utensilios

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la valoración de la prueba y la indebida aplicación del artículo 352 del Código en relación con el artículo 358, con infracción de precepto constitucional por vulneración del Principio de Presunción de Inocencia, realizando una serie de consideraciones con la finalidad de obtener su libre absolución por falta de nexo de causalidad entre la causación del incendio y la autoría de quien recurre.
- Dicho derecho reaccional queda enervado a través de una prueba indirecta o derivada de indicios siempre que concurren las siguientes condiciones:
 - Pluralidad de los hechos-base o indicios.
 - Precisión de que tales hechos-bases estén acreditados por prueba de carácter directo.
 - Interrelación.
 - Racionalidad de la inferencia.
 - Expresión en la motivación del cómo se llegó a la inferencia de la instancia.

Hecho destacado de la sentencia

El razonamiento realizado por el Juzgado de lo Penal para inferir que la actuación llevada a cabo por la recurrente debe considerarse como grave, dado que concurren las condiciones anteriores.

Fallo de la sentencia

Confirmación condena: "**prisión de 6 meses**, accesoria de inhabilitación especial para el derecho de sufragio pasivo durante el tiempo de la condena, multa de 6 meses con cuota diaria de 6 euros, con responsabilidad personal subsidiaria en caso de impago de conformidad con el art. 53 del Código Penal y costas".

Caso 8: Sentencia de la Audiencia Provincial de Madrid número 26/2014

Origen del incendio

Incendio originado por la viruta metálica incandescente de la soldadura de metal y chispas producidas por corte de radial en metales.

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Error en la valoración de la prueba y la indebida aplicación del artículo 352 del Código en relación con el artículo 358, con infracción de precepto constitucional

por vulneración del Principio de Presunción de Inocencia, realizando una serie de consideraciones con la finalidad de obtener su libre absolución por falta de nexo de causalidad entre la causación del incendio y la autoría de quien recurre.

- Los fundamentos jurídicos son similares a los casos anteriores, haciendo especial hincapié en la consideración de monte o terreno forestal y a la procedencia o no de la aplicación del artículo 352.2.

Hecho destacado de la sentencia

El Ministerio Fiscal calificó los hechos, no sólo el artículo 352.1 en relación con el artículo 358 del código Penal, sino del artículo 352.1 y 2 del código Penal en relación con el artículo 351 del citado cuerpo legal, al considerar existió peligro para la vida o integridad física de las personas afirmando que el incendio provocó que tuvieran que evacuar 9 viviendas y un total de 19 personas dada la intensidad del humo y la cercanía de las llamas con riesgo de asfixia para los moradores.

Tras el estudio, el Tribunal estimó no ser de aplicación el párrafo segundo del artículo 352 del Código Penal. En este supuesto nos ante un delito cometido por imprudencia grave, en cuyo caso, la combustión en algún objeto por imprudencia, requiere que el incendiario, no sólo se plantee la probabilidad del incendio sino que se plantee la peligrosidad próxima para la vida o integridad física de las personas. Es decir, que el peligro para la vida o integridad física de las personas debe ser probable. Toda vez que si el sujeto no se lo puede representar como previsible y evitable, no se puede calificar los hechos, como constitutivos del delito del artículo 351 párrafos 1 y 2 del Código Penal. El peligro para la vida o integridad física de las personas debe acreditarse y no podrá presumirse ni siquiera por el hecho de que el fuego se haya producido en medio urbano habitado. En este sentido, cabe decir que existen sentencias en las que se determina como no se aprecia peligro para la vida o integridad de las personas:

- Cuando incluso el fuego tuvo lugar en la parte exterior e inferior de un edificio de tres plantas en el que la vivienda propiamente dicha se encuentra en la tercera y una considerable distancia.
- La vivienda afectada se hallaba vacía en ese momento.

Fallo de la sentencia

Confirmación condena: para el primero "**prisión de 9 meses**, accesoria de inhabilitación especial para el derecho de sufragio pasivo durante el tiempo de la condena, multa de 9 meses con cuota diaria de 10 euros, responsabilidad personal subsidiaria de un día de privación de libertad por cada dos cuotas no satisfechas en caso de impago de la multa; y para el segundo: **prisión de seis meses**, accesoria de inhabilitación especial para el derecho de sufragio pasivo durante el tiempo que dure la condena y multa de seis meses con cuota diaria de seis euros, responsabilidad personal subsidiaria de un día de privación de libertad por cada dos cuotas no satisfechas en caso de impago de la multa".

Caso 9: Sentencia de la Audiencia Provincial de Córdoba número 303/2008

Origen del incendio

Incendio forestal originado por trabajos de instalación de cerca, usando para ello herramientas tales como pistoleta con equipo eléctrico, dando lugar a que saltaran pequeñas chispas y que se produjera la ignición.

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Único motivo infracción, alegado en este caso por el Ministerio Fiscal, por inaplicación del Artículo 358 del Código Penal, y ello por cuanto a su juicio ha quedado acreditado que la imprudencia en que incurrió el acusado debe ser calificada de grave, y por tanto subsumible en las previsiones de tal precepto. A este respecto la Audiencia provincial de Córdoba pone de manifiesto que lo fundamental es la prueba de la gravedad de la imprudencia. Para ello se considera la omisión de un deber objetivo de cuidado en la que se dejan de tomar las más elementales reglas de cautela o diligencia exigibles en la realización de una actividad determinada.

Hecho destacado de la sentencia

El incendio fue tipificado como "forestal" aun no abarcando suelo clasificado como forestal ni afectando una "masa forestal". No se hace referencia, al menos en este recurso, al punto en el que se origina el incendio. Se centra en que, debido a la propagación a la parcela contigua, en zona de influencia forestal, resultó calcinada 1 ha de superficie.

Fallo de la sentencia

Confirmación primera instancia: **Absolución.**

Caso 10: Sentencia de la Audiencia Provincial de Jaén número 107/2008

Origen del incendio

Incendio forestal fue originado por virutas incandescentes de una radial utilizada para cortar un pie de un poste metálico perteneciente a una conducción eléctrica.

Alegaciones y fundamentos de derecho

- Único motivo infracción, alegado en este caso por el Ministerio Fiscal, por inaplicación del Artículo 358 del Código Penal, y ello por cuanto a su juicio ha quedado acreditado que la imprudencia en que incurrió el acusado debe ser calificada de grave, y por tanto subsumible en las previsiones de tal precepto. Los razonamientos jurídicos alegados por la Audiencia son los mismos que se han comentado con anterioridad.

Hecho destacado de la sentencia

El cumplimiento de las recomendaciones especificadas en el Decreto 247/2001 respecto a las medidas preventivas (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio), son suficientes para que la negligencia sea considerada como leve y, por tanto, no punible.

Los acusados manifestaron que limpiaron de vegetación aproximadamente 1-1,5 m de cada poste y, que llevaban bidones de agua para sofocar una posible ignición. Sin embargo, una chispa debió saltar por detrás de ellos y, aunque se dieron cuenta e intentaron apagar el fuego, no pudieron extinguirlo y llamaron a la Guardia Civil (los acusados se encontraban apagando el fuego cuando llegaron éstos).

Fallo de la sentencia

Confirmación primera instancia: **Absolución.**

Caso 11: Sentencia Audiencia Provincial de Jaén Número 367/2016

Origen del incendio

Incendio originado por quema de residuos de roza de matorral y poda

Alegaciones y fundamentos de derecho

- El artículo 358 del Código Penal castiga al que por imprudencia grave provocare alguno de los delitos penados en las secciones anteriores. Conforme establece la reciente doctrina del Tribunal Superior (SSTS de 21 de julio de 1995, 22 de septiembre 1995, 14 de febrero de 1997, 9 de junio de 1999 y 6 de marzo de 2002) la imprudencia penal requiere:
 - La concurrencia de una acción u omisión voluntaria, no malicioso
 - La infracción de deberes de cuidado
 - La creación de un riesgo previsible y evitable de daños (o lesiones)
- La producción de un resultado dañoso; que de ser dolorosa la acción, integraría delito, y que se halle en relación de causalidad con la conducta del agente
- La determinación de si el incendio en cuestión se inició en la hora de los trabajos forestales, en cuyo caso, sería necesaria con posterioridad analizar si su actuación se ajustó o no a la normativa vigente y si tal actuación fue voluntaria, no maliciosa, si se infringieron deberes de cuidado, y si se creó un riesgo previsible y evitable de daños.

Hecho destacado de la sentencia

A pesar de la existencia de un informe BIIF que de forma directa atribuye el incendio a "Negligencia motivada por quema de residuos forestales sin seguir las normas de seguridad pertinentes", existieron dos informes contradictorios que afirmaban que "no era posible atribuir el inicio del incendio a una deficiente ejecución de los trabajos forestales, pues el inicio del incendio se produjo no en la zona superior sino inferior" "el fuego se propagó de forma ascendente, y no descendente como indica el informe BIIF" "con el grado de humedad y temperatura existente en la zona a finales del mes de Marzo o primeros de Abril, una hoguera mal apagada días antes pudiera mantenerse encendido y provocar el incendio".

"A la vista de los tres informes, y teniendo en cuenta que la propia Junta de Andalucía aporta a la causa dos informes contradictorios con respecto al punto de inicio del incendio., los cuales representan en esta causa la única prueba objetiva y técnica que podría determinar la responsabilidad de los acusados en los hechos imputados, se considera por esta juzgadora que como mínimo tal contradicción genera una duda acerca de la zona y forma de producción del incendio que impide atribuir la responsabilidad del mismo, por lo que en virtud del Principio de In dubio Pro Reo, y Principio de presunción de Inocencia que rige en todo proceso penal, y no existiendo prueba de cargo con entidad suficiente que permita considerar probados los hechos imputados, procederá el dictado de una sentencia absolutoria.

Fallo de la sentencia

Confirmación de **absolución** a todos los acusados

1.6.1.4 Conclusiones

El análisis de la jurisprudencia más reciente por incendios forestales en relación a imprudencias graves aprecia diferentes interpretaciones para una misma realidad o hechos, así como en las interpretaciones acerca de la gravedad de los mismos. Las alegaciones presentadas por los apelantes son reiterativas: error en la valoración de la prueba y la indebida aplicación del artículo 352 del Código en relación con el artículo 358, con infracción de precepto constitucional por vulneración del Principio de Presunción de Inocencia, realizando en todos los casos una serie de consideraciones con la finalidad de obtener su libre absolución por falta de nexo de causalidad entre la causa del incendio y la autoría de quien recurre. Por su parte, cuando la Fiscalía es quien recurre, lo hace en el mismo sentido; alega un único motivo infracción por inaplicación del artículo 358 del Código Penal.

Las medidas adoptadas en la ejecución de las actividades con riesgo de incendios y las disposiciones normativas en vigor ponen en relieve el déficit normativo y la poca coordinación entre el derecho administrativo y el derecho penal. Las Administraciones Autonómicas y las Entidades Locales deberían de poner en conocimiento a cualquier titular de un derecho real o de uso y disfrute de las obligaciones que le son inherentes en aplicación de la normativa específica de incendios forestales como titular de dicho bien. En ese momento, estaría justificada la intervención del derecho penal (*última ratio*). En coherencia con lo los requerimientos propios de los principios de intervención mínima, *última ratio* y subsidiariedad, recordar que el Derecho penal aporta un sistema de tutela accesorio con respecto al proporcionado por el Derecho administrativo y que por ello mismo, los fines perseguidos por la legislación específica y el capítulo dedicado a los incendios forestales del texto punitivo deberían ser los mismos y sobre los mismos bienes jurídicos.

Sería recomendable una reforma del catálogo de alegaciones prevista en el artículo 353 del Código Penal, para que se incluya un subapartado de agravante a los incendios en la interfaz urbano-forestal, en los que se pone en riesgo los bienes patrimoniales y la vida de las personas. De esta forma, se podría dar cabida a los nuevos incendios en las zonas de interfaz, que incluso conllevan la evacuación de personas por riesgo de llegada de las llamas o inhalación de humos, y que no han contemplado la aplicación del artículo 352.2 en el que el texto punitivo remite al artículo 351.

El abandono de terrenos agrícolas y trabajos agroforestales están provocando la forestación de muchos terrenos o parcelas colindantes a los bosques. El concepto de zona de influencia forestal ha conllevado a diferentes interpretaciones judiciales siendo necesaria una aclaración de al menos del concepto de "monte" y "masa forestal" y a la información de los titulares (SAP Huelva número 58/2015), principalmente en zonas de alto riesgo de incendios (*Ley 5/99 de Prevención y Lucha de Incendios Forestales*).

Las resoluciones judiciales han puesto de manifiesto la importancia de la intervención de las Brigadas de Intervención de Incendios Forestales (BIIF), sin las cuales sería muy difícil perseguir este tipo de delitos y, por supuesto, subsumirlos en el correspondiente tipo penal. Es por ello, que se requiere una formación técnico-práctica continua de estos cuerpos, así como la disposición de instrumental lo más moderno posible para el desarrollo de su labor.

1.6.2 Investigación de causas

1.6.2.1 Introducción

Las Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (BIIFs) constituye un punto de inflexión en materia de investigación de la causalidad de incendios forestales. Previamente, no existía una metodología común de análisis y al mayor porcentaje de incendios forestales se le asignaba por defecto causa desconocida, en gran parte porque la mayor preocupación de los servicios de extinción se dedicaban a las labores de extinción. En la actualidad, las causas desconocidas han ido disminuyendo debido a la mayor cualificación profesional en la elaboración de las pesquisas y los informes. Si bien, este descenso ha propiciado un incremento de los accidentes y negligencias.

De especial interés resulta el hecho que más del 80% de los incendios forestales tengan directa o indirectamente la causa humana como origen. Aunque los presupuestos regionales han incrementado exponencialmente, y los dispositivos de extinción han mejorado sus registros y/o estadística, aún no se ha conseguido disminuir la importancia relativa de la causa humana en el conjunto de incendios, por lo que se requiere de una labor continua en prevención social, principalmente en las zonas de mayor riesgo histórico. Este aspecto revela la escasa conciencia de la población sobre el valor económico, social y ecológico de los montes y la importancia de su conservación.

1.6.2.2 Perspectiva nacional

Se tiene constancia de que el hombre ya quemaba en algunas zonas de España, por ejemplo, en los Picos de Europa, hace 4.900 años para extender el terreno destinado a pastizales. Por tanto, surge la idea de que el hombre en ambiente mediterráneo debe aprender a convivir con el fuego y no a su erradicación. Como ejemplo, es digno de destacar las consecuencias de la suspensión de quemas en Galicia en los años 90, que lo único que conllevó fue el cambio de la hora de las mismas, incrementado la dificultad de control de los medios de extinción ante un escape.

El clima y la meteorología son dos de los principales factores condicionantes, que no causantes, de la ocurrencia de incendios forestales. Prueba es que más de la mitad de los incendios en España se producen en Galicia, que es una de las regiones más húmedas y con menor período de sequía. Por tanto, resulta obvio que para poder adoptar soluciones hay que conocer la raíz del problema, es decir, la causa de los incendios forestales. Una vez conocida la causa se pueden articular y/o coordinar medidas o legislación específica para la conciliación de intereses y la corrección de factores de riesgo, sin obviar la necesaria convivencia del fuego con el medio rural.

Los fuegos de origen intencionado son la causa del 55% de los incendios forestales acontecidos en España (2010-2013) y suponen casi el 60% de la superficie quemada (Estadística de Incendios Forestales del MAGRAMA). Las estadísticas del MAGRAMA contemplan 25 motivaciones diferentes como origen de los incendios intencionados (Tabla 1.6.1).

Tabla 1.6.1 Representatividad de las causas de incendios intencionados en España.
Fuente: España en Llamas a partir de la información del MAGRAMA

Motivaciones	Nº incendios	% incendios intencionados	Hectáreas	% ha incendios intencionados
Sin datos	42.082	35,60%	307.029	34,66%
Campeñinos para eliminar matorral y residuos agrícolas	31.998	27,07%	113.744	12,84%
Pastores y ganaderos para regenerar el pasto	20.068	16,98%	194.332	21,94%
Pirómanos	7.112	6,02%	76.654	8,65%
Otras motivaciones	6.498	5,50%	76.200	8,60%
Vandalismo	3.731	3,16%	24.670	2,79%
Cazadores para facilitar la caza	2.365	2,00%	36.644	4,14%
Venganzas	1.320	1,12%	29.883	3,37%
Ahuyentar animales (lobos, jabalíes)	1.238	1,05%	10.960	1,24%
Modificar el uso del suelo	387	0,33%	1.068	0,12%
Contra el acotamiento de la caza	263	0,22%	5.891	0,67%
Disensiones en cuanto a la titularidad de los montes públicos o priva..	149	0,13%	662	0,07%
Animadversión contra repoblaciones forestales	148	0,13%	1.284	0,14%
Delincuentes, etc. para distraer a la G. Civil o Policía	139	0,12%	430	0,05%
Rechazo a la creación o existencia de espacios naturales protegidos	119	0,10%	955	0,11%
Favorecer la producción de productos del monte	112	0,09%	330	0,04%
Venganzas por multas impuestas	87	0,07%	1.015	0,11%
Ritos pseudoreligiosos y satanismo	78	0,07%	38	0,00%
Contemplar las labores de extinción	72	0,06%	131	0,01%
Bajar el precio de la madera	59	0,05%	423	0,05%
Resentimiento por expropiaciones	50	0,04%	91	0,01%
Obtener salarios en la extinción de los mismos o en la restauración	48	0,04%	270	0,03%
Grupos políticos para crear malestar social	32	0,03%	54	0,01%
Represalia al reducirse las inversiones públicas en los montes	21	0,02%	3.024	0,34%
Forzar resoluciones de consorcios o convenios	20	0,02%	37	0,00%
Total	118.196	100,00%	885.821	100,00%

El análisis nacional muestra la existencia de tres zonas peninsulares muy diferenciadas: una primera que engloba el noroeste con un elevado índice de causalidad humana (Figura 1.6.1); una segunda que engloba el área mediterránea, con énfasis en la Comunidad Valenciana; y una tercera que engloba a las comunidades interiores:

- En el noroeste peninsular (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y las provincias de León y Zamora) el 75% de los incendios son intencionados, especialmente para eliminar matorral o monte bajo, obtener pastos para el ganado, o para quemar rastrojos. Esta situación es sumamente grave si tenemos en cuenta que más del 70% de los incendios forestales en el Estado español se producen en dicha área geográfica.
- En el área mediterránea las negligencias constituyen más del 50% de los incendios, destacando también la alta intencionalidad (alrededor del 30%) y la caída de rayos en la Comunidad Valenciana (23%).
- En las comunidades interiores las negligencias son la principal causa de los incendios, seguidas por los intencionados, que destacan en Castilla y León y Extremadura. También, es de destacar la importancia relativa (aproximadamente 30%) de las causas naturales en la ignición de las comunidades de Aragón, Castilla y León y Castilla la Mancha.
- En Canarias prácticamente la totalidad de siniestro dispone de causa humana, destacando los intencionados y las negligencias. Aunque la estadística señala un bajo número de incendios, éstos han sido de gran relevancia en los últimos años.

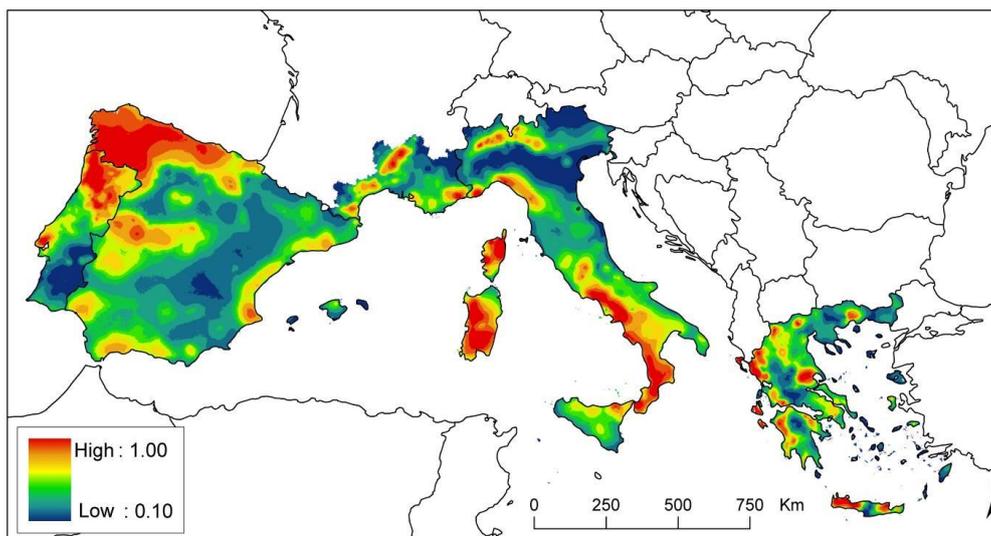


Figura 1.6.1. Riesgo humano de incendios forestales en Europa. Fuente: EFFIS

Como hechos destacables del análisis geográfico de España cabe destacar:

- El elevado índice de gravedad (superficie quemada/superficie forestal) para Galicia, Asturias, Cantabria y Madrid. Especialmente grave resulta en el caso de Galicia dado su tamaño comparativo en relación a Cantabria y Madrid.
- El elevado porcentaje de incendios con causa desconocida de Madrid, Asturias y Extremadura, aunque esta última muy distante de las dos primeras. Si se desconocen las causas de los incendios difícilmente puede realizarse una adecuada campaña de prevención. Destaca el hecho de que la Comunidad de Madrid sea la Comunidad con mayor gasto por hectárea y año por incendios forestales, lo que parece apuntar hacia una baja eficacia de las labores regionales de prevención. En el caso de Asturias, el alto porcentaje de causa desconocida se sospecha relacionado con la intencionalidad, puesto que se producen en áreas con intereses ganaderos, y casi el 80% con causa conocida son de este tipo (siempre con la cautela de que las sospechas no son indicios ni pruebas).
- El bajo porcentaje de incendios intencionados en Aragón, Navarra y Castilla la Mancha, lo que hace pensar en unas buenas políticas de prevención y unas buenas campañas de concienciación social. En el caso de Aragón y Castilla la Mancha, la labor de los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIS) en materia de concienciación de agricultores y ganaderos y de quemas controladas, parece haber surgido efecto positivo, o más destacado que en otras zonas de la geografía peninsular.

1.6.2.3 Perspectiva autonómica – Caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía

Del análisis del registro histórico de incendios forestales proporcionado por el Centro Operativo Regional (COR) de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (período 2010-2013), se desprende que la mayor parte de los incendios son intencionados (35,60%), seguidos de cerca por los negligentes (33,61%). Destaca también la alta proporción de causa desconocida (19,36%) (Fig. 1.6.2).

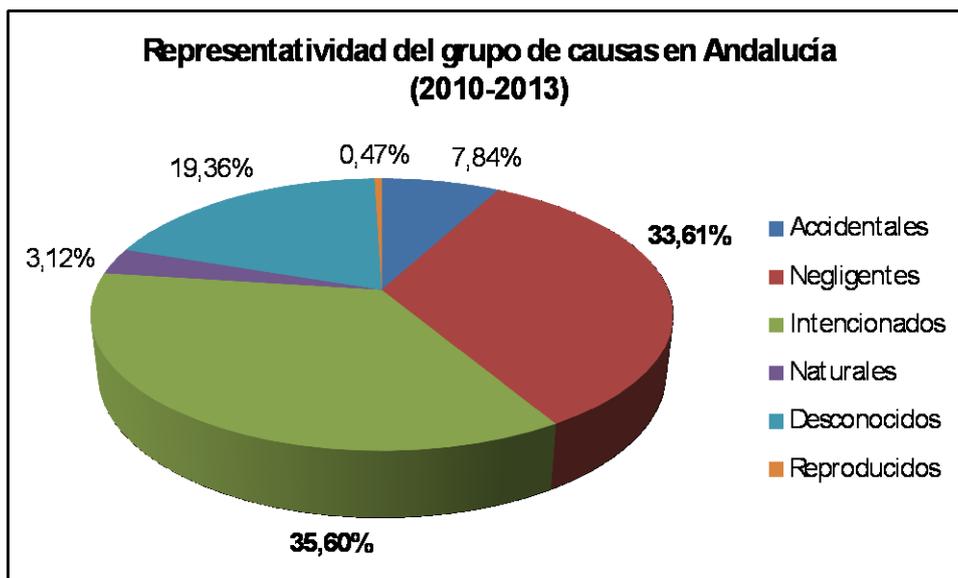
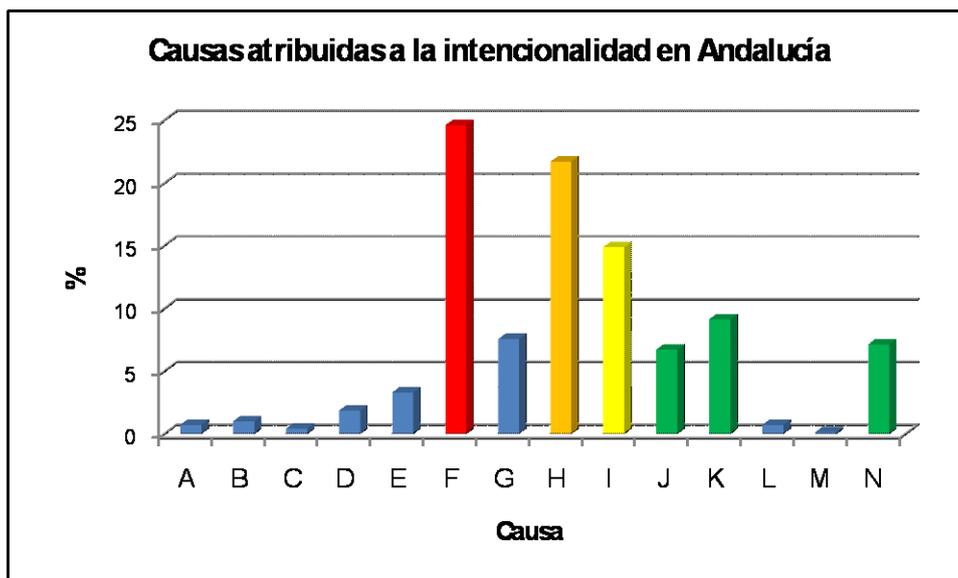


Figura 1.6.2. Causalidad en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

Si procedemos a un análisis comparado de este período (2000-2013) con el último año (2015), no se presentan diferencias significativas en la causalidad: intencionados (40,48%), negligentes (33,21%) y accidentales (5,82%). Destaca el incremento de incendios por reproducción, aunque sólo constituyan el 0,47% del total, debido a la mayor disponibilidad y probabilidad de ignición del material combustible inducido por la acentuación de las condiciones meteorológicas.

A continuación, se procede al análisis pormenorizado por grupo de causas de las causas específicas, en base a la importancia relativa de cada grupo.

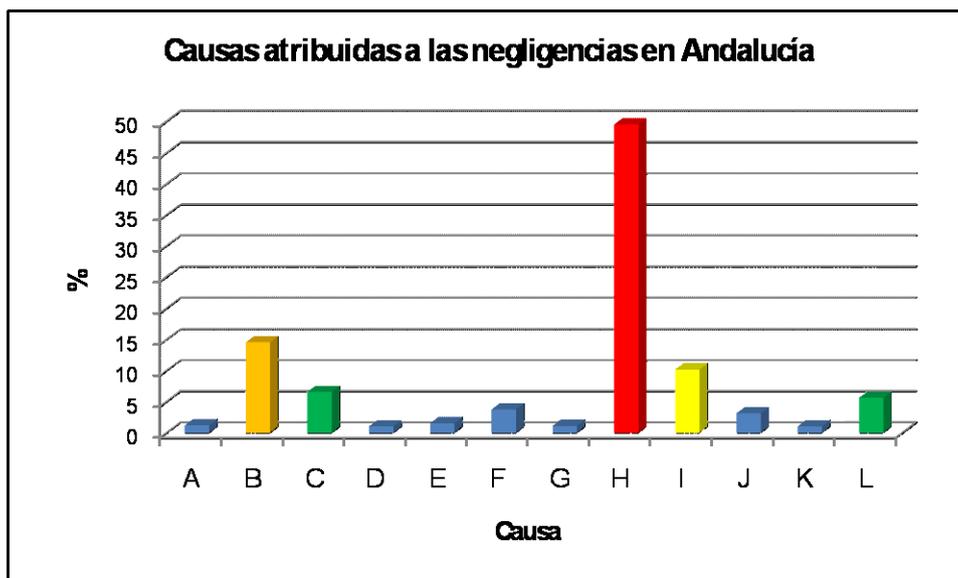
- Incendios intencionados: sólo se dispone de causa específica del 46,08% de los incendios catalogados en este grupo. La causa fundamental es la quema de matorral y/o residuos agrícolas por los campesinos (24,61%), causa que se acentúa en las zonas de contacto del olivar ecológico con el monte y en los aprovechamientos de castaña en contacto con el monte. Sorprende que la segunda causa sea la de distracción de las fuerzas del orden por medio de delincuentes (21,57%). La tercera causa en importancia es atribuida a la apertura de pastizales por medio de pastores o ganaderos (14,88%). Esta última causa se podría mitigar con un programa de quemas controladas por parte de la administración. Posteriormente, aparecen tres causas en un segundo nivel: venganzas (9,16%), vandalismo (7,15%) e incendiarios que son catalogados como “pirómanos” (6,72%).



Código	Causa
A	Contemplar labores extinción
B	Favorecer producción productos bosque
C	Obtener modificación uso del suelo
D	Contra acotamiento caza
E	Para ahuyentar animales
F	Por campesinos para eliminar matorral o residuos agrícolas
G	Cazadores para control caza
H	Delincuentes para desviar atención fuerzas del orden
I	Pastores y ganaderos para producción pastizal
J	Pirómanos
K	Venganzas
L	Rechazo a creación Espacios Naturales Protegidos
M	Ritos pseudoreligiosos y satánicos
N	Vandalismo

Figura 1.6.3. Causalidad de la intencionalidad en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

- Incendios por negligencia: se ha conseguido determinar la causa específica para el 82,54% de las negligencias. Casi la mitad de las negligencias se deben al exceso de confianza en las quemas agrícolas (49,58), hecho que se debe mejorar con una mayor concienciación y control de los días de autorización de quema, principalmente en la zona de influencia forestal. La segunda y tercera causa en importancia se asocian a la conducta humana: colilla de fumadores (14,63%) y quema de basura (10,24%), volviendo a poner de manifiesto la necesidad de una buena política en materia de prevención social. Posteriormente, se pueden apreciar otras dos causas: hogueras (6,60%) y trabajos forestales (5,67%). Esta última causa agravada en los últimos años debido a la potencialidad de la maquinaria al salto de chispas, la mayor probabilidad de ignición de la vegetación y la ausencia o bajas medidas de prevención.



Código	Causa
A	Escape vertedero
B	Fumadores
C	Hogueras
D	Actividades apícolas
E	Fuegos artificiales
F	Juegos de niños
G	Restos de poda en urbanizaciones
H	Quemas agrícolas
I	Quema basura
J	Quema matorral
K	Quema para regeneración pastos
L	Trabajos forestales

Figura 1.6.4. Causalidad de las negligencias en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

Dada la importancia de las quemas agrícolas, se ha considerado de interés realizar una segunda clasificación de éstas en causas menores, diferenciando cuatro sub-causas. Para la clasificación de subclases se dispone del 90,68% del total de las negligencias asociadas a quemas agrícolas. También, se dispone de una subclasificación de las quemas de matorral, siendo en este caso la quema para limpieza de caminos (73,33%) la más destacada; y de una subclasificación de quemas de creación o regeneración de pastizales, siendo en este caso la quema de regeneración de pastizales (53,68%) algo más importante que la quema para la creación de nuevos pastizales o limpieza de pastizales abandonados, si bien depende de la zona geográfica dentro de la Comunidad.

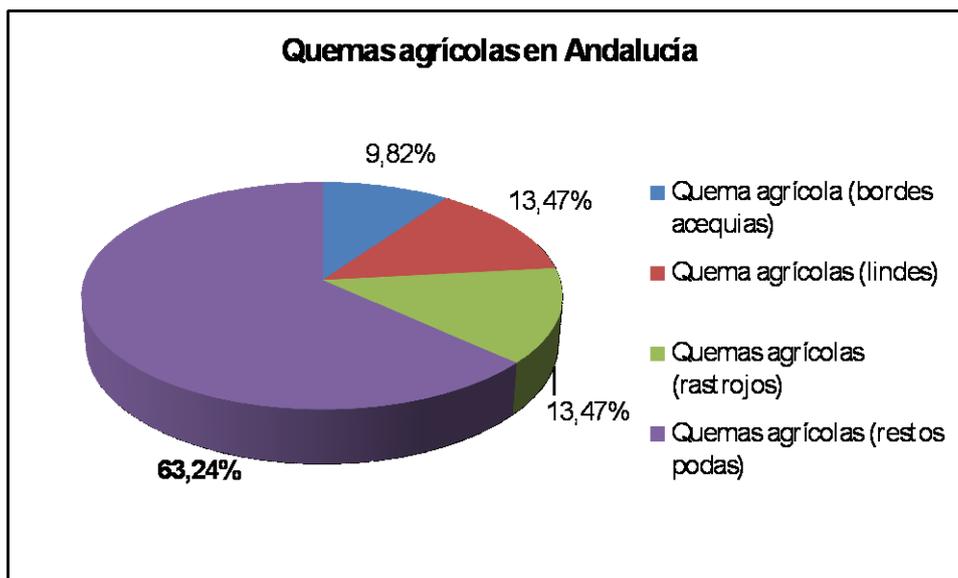


Figura 1.6.5. Clasificación de las quemas agrícolas en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

- Incendios por accidente: la mayor parte de los accidentes se pueden atribuir a dos causas: motores y máquinas (55,99%) y líneas eléctricas (40,12%) (Figura 7). La primera de ellas se podría mitigar con buenas medidas de prevención y seguridad, principalmente en zonas y épocas de elevado riesgo de incendios. Por su parte, la segunda causa requiere de un óptimo mantenimiento periódico por parte de las empresas responsables, de acuerdo a la legislación vigente. Se podría acentuar el control y la denuncia pública y municipal a las empresas propietarias que no cumplan la legislación.

Dada la importancia de los accidentes ocasionados por motores y máquinas, se ha procedido a una subclasificación de las mismas, destacando la elevada importancia atribuida a vehículos ligeros y pesados (45,28%) (Figura 8). A esta causa, le sigue en importancia las cosechadoras (27,60%), causa de mayor incidencia en alguna de las provincias, como es el caso de Córdoba. Las acciones preventivas se deben dirigir hacia la buena conservación de las máquinas y al control o prohibición de trabajos en las horas centrales de días con alto peligro en zonas de contacto del cereal con el monte.

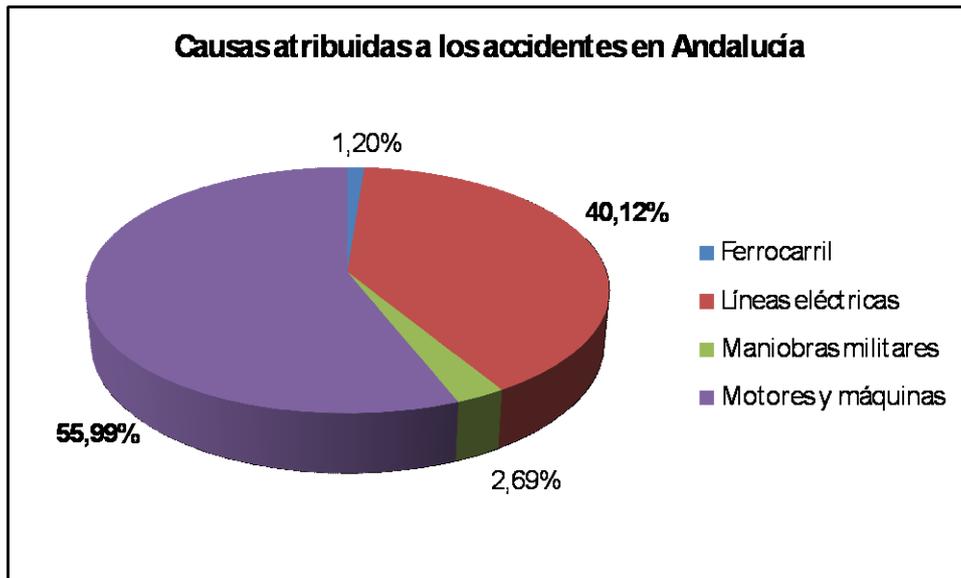


Figura 1.6.6. Clasificación de los accidentes en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

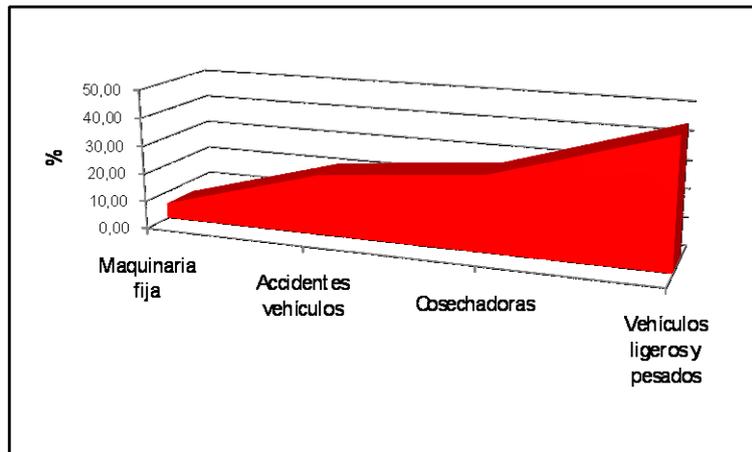


Figura 1.6.7. Clasificación de los accidentes por motores y máquinas en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

En el caso de Andalucía, la situación es muy dispar a lo largo de la Comunidad, tanto en densidad de siniestros como en causalidad. Los esfuerzos deberían ir encaminados a las zonas de mayor densidad de siniestros (Figura 1.6.8), y las medidas de prevención en base a su causa fundamental (Figura 1.6.9).

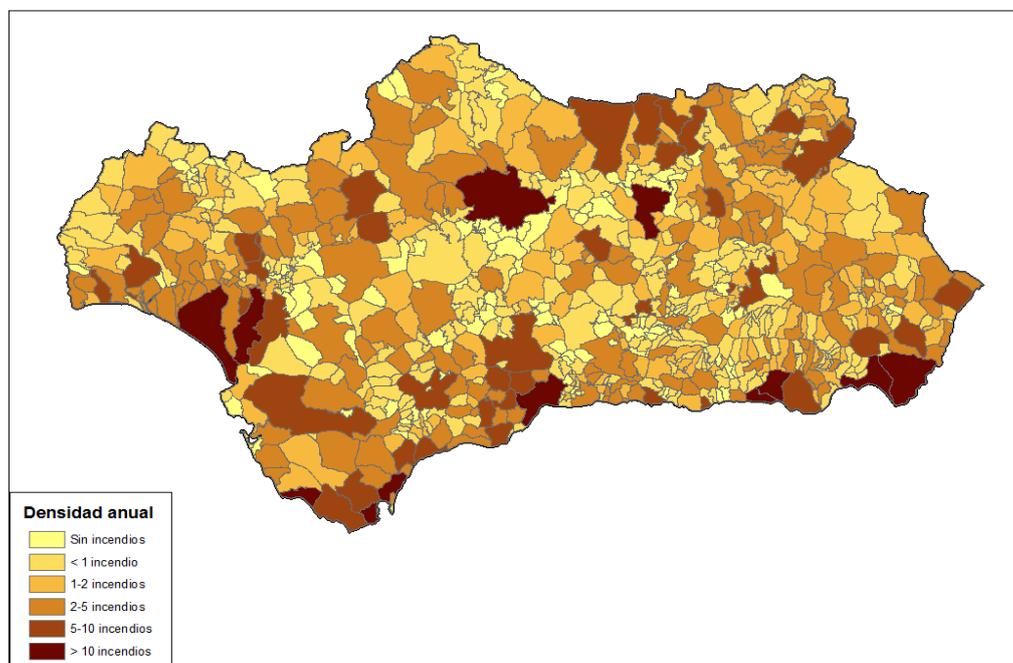


Figura 1.6.8. Densidad de incendios en el período considerado por Término Municipal en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

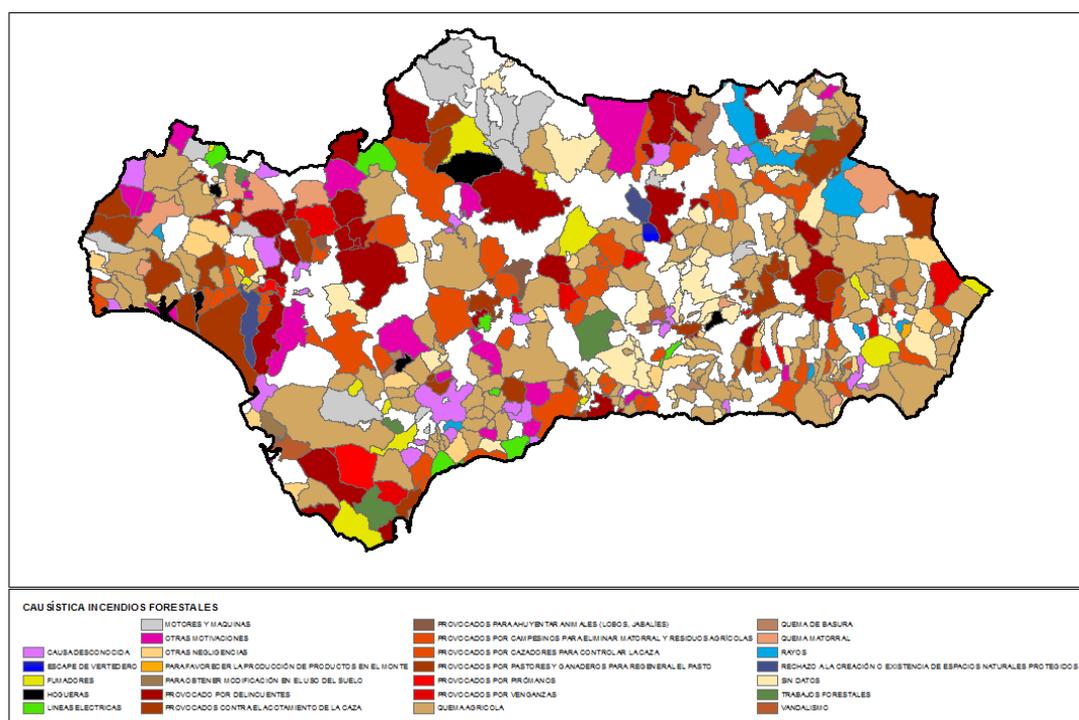


Figura 1.6.9. Clasificación de las causas por Término Municipal en Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Consejería Medio Ambiente (Junta de Andalucía).

1.6.3 Conclusiones

El análisis de causística a escala nacional identifica tres zonas muy diferenciadas: el noroeste peninsular, la cuenca Mediterránea y las provincias interiores. Aunque la tendencia generalizada es a la disminución del desconocimiento de la fuente de origen, aún se requiere de esfuerzos adicionales en este sentido. Es de reseñar, que en los últimos años la distracción de las fuerzas del orden por medio de incendios forestales, generados para acometer acciones delictivas, haya adquirido protagonismo entre las motivaciones.

El cambio climático condicionará a una mayor predisposición del combustible a arder y, en consecuencia, a una mayor incidencia de la causística natural, incluso en lugares remotos donde con anterioridad los incendios no propagaban con excesiva continuidad. Esta misma facilidad de ignición condicionará un mayor incremento de inicio de incendios por negligencias y accidentes provocadas por la mano del hombre, principalmente en zonas de interfaz urbano-forestal y agrícola-forestal. Especial hincapié habrá que realizar en las medidas de seguridad y conservación de la maquinaria agrícola, forestal y de construcción, dada la mayor probabilidad de ignición de la vegetación contigua por el salto de chispas, ante los escenarios de mayor riesgo meteorológico.

El trabajo desarrollado por las Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (BIIF), en colaboración con las fuerzas policiales, ha permitido lograr profundos avances en el conocimiento de las motivaciones y causalidad de los incendios registrados en el último decenio. Es importante impulsar, proporcionar y mantener un alto nivel formativo en las técnicas y protocolos de investigación a los miembros de los equipos BIIF dependientes de las Comunidades Autónomas. El éxito de la prevención social, parte del mejor conocimiento de las motivaciones, siendo ello consecuencia y resultados de la calidad profesional de los trabajos de investigación de causas.

1.6.4 Bibliografía

- Greenpeace, 2008. Incendios Forestales ¿El fin de la impunidad? Campaña de Bosques. Agosto 2008. Madrid, España.
- González J.L., 2000. Los delitos contra la seguridad colectiva. Delitos de riesgo catastrófico. En: Cobo M. (Ed.). Compendio de Derecho penal. Marcial Pons. Madrid, 654 pp.
- Junta de Andalucía, 2015. Base de datos de incendios forestales. Centro Operativo Regional del Plan INFOCA. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Sevilla, España.
- MAGRAMA, 2014. Estadística anual de Incendios Forestales. Madrid, España.
- Rodríguez M., 2016. Los incendios forestales por imprudencia grave (Art. 358 CP) y las zonas de alto riesgo, de influencia forestal y de interfaz urbano forestal. Trabajo Final de Grado. Universidad de Córdoba. Córdoba, España.
- Vázquez-Portomeñe F., 2011. Incendios forestales, zonas de alto riesgo y núcleos poblacionales. Sobre la necesaria reforma del catálogo de agravaciones previsto en el art. 353 del CP.

Sentencias de las Audiencias Provinciales (SAP) utilizadas:

- Audiencia Provincial de Almería: SAP Almería 360/2014.
- Audiencia Provincial de Córdoba: SAP Córdoba 303/2008.
- Audiencia Provincial de Granada: SAP Granada 264/2015; SAP Granada. 500/2015.
- Audiencia Provincial de Huelva: SAP Huelva 58/2015; SAP Huelva 296/2015; SAP Huelva 415/2014.
- Audiencia Provincial de Jaén: SAP Jaén 107/2008; SAP Jaén 367/2016.
- Audiencia Provincial de Madrid: SAP Madrid 26/2014.
- Audiencia Provincial de Málaga: SAP Málaga 286/2015.

2. TENDENCIAS OBSERVADAS EN LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

2.1 HISTORIA RECIENTE DE LOS INCENDIOS FORESTALES

Olga Viedma, Magí Franquesa, Iván Torres y José Manuel Moreno

2.1.1 Introducción

Se presenta este apartado el estudio de la historia reciente de los incendios forestales en España utilizando la base de datos de EGIF desde el periodo comprendido entre 1974 y 2013. Por tanto, cuarenta años de estudio. La aproximación ha sido similar a la realizada por Moreno, Vázquez y Vélez (1998). La idea ha sido comprobar cómo han ido cambiando los incendios en España a lo largo de su geografía y en el tiempo y valorar cómo estos han ido afectando a distintas superficies o especies. Toda la información se ha basado en la aportada por los partes de incendio, tal y como está recogida en dicha base de datos. La información geográfica es la derivada de la ubicación de los incendios a la cuadrícula UTM de 10x10km en la que se inició, tal como se recoge en los partes. Donde ha sido adecuado, se han analizado los cambios de tendencias usando el test de Mann-Kendall.

2.1.2 Tendencias generales: número de incendios y superficie quemada

Durante los 40 años analizados (1974-2013), se han producido un total de 526.995 incendios (≥ 0.1 ha), que han afectado a 6.7 millones de hectáreas de superficie forestal. La tendencia anual del número de incendios ha sido significativamente creciente (Mann-Kendall test 0.47, $p < 0.0001$) a lo largo de la serie temporal. Sin embargo, se pueden diferenciar hasta 3 periodos: 1) hasta 1995, con una tendencia creciente muy acusada (10.605 incendios/año de media), 2) entre 1995-2005 cuando el número de incendios se estabiliza en máximos históricos (20.800 incendios/año), y 3) a partir del 2005, con valores más bajos y estables pero superiores (17.500 incendios/año) a la media de todo el periodo (13.175 incendios/año) (Fig. 2.1.1). Por el contrario, la superficie quemada mostró una tendencia temporal significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.28, $p < 0.01$) con importantes variaciones interanuales que permiten diferenciar tres grandes periodos: 1) hasta 1978 (desde 1968) con una superficie quemada media anual inferior a las 10.000 ha/año y gran estabilidad interanual (no mostrado); 2) entre 1978-1994 caracterizado por la elevada superficie quemada media (c.a. 200.000 ha/año) y la gran variabilidad interanual debido a la presencia de años extremos (1978, 1985, 1989 y 1994 con c.a. 400.000 ha/año); y 3) entre 1995-2013 caracterizado por una superficie quemada media interanual más baja (c.a. 100.000 ha) y años extremos que no superaron las 200.000 ha (Fig. 2.1.1).

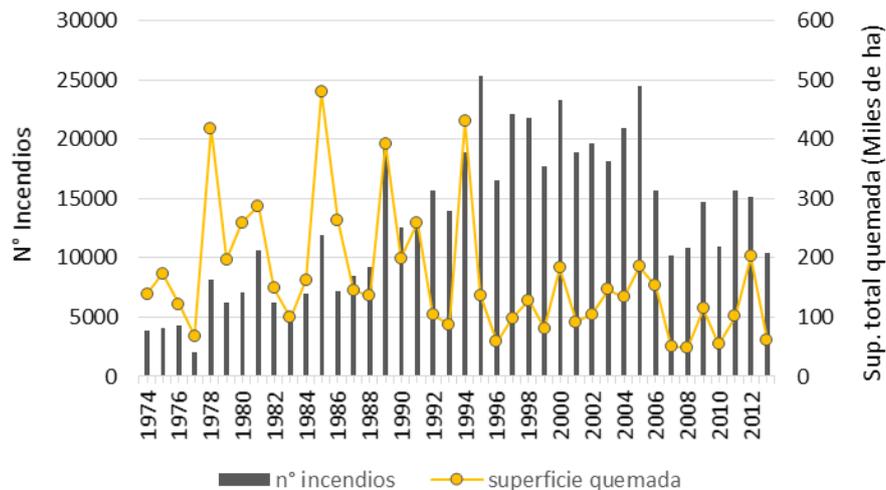


Figura 2.1.1. Tendencia anual del nº de incendios forestales y superficie quemada (ha) en España entre 1974 y 2013. Los datos representan la suma de conatos (incendios < 1 ha) e incendios (incendios > 1 ha).

En relación a la superficie forestal quemada según fuese arbolada o no arbolada, observamos que la superficie arbolada se quemó con una media interanual de c.a. 58.000 ha, mostrando una tendencia temporal significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.37, $p < 0.0001$) (Fig. 2.2). No obstante, se observan años extremos como 1978, 1985, 1989 y 1994 (período 1978-1994) en los que la superficie arbolada quemada superó en más del doble a la media (c.a. 150.000 ha) (Fig. 2.1.2). Del mismo modo, la superficie forestal no arbolada quemada, que se ha visto afectada por el fuego en casi el doble que la superficie arbolada (media interanual de aprox. 96.110 ha), mostró una tendencia temporal significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.37, $p < 0.0001$), aunque con importantes valores extremos (> 150.000 ha/año) durante los mismos años que la superficie forestal arbolada (Fig. 2.1.2).

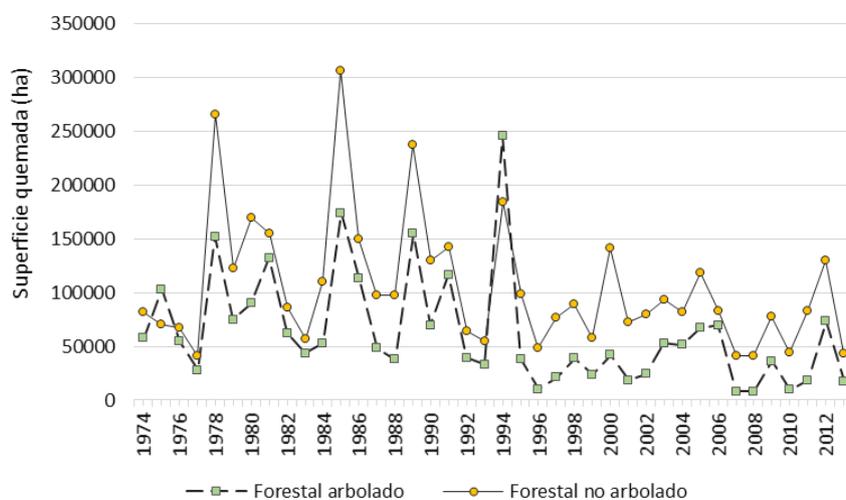


Figura 2.1.2. Tendencia anual de la superficie quemada en incendios según el tipo de superficie forestal arbolada o no arbolada durante el periodo 1974 – 2013.

2.1.3 Tendencia anual del número de incendios por tamaños de incendio

Con una media de 13.175 incendios/año durante los 40 años analizados, los conatos (< 1ha) presentaron una media anual de 7.768 conatos. El número absoluto los conatos han experimentado una tendencia significativamente creciente a lo largo de la serie temporal (Mann-Kendall test +0.54, $p < 0.005$) (Tabla 2.1 y Fig. 2.3 A). Entre 1995-2005 el número de conatos alcanzó sus máximos históricos, para luego reducirse mostrando cierta estabilidad, pero manteniéndose en valores superiores a la media (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 A). Porcentualmente, los conatos han supuesto un 52% de media para el período 1974-2013, experimentando una tendencia significativamente creciente (Mann-Kendall test +0.52, $p < 0.005$) y mostrando un claro punto de inflexión en el año 1993 (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C). Entre 1989 y 1993 se produjo un incremento espectacular de la contribución de los conatos al total de incendios, pasando de suponer alrededor de un 30% a un 70%. Desde 1993 hasta 2013 se ha producido una gran estabilidad manteniendo estos altos porcentajes (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C).

Los incendios entre 1-5 ha presentaron una media de 3006 incendios/año entre 1974-2013. En valores absolutos, estos incendios han experimentado una tendencia significativamente creciente a lo largo del tiempo, aunque menor que la de los conatos (Mann-Kendall test +0.29, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 B). Hasta el año 2005 se produjo un incremento constante de estos incendios con la presencia de algunos extremos, como el año 1989; a partir de 2005 se produjo una reducción por debajo de la media de todo el periodo. Porcentualmente, los incendios entre 1-5 ha han supuesto el 25% de todos los incendios ocurridos entre 1974-2013, experimentando una tendencia completamente inversa a la observada con los conatos (Mann-Kendall test -0.53, $p < 0.005$). Hasta 1989 hubo estabilidad (media: 30%), entre 1989-1993 se redujeron a un 20% y a partir de 1994 hasta 2013 se mantuvieron en un 20% (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C).

Los incendios entre 5-50 ha supusieron 1.918 incendios/año entre 1974-2013. En valores absolutos, estos incendios no mostraron tendencia temporal significativa (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 B). Sin embargo, se puede observar que hasta 1989 se produjo un incremento en el número de estos incendios (2.266 incendio/año) aunque con una gran variabilidad interanual. A partir de 1989, se produjo estabilidad, aunque con cierta tendencia a reducirse desde el 2006 (Tabla 1.1 y Fig. 2.1.3b). Porcentualmente, los incendios entre 5-50 ha han supuesto el 18% de todos los incendios ocurridos entre 1974-2013, experimentando una tendencia significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.60, $p < 0.005$) a lo largo del tiempo (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C). De nuevo, el punto de inflexión lo marca el año 1989. Hasta 1989, aunque con una suave tendencia a reducirse, la media del porcentaje de estos incendios estaba entorno a un 30%, entre 1989-1993 se redujeron a un 10% y a partir de 1994 hasta 2013 se han mantuvieron en ese valor (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C).

Los incendios entre 50-500 ha supusieron 440 incendios/año entre 1974-2013. En valores absolutos, estos incendios mostraron tendencia significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.43, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 B). Sin embargo, se puede observar que entre 1978-1989, aunque con una gran variabilidad interanual, se produjo un incremento en el número de estos incendios (754 incendios/año). A partir de 1989, se produjo estabilidad, manteniéndose en valores por debajo de la media del periodo (294 incendios/año) (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 B). Porcentualmente, los incendios entre 50-500 ha han supuesto el 5% de todos los incendios ocurridos entre 1974-2013, experimentando una tendencia significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.58, $p < 0.005$) a lo largo del tiempo (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C). En este caso, hasta 1994 se observa una tendencia

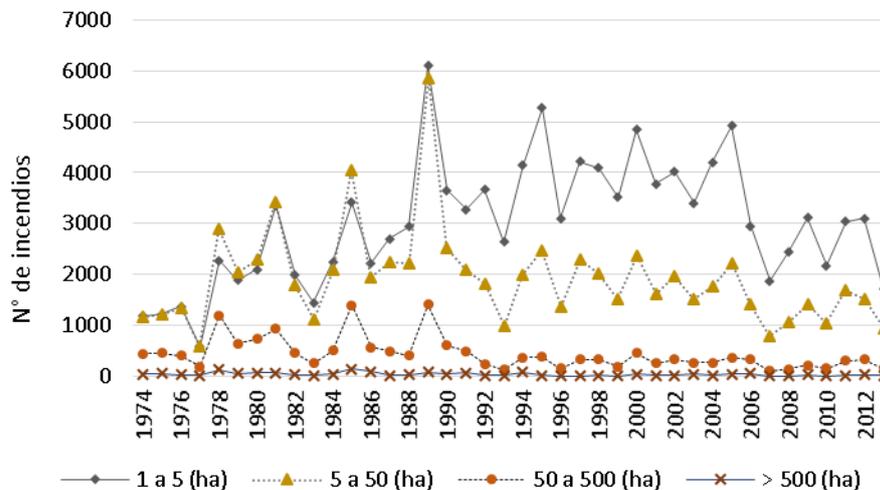
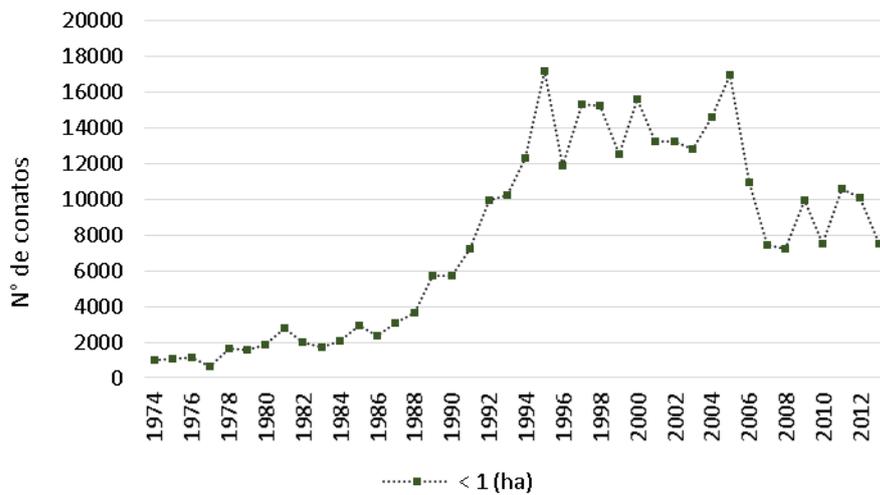
acusada a reducirse su contribución al total de incendios; a partir de 1995, estos incendios se estabilizaron, suponiendo un 2 % del total (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C).

Finalmente, los incendios mayores de 500 ha supusieron 42 incendios/año entre 1974-2013. En valores absolutos, estos incendios mostraron tendencia significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.32, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 B). Sin embargo, se puede observar que entre 1978-1994, aunque con una gran variabilidad interanual, se produjo un incremento en el número de estos incendios (63 incendios/año); a partir de 1995, se redujeron considerablemente (25 incendios/año), aunque con cierta variabilidad interanual (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 B). Porcentualmente, los incendios mayores de 500 ha solo han supuesto el 0.45% de todos los incendios ocurridos entre 1974-2013, experimentando una tendencia significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.53, $p < 0.005$) a lo largo del tiempo (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C). En este caso, hasta 1994 se observa una tendencia acusada a reducirse su contribución al total de incendios; a partir de 1995, estos incendios se estabilizan, suponiendo un 0.14 % del total (Tabla 2.1.1 y Fig. 2.1.3 C).

Tabla 2.1.1. Número de incendios por año según superficie quemada. Los porcentajes son relativos al total de cada año.

Año	< 1 (ha)		1 a 5 (ha)		5 a 50 (ha)		50 a 500 (ha)		> 500 (ha)	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
1974	1016	26,3	1190	30,8	1168	30,2	451	11,7	42	1,1
1975	1101	27,2	1229	30,3	1215	30,0	456	11,2	53	1,3
1976	1180	27,2	1369	31,6	1336	30,8	414	9,6	32	0,7
1977	647	31,8	580	28,5	594	29,2	198	9,7	17	0,8
1978	1616	19,9	2280	28,0	2894	35,6	1204	14,8	139	1,7
1979	1540	24,9	1882	30,5	2039	33,0	654	10,6	62	1,0
1980	1832	26,0	2107	30,0	2291	32,6	734	10,4	71	1,0
1981	2825	26,6	3357	31,7	3421	32,3	931	8,8	70	0,7
1982	1990	31,8	1984	31,7	1788	28,5	465	7,4	36	0,6
1983	1723	37,6	1449	31,6	1125	24,6	259	5,7	26	0,6
1984	2107	30,1	2254	32,2	2096	29,9	504	7,2	41	0,6
1985	2931	24,6	3419	28,6	4044	33,9	1396	11,7	146	1,2
1986	2369	32,9	2225	30,9	1943	27,0	572	7,9	92	1,3
1987	3067	36,0	2698	31,6	2233	26,2	503	5,9	27	0,3
1988	3635	39,3	2938	31,8	2225	24,1	412	4,5	30	0,3
1989	5751	30,0	6093	31,7	5850	30,5	1411	7,4	86	0,4
1990	5757	45,7	3658	29,0	2516	20,0	612	4,9	51	0,4
1991	7254	54,9	3281	24,8	2105	15,9	501	3,8	75	0,6
1992	9957	63,4	3662	23,3	1816	11,6	252	1,6	17	0,1
1993	10207	72,9	2641	18,9	981	7,0	140	1,0	24	0,2
1994	12295	65,1	4145	21,9	2004	10,6	373	2,0	83	0,4
1995	17187	67,8	5271	20,8	2478	9,8	385	1,5	23	0,1
1996	11858	71,9	3102	18,8	1370	8,3	160	1,0	10	0,1
1997	15298	69,1	4221	19,1	2293	10,4	334	1,5	7	0,0

1998	15273	70,2	4097	18,8	2022	9,3	334	1,5	23	0,1
1999	12515	70,5	3512	19,8	1510	8,5	194	1,1	15	0,1
2000	15604	66,9	4848	20,8	2368	10,1	464	2,0	48	0,2
2001	13218	70,0	3776	20,0	1617	8,6	264	1,4	16	0,1
2002	13268	67,7	4014	20,5	1969	10,0	333	1,7	17	0,1
2003	12846	71,0	3406	18,8	1529	8,4	274	1,5	43	0,2
2004	14614	70,0	4208	20,1	1769	8,5	275	1,3	21	0,1
2005	16942	69,1	4925	20,1	2215	9,0	373	1,5	48	0,2
2006	10920	69,6	2957	18,9	1412	9,0	332	2,1	58	0,4
2007	7443	72,7	1875	18,3	793	7,7	115	1,1	13	0,1
2008	7211	66,3	2440	22,4	1074	9,9	141	1,3	5	0,0
2009	9945	67,5	3114	21,1	1427	9,7	226	1,5	32	0,2
2010	7538	68,9	2182	19,9	1051	9,6	160	1,5	11	0,1
2011	10607	67,7	3035	19,4	1683	10,7	310	2,0	24	0,2
2012	10107	66,9	3101	20,5	1513	10,0	338	2,2	38	0,3
2013	7535	72,6	1720	16,6	936	9,0	165	1,6	17	0,2
	0.54**	0.52**	0.29**	-0.53**	ns	-0.60**	-0.43**	-0.58**	-0.32**	-0.53**



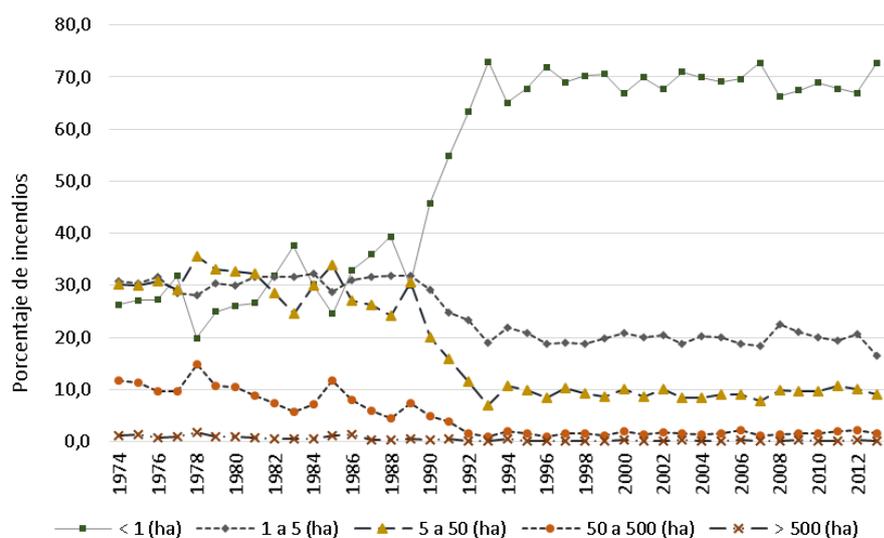


Figura 2.1.3. Tendencia anual del número de incendios forestales según su tamaño (1-5, ha; 5-50 ha, 50-500 ha, > 500 ha) en números absolutos y en %, para el período 1974 – 2013.

2.1.4 Tendencia anual de la superficie quemada por tamaños de incendio

Con una media de 167.531 hectáreas quemadas/año durante los 40 años analizados, los conatos (< 1ha) presentaron una media anual de 2.417 ha quemadas. En números absolutos, el área quemada por estos conatos ha experimentado una tendencia significativamente positiva a lo largo de la serie temporal (Mann-Kendall test +0.51, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 A). Hasta 1995, el área quemada aumentó de forma constante y progresiva. Entre 1995-2005 alcanzó sus máximos históricos, doblando la media (4.064 ha quemadas/año). A partir de 2006, se redujo a valores cercanos a la media (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 A). Porcentualmente, la superficie quemada de los conatos ha supuesto un 2% de media anual entre 1974-2013, experimentando una tendencia significativamente creciente (Mann-Kendall test +0.54, $p < 0.005$) y mostrando un claro punto de inflexión en el año 1995 (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 D). Hasta 1995, los conatos quemaron alrededor del 1% de la superficie quemada total, con la excepción de los años 1992 y 1993 (más de 3%). Desde 1995 la contribución de los conatos ha aumentado (3.3%), aunque presentando una tendencia ligeramente negativa (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 D).

Los incendios entre 1-5 ha presentaron una media anual de 8.154 ha quemadas. En números absolutos, el área quemada por estos incendios no presentó tendencia significativa a lo largo de la serie temporal. Sin embargo, se pueden diferenciar hasta 3 períodos (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 A). Hasta 1995, el área quemada aumentó de forma constante y progresiva. Entre 1995-2005, alcanzó sus máximos históricos, doblando la media (4.064 ha quemadas/año); a partir de 2006, se redujo a valores cercanos a la media (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 A). Porcentualmente, la superficie quemada por los incendios entre 1-5 ha ha supuesto un 6% de media anual entre 1974-2013, experimentando una tendencia significativamente creciente (Mann-Kendall test +0.47, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 D). Hasta 1995 se produjo un aumento gradual de estos incendios, aunque con bastante variabilidad interanual (media: 4%) y, a partir de 1995, la contribución de

los incendios entre 1-5 ha se ha duplicado (9%), aunque presentando una tendencia ligeramente negativa (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 D).

Los incendios entre 5-50 ha presentaron una media anual de 31.900 ha quemadas. En números absolutos, el área quemada por estos incendios presentó una tendencia significativamente negativa a lo largo de la serie temporal (Mann-Kendall test -0.31, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 B). Sin embargo, se pueden diferenciar 2 períodos: 1) Entre 1978-1989, cuando el área afectada por estos incendios mostró un aumento anual aunque con cierta variabilidad (media: 107.400 ha/año); y 2) a partir de 1990, cuando el área quemada de estos incendios se redujo a valores cercanos a la media, presentando una tendencia decreciente (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 B). Porcentualmente, la superficie quemada anual de los incendios entre 5-50 ha supuso un 21% de media entre 1974-2013, no mostrando tendencia temporal significativa ni tampoco periodos de cambio claros (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 E).

Los incendios entre 50-500 ha presentaron una media anual de 61.850 ha quemadas. En números absolutos, el área quemada por estos incendios presentó una tendencia significativamente negativa a lo largo de la serie temporal (Mann-Kendall test -0.44, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 B). Al igual que en el caso de los incendios entre 5-50 ha, se pueden diferenciar 2 períodos: 1) Entre 1978-1989, cuando el área afectada por estos incendios mostró un aumento anual considerable (media: 107.400 ha/año), aunque con gran variabilidad interanual, superando en casi al doble la media del periodo; y 2) a partir de 1990, cuando el área quemada de estos incendios se redujo a valores cercanos a la media, presentando una tendencia decreciente (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 B). Porcentualmente, la superficie quemada anual de los incendios entre 50-500 ha supuso un 37% de media entre 1974-2013 y presentó una tendencia significativamente negativa a lo largo de la serie temporal (Mann-Kendall test -0.48, $p < 0.005$), con un patrón temporal caracterizado por la disminución constante y progresiva de su contribución a la superficie quemada total, con la excepción del año 1994 (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 E).

Los incendios mayores de 500 ha presentaron una media anual de 63.212 ha quemadas. En números absolutos, el área quemada por estos incendios presentó una tendencia significativamente negativa a lo largo de la serie temporal (Mann-Kendall test -0.23, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 C). El patrón temporal se caracteriza por su gran variabilidad interanual mostrando años extremos (1978, 1985 y 1994) (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 C). Porcentualmente, la superficie quemada anual de los incendios mayores de 500 ha supuso un 34% de media entre 1974-2013 y un patrón temporal caracterizado por la gran variabilidad interanual no teniendo una tendencia significativa a lo largo de la serie (Tabla 2.1.2 y Fig. 2.1.4 F).

Tabla 2.1.2. Superficie quemada (ha) por año según tamaño de los incendios. Los porcentajes son relativos al total de cada año.

AÑO	< 1 ha		1 a 5 (ha)		5 a 50 (ha)		50 a 500 (ha)		> 500	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
1974	561,2	0,4	3629,5	2,6	22334,6	16,0	66500,0	47,8	46218,0	33,2
1975	587,5	0,3	3691,7	2,1	22880,5	13,2	65039,7	37,6	80997,0	46,8
1976	644,1	0,5	4024,2	3,3	25191,8	20,7	59657,4	49,1	31950,0	26,3
1977	304,1	0,4	1659,1	2,4	10787,4	15,7	30051,8	43,9	25717,5	37,5
1978	933,4	0,2	6851,8	1,6	56724,2	13,6	182281,8	43,6	171113,8	40,9
1979	929,5	0,5	5605,1	2,8	38940,6	19,8	95134,7	48,3	56497,2	28,7

1980	1026,0	0,4	6304,0	2,4	42003,5	16,2	110015,7	42,4	99849,0	38,5
1981	1583,9	0,6	9941,5	3,5	60113,4	20,9	128077,7	44,6	87364,0	30,4
1982	1071,6	0,7	5826,2	3,9	31955,3	21,4	64319,6	43,2	45821,7	30,8
1983	816,2	0,8	4161,1	4,2	19788,3	19,8	39493,5	39,6	35549,3	35,6
1984	1099,9	0,7	6616,1	4,1	36471,7	22,4	70514,1	43,3	48127,7	29,6
1985	1509,2	0,3	10050,5	2,1	75639,5	15,8	199515,6	41,6	193212,8	40,3
1986	1124,0	0,4	6465,1	2,5	33425,4	12,7	91439,9	34,8	130256,0	49,6
1987	1444,0	1,0	7741,8	5,3	36999,8	25,4	66761,5	45,9	32562,9	22,4
1988	1675,0	1,2	8393,7	6,2	37118,6	27,4	57233,6	42,2	31205,0	23,0
1989	2946,8	0,8	17895,1	4,6	101082,8	25,7	184390,4	47,0	86395,6	22,0
1990	2514,8	1,3	10323,6	5,2	42112,2	21,1	82480,9	41,3	62187,8	31,2
1991	2655,7	1,0	9082,4	3,5	35045,6	13,5	75907,5	29,3	136428,1	52,7
1992	3328,9	3,2	9926,2	9,6	27899,1	27,0	32194,9	31,2	29918,6	29,0
1993	2910,6	3,3	6819,2	7,8	15005,2	17,1	20191,5	23,0	43037,3	48,9
1994	3644,5	0,8	11187,2	2,6	31538,4	7,3	56256,9	13,1	326976,8	76,1
1995	5306,8	3,9	13837,4	10,1	39655,0	29,0	49858,8	36,5	28022,7	20,5
1996	3271,4	5,6	8138,5	13,9	20037,3	34,3	20009,7	34,3	6962,4	11,9
1997	4166,2	4,3	11372,7	11,6	36671,1	37,5	40265,4	41,2	5309,4	5,4
1998	4196,8	3,3	10743,2	8,4	32309,6	25,2	43709,6	34,0	37487,7	29,2
1999	3350,9	4,1	9328,5	11,5	23668,6	29,1	28037,7	34,5	16899,1	20,8
2000	4470,7	2,4	12890,8	7,1	36517,0	20,0	69021,7	37,8	59722,2	32,7
2001	3722,1	4,1	9943,2	10,8	23433,0	25,6	34242,6	37,4	20325,2	22,2
2002	3900,5	3,7	10549,2	10,1	29973,6	28,8	43199,7	41,5	16493,4	15,8
2003	3611,6	2,5	8721,8	5,9	23289,0	15,9	38581,4	26,3	72626,7	49,5
2004	4114,6	3,1	10848,3	8,1	25777,5	19,3	36386,9	27,3	56225,8	42,2
2005	4597,1	2,5	12576,2	6,8	32046,6	17,3	52972,4	28,6	82703,8	44,7
2006	2855,5	1,9	7660,0	5,0	21995,8	14,4	49721,4	32,5	70652,4	46,2
2007	1837,6	3,7	4636,1	9,3	11421,1	22,9	15675,9	31,5	16240,2	32,6
2008	2108,0	4,3	6299,9	12,9	15839,2	32,5	19416,4	39,9	4999,7	10,3
2009	2774,5	2,4	8029,1	7,1	21332,6	18,7	30075,2	26,4	51676,2	45,4
2010	1869,2	3,5	5489,2	10,2	16112,7	30,0	18238,1	33,9	12038,8	22,4
2011	2819,7	2,8	7406,5	7,3	25196,9	24,9	39682,0	39,2	26034,5	25,7
2012	2658,4	1,3	7368,0	3,6	23160,5	11,4	46390,1	22,9	122990,6	60,7
2013	1734,9	2,8	4117,4	6,7	14428,5	23,6	21070,8	34,5	19690,1	32,3
	0.51**	0.54**	ns	0.47**	-0.31**	ns	-0.44**	-0.48**	-0.23*	ns

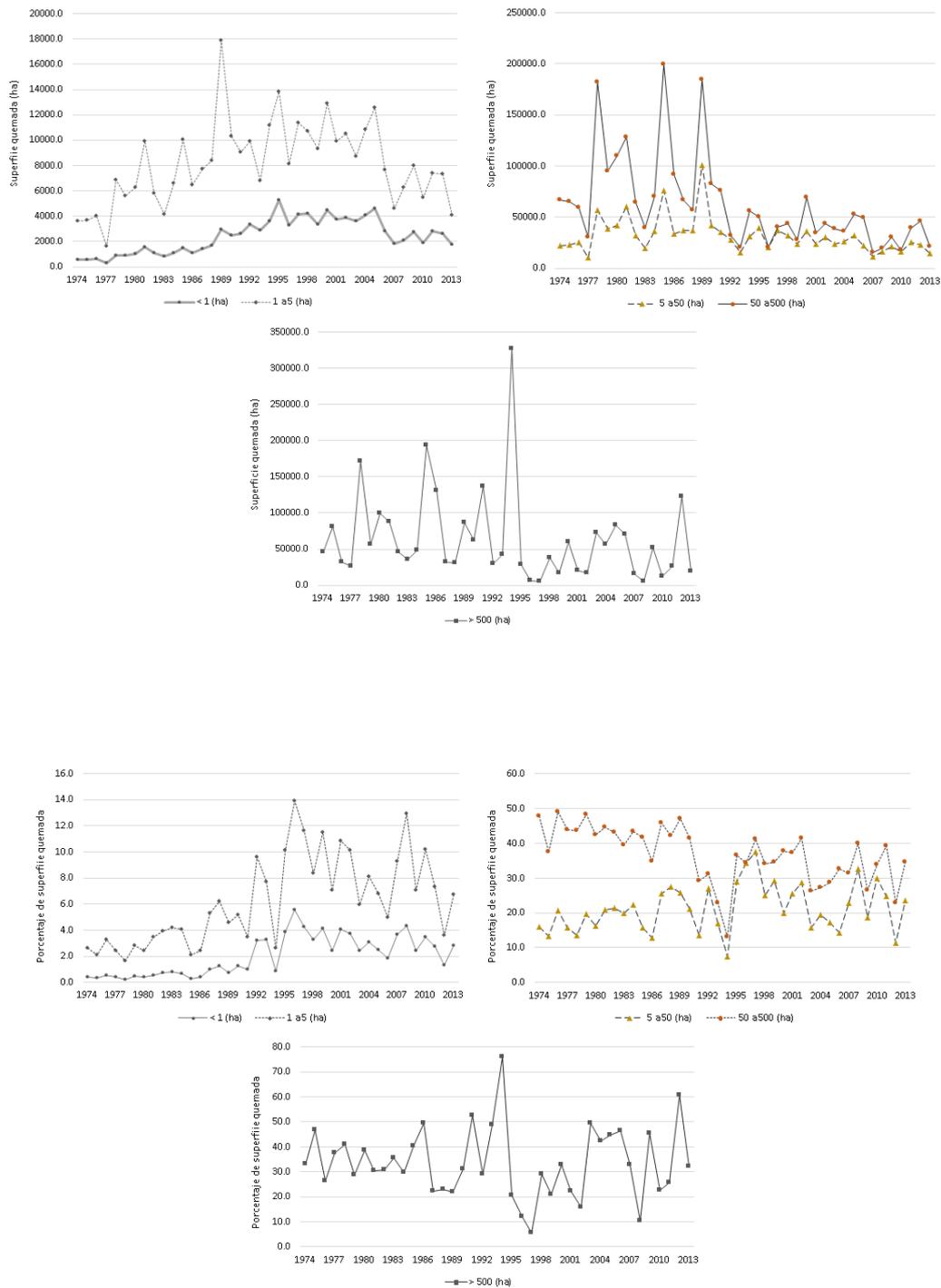


Figura 2.1.4. Tendencia anual de la superficie quemada por incendios según su tamaño (1-5, ha; 5-50 ha, 50-500 ha, > 500 ha) para el período 1974-2013.

2.1.5 Distribución geográfica del número de incendios y superficie quemada

Durante los 40 años analizados, el fuego ha afectado a toda la geografía española a excepción de algunas zonas agrícolas (Fig. 2.1.5 A-B). Sin embargo, el grado de incidencia ha sido muy variable. El 75 % de las unidades de 10x10 km analizadas (percentil 75) no tuvieron más de 33 incendios a lo largo de la serie temporal. El 10% (percentil 90) sufrió 116 incendios y el 5 % (percentil 95), 239 incendios (Sierras del Sur y el Levante). Solo el 1 % (percentil 99), superó los 500 incendios y <1 % (percentil 100),

1.791 incendios; localizados fundamentalmente en el Sistema Central y zona Noroeste, respectivamente (Fig. 2.1.5 A). El patrón espacial de la superficie quemada es muy similar al del número de incendios. El 50 % de las celdas 10x10 km no superó las 1.000 ha quemadas durante la serie temporal, el 25 % (percentil 75) no superó las 5.000 ha y el 5 % no superó 10.000 ha (Fig. 2.1.5 B). Solo en el 1% se quemaron entre 10-15.000 ha y en <1 %, casi 45.000 ha.

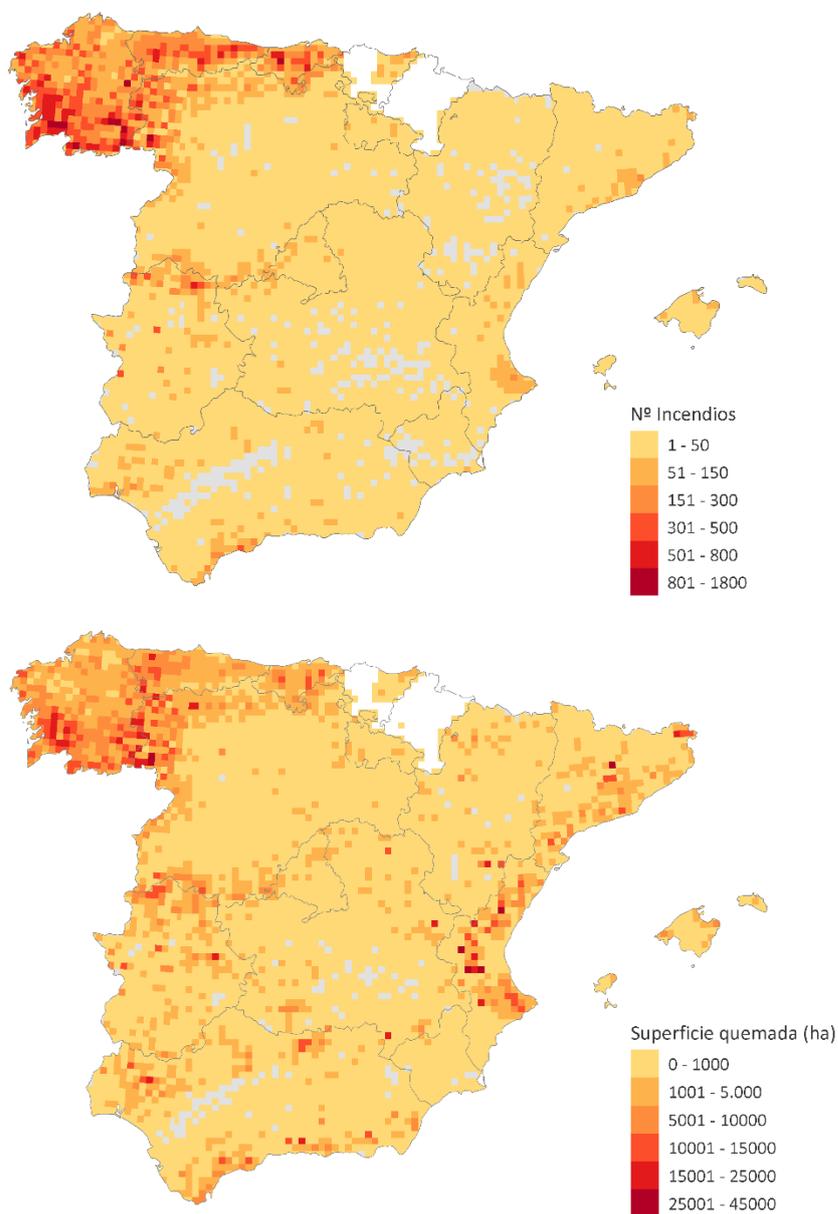


Figura 2.1.5. Distribución geográfica el número de incendios (arriba) y superficie quemada (abajo) por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

El patrón espacial de la tendencia temporal del número de incendios indicó que las cuadrículas que presentaron un número de incendios muy alto a lo largo de toda la serie (zonas Noroeste y Centro-Oeste) (ver Fig. 2.1.5) presentaron una tendencia muy acusada a aumentar la actividad del fuego a lo largo del tiempo (Fig. 2.1.6 A). Asimismo, otras

zonas, que en número absoluto tuvieron menor incidencia del fuego, como la zona Centro (Madrid y provincias colindantes al norte y al sur) y toda la zona Oeste (desde Zamora a Huelva), entre otras, presentaron una tendencia muy alta o alta a aumentar anualmente el nº de incendios. Por tanto, se observa que el número de incendios tiende a aumentar en gran parte de España a lo largo del tiempo, tanto en las zonas donde ya había una gran incidencia como en las zonas donde había menos; por lo que el fenómeno del fuego se hace espacialmente más extensivo (Fig. 2.1.6 A).

En el caso de la superficie quemada se observa un patrón espacial similar al del número de incendios con tendencias muy altas-altas a aumentar la superficie quemada a lo largo del tiempo en la zona Centro, Oeste y NE de España. Si bien, llama la atención la falta de tendencia en zonas con alta incidencia de incendios como es Galicia y el Levante (Comunidad Valenciana y Cataluña) (Fig. 2.1.6 B).

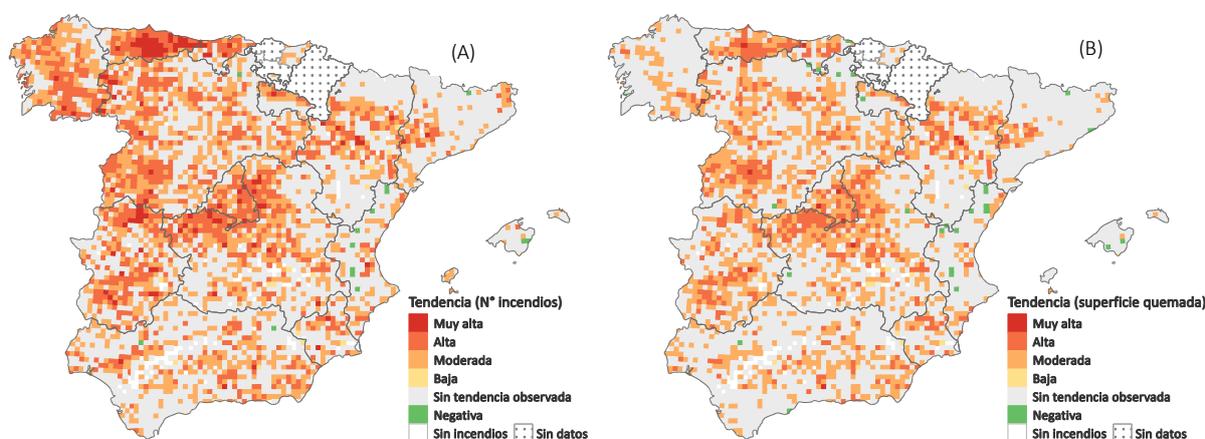


Figura 2.1.6. Distribución geográfica de las tendencias por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013: A) Tendencia por número de incendios; B) Tendencia por superficie quemada.

2.1.6 Tendencia anual del número y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de nº de incendios

Las tendencias temporales en el número y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de nº de incendios (Tabla 2.1.3) indicó que no hay tendencias significativas a lo largo de la serie temporal y que, durante todo el período, el 92% de las cuadrículas han experimentado menos de 10 incendios/año; el 7.4% entre 10-50 incendios/año, el 0.3% entre 50-100 ha incendios/año y solo el 0.01% > 100 incendios/año (Tabla 2.1.3).

Tabla 2.1.3. Número de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de número de incendios/año (1-10; 10-50; 50-100 y > 100) entre 1974 – 2013. Los resultados del test de tendencias Mann - Kendall se muestran en negrita.

nº incendios	1 a 10		10 a 50		50 a 100		> 100	
	#	%	#	%	#	%	#	%
Año								
1974	1013	97,4	27	2,6	0	0,0	0	0,0
1975	931	94,7	52	5,3	0	0,0	0	0,0

1976	966	95,1	49	4,8	1	0,1	0	0,0
1977	739	99,6	3	0,4	0	0,0	0	0,0
1978	1363	90,9	130	8,7	7	0,5	0	0,0
1979	934	90,0	101	9,7	3	0,3	0	0,0
1980	1573	95,6	73	4,4	0	0,0	0	0,0
1981	1555	90,6	150	8,7	11	0,6	0	0,0
1982	1277	95,1	66	4,9	0	0,0	0	0,0
1983	1229	98,6	18	1,4	0	0,0	0	0,0
1984	1412	95,5	63	4,3	3	0,2	0	0,0
1985	1646	88,6	207	11,1	4	0,2	0	0,0
1986	1462	95,1	74	4,8	2	0,1	0	0,0
1987	1255	91,9	107	7,8	3	0,2	0	0,0
1988	1402	92,4	113	7,4	2	0,1	0	0,0
1989	1473	79,8	342	18,5	31	1,7	1	0,1
1990	1585	91,2	150	8,6	2	0,1	0	0,0
1991	1604	93,6	108	6,3	2	0,1	0	0,0
1992	1304	91,5	117	8,2	3	0,2	1	0,1
1993	1260	95,7	55	4,2	1	0,1	0	0,0
1994	1640	93,2	112	6,4	6	0,3	1	0,1
1995	1203	85,2	196	13,9	12	0,8	1	0,1
1996	964	90,6	93	8,7	7	0,7	0	0,0
1997	892	81,2	198	18,0	7	0,6	1	0,1
1998	1123	87,7	147	11,5	9	0,7	1	0,1
1999	1201	91,3	110	8,4	5	0,4	0	0,0
2000	1415	87,8	181	11,2	15	0,9	0	0,0
2001	1360	91,3	127	8,5	3	0,2	0	0,0
2002	1334	89,7	153	10,3	1	0,1	0	0,0
2003	1449	93,5	101	6,5	0	0,0	0	0,0
2004	1445	91,5	132	8,4	2	0,1	0	0,0
2005	1482	89,6	165	10,0	6	0,4	1	0,1
2006	1229	92,5	100	7,5	0	0,0	0	0,0
2007	1254	97,7	29	2,3	0	0,0	0	0,0
2008	1111	94,0	71	6,0	0	0,0	0	0,0
2009	1347	93,8	86	6,0	2	0,1	1	0,1
2010	1015	94,5	55	5,1	4	0,4	0	0,0
2011	1352	92,5	106	7,3	3	0,2	0	0,0
2012	1482	94,3	88	5,6	1	0,1	0	0,0
2013	1193	97,7	28	2,3	0	0,0	0	0,0
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

2.1.7 Tendencia anual del número y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de superficie quemada

El nº y porcentaje de cuadrículas en las que se queman <10 ha al año ha aumentado de forma muy acusada y significativa entre 1974-2013 (Mann-Kendall test +0.89 y +0.72, $p < 0.005$, respectivamente) (Tabla 2.1.4). En promedio, estas cuadrículas han supuesto el

60 % del total, si bien se observa un punto de inflexión a partir de 1993. Antes de este año, la media (46 %) era inferior a la del periodo completo, mientras que, a partir de 1993, la media subió al 72 % (Tabla 2.1.4).

En el caso de las cuadrículas en las que se quemaron entre 10-100 ha/año se observó que, en términos absolutos (nº de cuadrículas), no había tendencia temporal; mientras que en términos relativos (porcentaje de cuadrículas), la tendencia a decrecer fue muy significativa y acusada (Mann-Kendall test -0.70, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.4). En promedio, estas cuadrículas han supuesto el 26 % del total y al igual que en el caso anterior, mostraron un punto de inflexión, que en este caso se localizó en 1994. Hasta 1994 la media estaba en un 32 % y a partir de 1995, estas cuadrículas supusieron un 20 % (Tabla 2.1.4).

Las cuadrículas en las que se quemaron entre 100-1.000 ha/año se observó que, en términos absolutos (nº de cuadrículas), la tendencia a decrecer fue significativa (Mann-Kendall test -0.44, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.4); y todavía más acusada en términos relativos (porcentaje de cuadrículas) (Mann-Kendall test -0.69, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.4). En promedio, estas cuadrículas han supuesto el 13 % del total y al igual que anteriormente, mostraron un punto de inflexión, que en este caso se localizó en 1992. Hasta 1992 incluido, la media estaba en un 19 % de todas las cuadrículas y a partir de 1993, estas cuadrículas supusieron un 7 % (Tabla 2.1.4).

Las cuadrículas en las que se quemaron entre 1.000-5.000 ha/año se observó que, en términos absolutos (nº de cuadrículas), la tendencia a decrecer fue significativa (Mann-Kendall test -0.26, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.4); y más acusada en términos relativos (porcentaje de cuadrículas) (Mann-Kendall test -0.46, $p < 0.005$) (Tabla 2.1.4). En promedio, estas cuadrículas han supuesto el 1.3 % del total y, al igual que anteriormente, mostraron un punto de inflexión, que en este caso se localizó en 1989. Hasta 1989 incluido, la media estaba en un 2.2 % de las cuadrículas presentando una gran variabilidad interanual (años extremos como 1978, 1985 y 1989 en los que supusieron entre un 4-6 % del total de las cuadrículas) y a partir de 1990, estas cuadrículas supusieron solo un 0.7% (Tabla 2.1.4).

Por último, las cuadrículas en las que se quemaron entre 5.000-10.000 ha/año y > 10.000 ha/año se observó que, en términos absolutos (nº de cuadrículas) y en términos relativos (porcentaje de cuadrículas), no presentaron ninguna tendencia temporal significativa (Tabla 2.1.4). En valores promedio, estas cuadrículas supusieron <1 % del total (0.06 y 0.03 %, respectivamente) (Tabla 2.1.4).

Tabla 2.1.4. Número de cuadrículas afectadas por superficie quemada (ha) separando por grupos de hectáreas quemadas (<10; 10-100; 100-1.000, 1.000-5.000, 5.000-10.000 y > 10.000hectáreas) entre 1974 – 2013. Los resultados del test de tendencias de Mann – Kendall se muestran en negrita.

Año	< 10 (ha)		10 a 100 (ha)		100 a 1000 (ha)		1000 a 5000 (ha)		5000 a 10000 (ha)		> 10000 (ha)	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
1974	567	44,9	443	35,0	243	19,2	11	0,9	0	0,0	0	0,0
1975	581	47,2	386	31,4	236	19,2	25	2,0	1	0,1	2	0,2
1976	595	46,6	410	32,1	254	19,9	17	1,3	0	0,0	0	0,0
1977	452	48,8	341	36,8	124	13,4	8	0,9	1	0,1	0	0,0
1978	559	33,2	544	32,3	467	27,7	111	6,6	4	0,2	1	0,1
1979	428	35,7	401	33,4	330	27,5	40	3,3	0	0,0	0	0,0

1980	727	37,6	703	36,3	465	24,0	36	1,9	3	0,2	0	0,0
1981	792	39,3	690	34,2	478	23,7	54	2,7	2	0,1	0	0,0
1982	735	44,0	605	36,2	311	18,6	17	1,0	1	0,1	0	0,0
1983	824	51,7	586	36,7	169	10,6	16	1,0	0	0,0	0	0,0
1984	815	44,9	650	35,8	324	17,9	25	1,4	0	0,0	0	0,0
1985	796	35,7	684	30,7	634	28,4	113	5,1	2	0,1	1	0,0
1986	866	44,8	639	33,1	382	19,8	41	2,1	3	0,2	1	0,1
1987	970	52,7	549	29,8	306	16,6	14	0,8	1	0,1	0	0,0
1988	1071	52,6	640	31,4	314	15,4	13	0,6	0	0,0	0	0,0
1989	1123	47,0	628	26,3	542	22,7	94	3,9	1	0,0	0	0,0
1990	1284	53,8	720	30,2	348	14,6	32	1,3	3	0,1	0	0,0
1991	1293	54,5	696	29,4	335	14,1	41	1,7	4	0,2	2	0,1
1992	1343	61,4	623	28,5	211	9,6	10	0,5	1	0,0	0	0,0
1993	1610	72,0	494	22,1	121	5,4	10	0,4	2	0,1	0	0,0
1994	1580	60,8	710	27,3	253	9,7	40	1,5	4	0,2	12	0,5
1995	1622	66,3	523	21,4	283	11,6	17	0,7	0	0,0	0	0,0
1996	1485	73,6	404	20,0	124	6,1	5	0,2	0	0,0	0	0,0
1997	1471	71,1	356	17,2	230	11,1	12	0,6	0	0,0	0	0,0
1998	1449	67,6	477	22,2	200	9,3	16	0,7	1	0,0	1	0,0
1999	1583	70,4	508	22,6	148	6,6	10	0,4	0	0,0	0	0,0
2000	1646	64,5	597	23,4	265	10,4	43	1,7	1	0,0	0	0,0
2001	1614	66,5	609	25,1	197	8,1	8	0,3	0	0,0	0	0,0
2002	1632	65,7	607	24,4	235	9,5	10	0,4	0	0,0	0	0,0
2003	1711	66,0	638	24,6	225	8,7	14	0,5	3	0,1	0	0,0
2004	1727	66,2	667	25,6	204	7,8	7	0,3	2	0,1	2	0,1
2005	1835	68,0	594	22,0	241	8,9	27	1,0	2	0,1	1	0,0
2006	1945	74,1	456	17,4	187	7,1	35	1,3	1	0,0	0	0,0
2007	2211	82,4	387	14,4	80	3,0	4	0,1	1	0,0	0	0,0
2008	2083	81,4	363	14,2	106	4,1	6	0,2	0	0,0	0	0,0
2009	2202	76,8	488	17,0	157	5,5	19	0,7	2	0,1	0	0,0
2010	1934	81,1	339	14,2	103	4,3	8	0,3	0	0,0	0	0,0
2011	2172	75,9	494	17,3	181	6,3	15	0,5	1	0,0	0	0,0
2012	2320	76,3	504	16,6	185	6,1	25	0,8	3	0,1	3	0,1
2013	2136	79,4	435	16,2	108	4,0	10	0,4	0	0,0	0	0,0
	0.89**	0.72**	ns	-0.70**	-0.44**	-0.69**	-0.26**	-0.46**	ns	ns	ns	ns

2.1.8 Tendencia anual de la superficie quemada por tipo de superficie forestal

La superficie quemada forestal arbolada mostró una tendencia significativamente negativa a lo largo del tiempo para incendios menores de 500 ha (Mann-Kendall comprendido entre -0.63; -0.70 y -0.52, $p < 0.0001$) (Fig. 2.1.7 A-B). Esta tendencia general fue más acusada para los incendios menores de 50 ha (Fig. 2.1.7 A). Finalmente, los incendios > 500 ha mostraron una gran variabilidad interanual (Fig. 2.1.7 B). En el caso de la superficie quemada forestal no arbolada, los resultados fueron completamente inversos, observando una tendencia significativamente positiva y con la misma intensidad por diferentes tamaños (no mostrado).

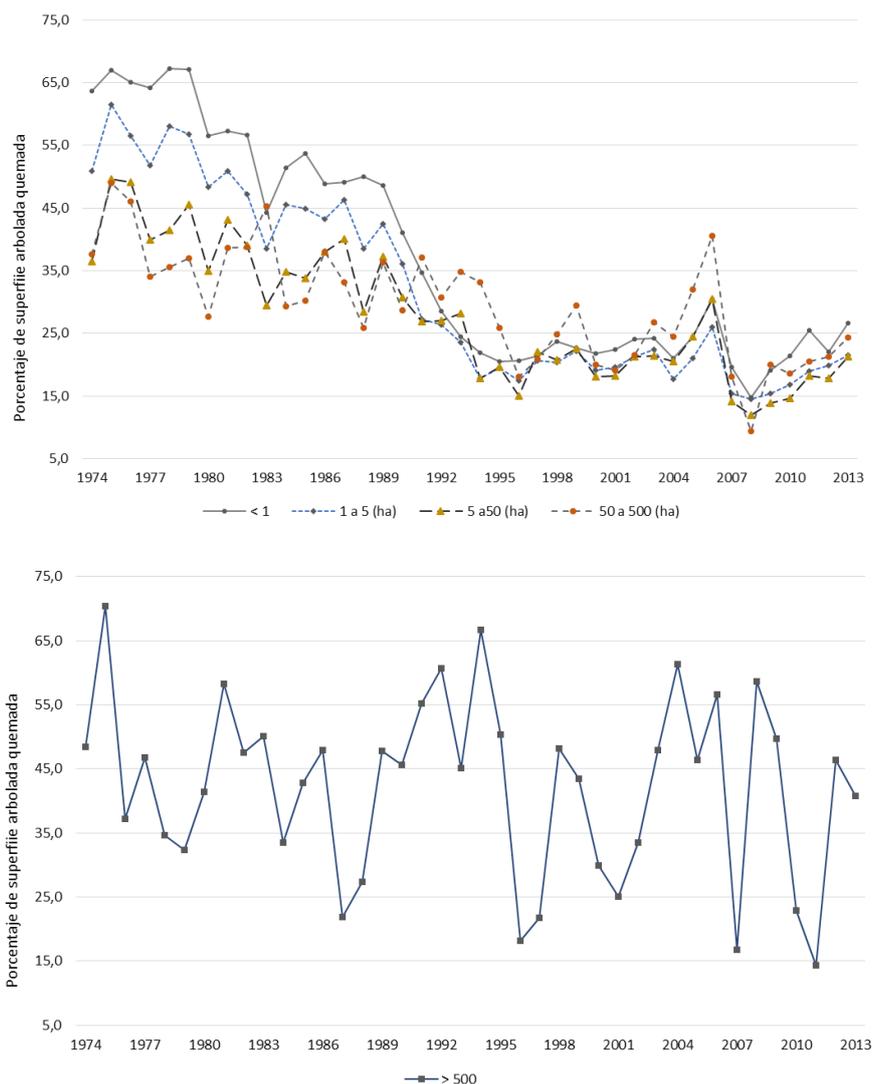


Figura 2.1.7. Tendencia anual de la superficie quemada arbolada (en % del total) por incendios de diferente tamaño para el período 1974-2013.

La superficie forestal arbolada quemada presentó una gran variabilidad espacial en el territorio español (Fig. 2.1.8 A). El 75 % de las unidades de 10x10 km analizadas presentaron c.a. 500 ha de superficie arbolada quemada a lo largo de la serie temporal. El 5 %, más de 2.000 ha, el 1 % más de 7.000 ha y menos de 1 %, más de 10.000 ha quemadas de superficie arbolada; localizadas en las “zonas calientes” (zona Noroeste, Sistema Central, Sierras del Sur y el Levante) (Fig. 2.1.8 A). El patrón espacial de la superficie forestal no arbolada quemada ha sido muy similar al de la superficie forestal arbolada. En este sentido, el 75 % de las celdas 10x10 km presentaron c.a. 500 ha quemadas durante la serie temporal; el 1 %, c.a. 9.000 ha, y <1 %, c.a. 10.000 ha (Fig. 2.1.8 B).

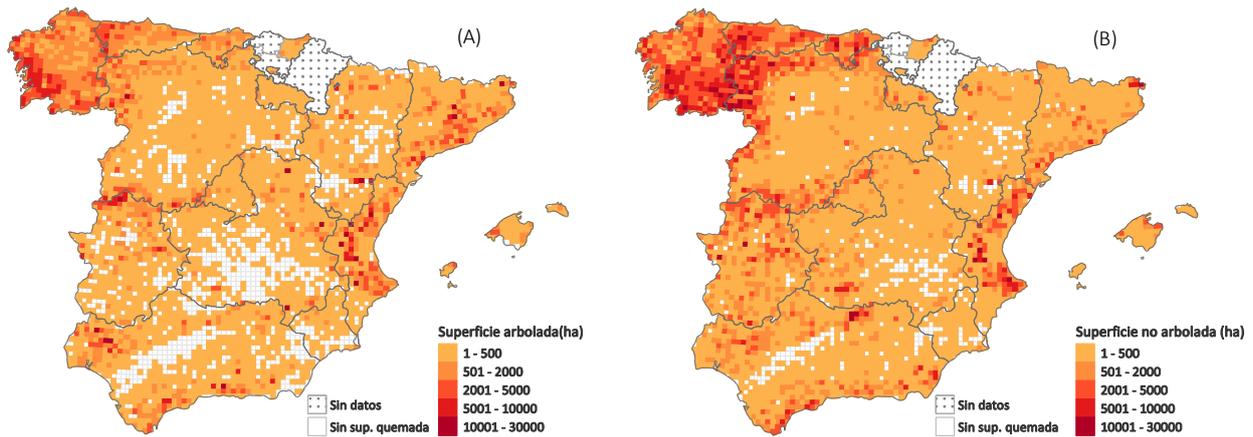
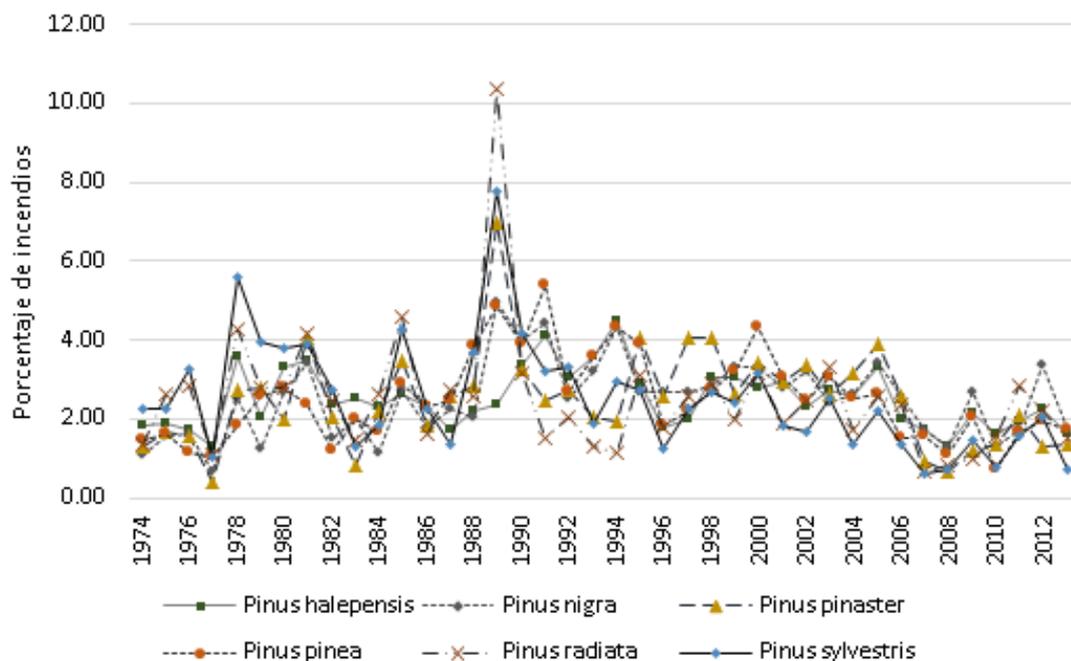


Figura 2.1.8. Superficie quemada en celdas de 10x10 km durante el período 1974-2013: A) Arbolado; B) Desarbolado

2.1.9 Tendencia anual del número de incendios por especies forestales arboladas

El número de incendios por especies de *Pinus* no mostró ninguna tendencia temporal significativa, excepto para *Pinus sylvestris*, que mostró una tendencia significativamente negativa (Mann-Kendall test -0.40, $p < 0.0001$) entre 1974-2013 (Fig. 2.1.9 A). Por el contrario, el número de incendios para las especies de *Quercus* mostró una tendencia significativamente positiva para todas las especies, excepto *Q. suber* (Fig. 2.1.9 B). Sin embargo, la intensidad de esta tendencia varió entre especies de *Quercus*. En este sentido, *Q. petraea*, *Q. ilex* y *Q. faginea* mostraron una tendencia positiva leve (Mann-Kendall test 0.21; 0.23; 0.27, $p < 0.0001$; respectivamente), mientras que *Q. pyrenaica* y *Q. robur* mostraron una tendencia positiva más acusada (Mann-Kendall 0.54; 0.56, $p < 0.0001$; respectivamente) (Fig. 2.1.9 B).



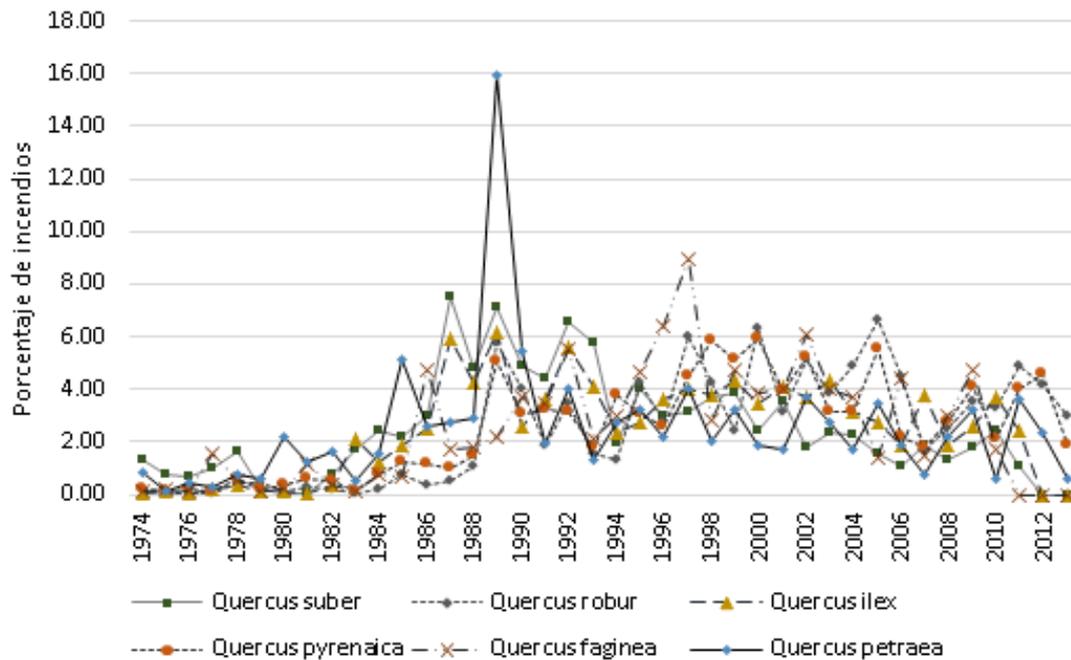


Figura 2.1.9. Número de incendios, en porcentajes, de diferentes especies de Pinus (A) y de Quercus (B) durante el período 1974-2013.

2.1.10 Tendencia anual de la superficie quemada por especies forestales arboladas

La superficie quemada por especies de *Pinus* mostró tendencias significativamente negativas para todas las especies entre 1974-2013, excepto para *Pinus nigra* (Fig. 2.1.10 A). Las tendencias negativas más leves se observaron en *P. pinea* (Mann-Kendall test -0.22, $p < 0.005$), seguidos por *P. halepensis* y *P. pinaster* (Mann-Kendall test -0.35; -0.38, $p < 0.005$; respectivamente); mientras que las más acusadas se produjeron en *P. sylvestris* y *P. radiata* (Mann-Kendall -0.46; -0.51, $p < 0.0001$; respectivamente). Por el contrario, la superficie quemada por especies de *Quercus* no mostró una tendencia significativa durante la serie temporal, excepto para *Q. robur* y *Q. faginea*, que mostraron una tendencia positiva (Mann-Kendall test 0.23 y 0.40, $p < 0.000$; respectivamente) (Fig. 2.1.10 B).

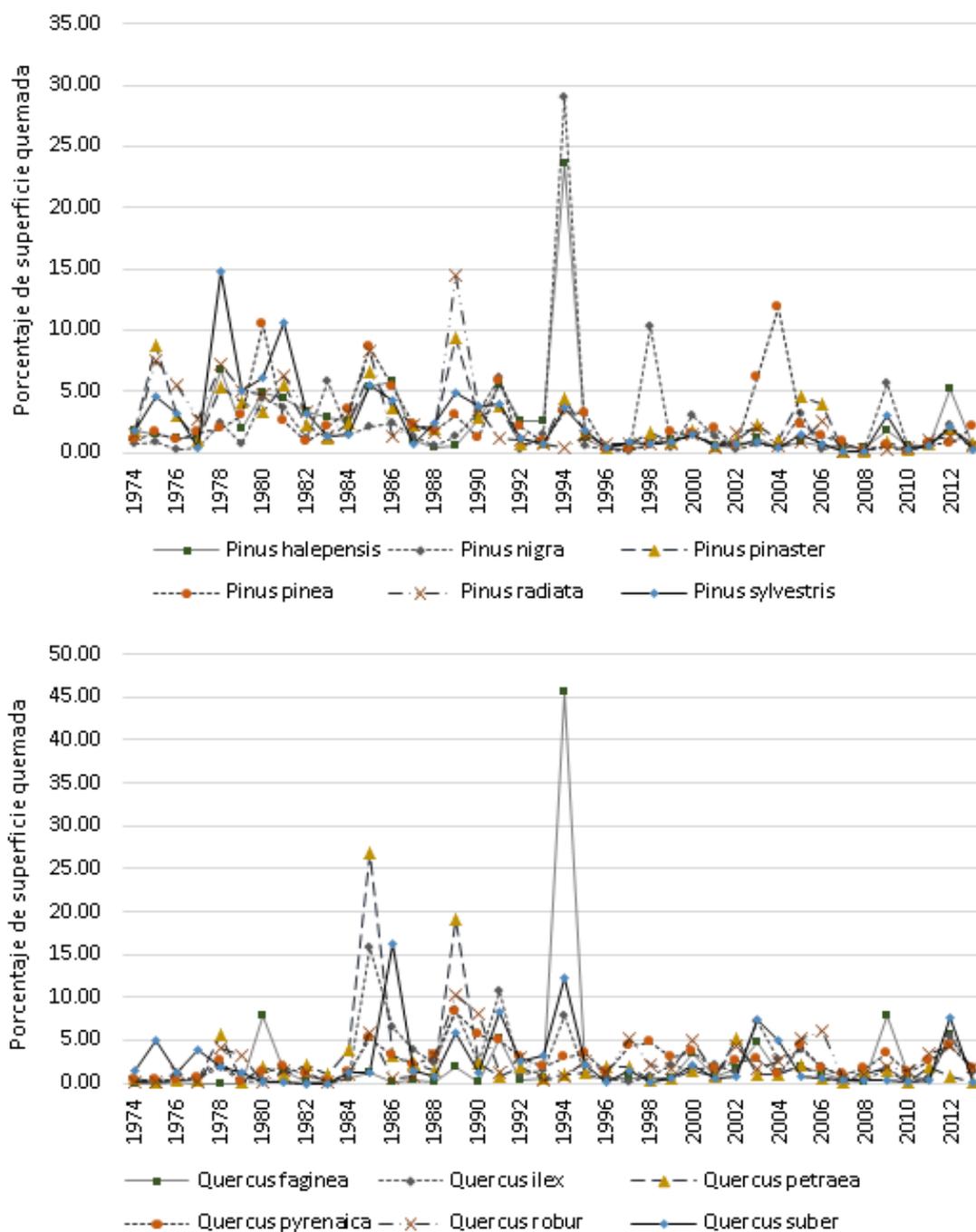


Figura 2.1.10. Superficie quemada, en porcentajes, de diferentes especies de *Pinus* (A) y de *Quercus* (B) durante el período 1974-2013.

2.1.11 Distribución geográfica del número de incendios por especies forestales

En valores absolutos, *P. pinaster* fue la especie de *Pinus* más afectada por el número de incendios forestales (80.400 incendios). La distribución espacial del número de incendios de *P. pinaster* indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 2.000 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente, se produjeron c.a. 16 incendios, en el 1 %, 400 incendios, y en < 1%, 2.000 incendios de *P. pinaster* durante toda la serie temporal.

Las cuadrículas más afectadas se localizaron en Galicia y Sistema Central (Fig. 2.1.11 A).

En valores absolutos de número de incendios, *P. halepensis* fue la segunda especie de *Pinus* más afectada (27.300 incendios). La distribución espacial del número de incendios de *P. halepensis* indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 300 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se produjeron c.a. 15 incendios, en el 1 %, c.a. 130 incendios, y en < 1 %, cerca de 300 incendios. El mayor número de incendios ocurridos en estas masas forestales de *P. halepensis* se produjeron fundamentalmente en la zona oriental de España, sobre todo en la Comunidad Valenciana, Cataluña y Baleares (Fig. 2.1.11 B).

En valores absolutos, *P. radiata* fue la tercera especie de *Pinus* más afectada por el número de incendios forestales (14.000 incendios). La distribución espacial del número de incendios de *P. radiata* fue muy concentrada en la zona norte y noroeste del país (Fig. 2.1.11 C), encontrando que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se produjeron c.a. 25 incendios, en el 1 %, se produjeron 130 incendios de *P. radiata*, y en < 1%, cerca de 200 incendios durante toda la serie temporal (Fig. 2.1.11 C).

En valores absolutos de número de incendios, *P. sylvestris* fue la tercera especie de *Pinus* menos afectada (8.500 incendios). La distribución espacial del número de incendios de *P. sylvestris* indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de casi 200 incendios. De esta forma, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se produjeron c.a. 10 incendios, en el 1 %, se produjeron cerca de 50 incendios, y en < 1%, unos 200 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en las cadenas montañosas de mitad norte del país, observando una mayor incidencia en la zona oriental de Galicia, Asturias, Pirineo catalán y Sistema Central (Fig. 2.1.11 D).

En valores absolutos, *P. pinea* fue la segunda especie de *Pinus* menos afectada en número de incendios (6.400 incendios). La distribución espacial del número de incendios de *P. pinea* indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 140 incendios. En este sentido, en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente se produjeron solo 5 incendios, en el 1 %, 50 incendios, y en < 1%, cerca de 150 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en la Meseta Norte, costa norte de Cataluña y las estribaciones de Sierra Morena (Fig. 2.1.11 E).

Finalmente, *P. nigra* fue la especie de *Pinus* menos afectada (5.300 incendios). La distribución espacial del número de incendios de *P. nigra* indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 120 incendios, encontrando que en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente, se produjeron 2 incendios; en el 1 %, c.a. 30 incendios; y en < 1 %, c.a. 125 incendios. El mayor número de incendios de *P. nigra* se produjo fundamentalmente en la Meseta Norte, Pirineos, Sistema Ibérico y Cordilleras Béticas (Fig. 2.1.11 F).

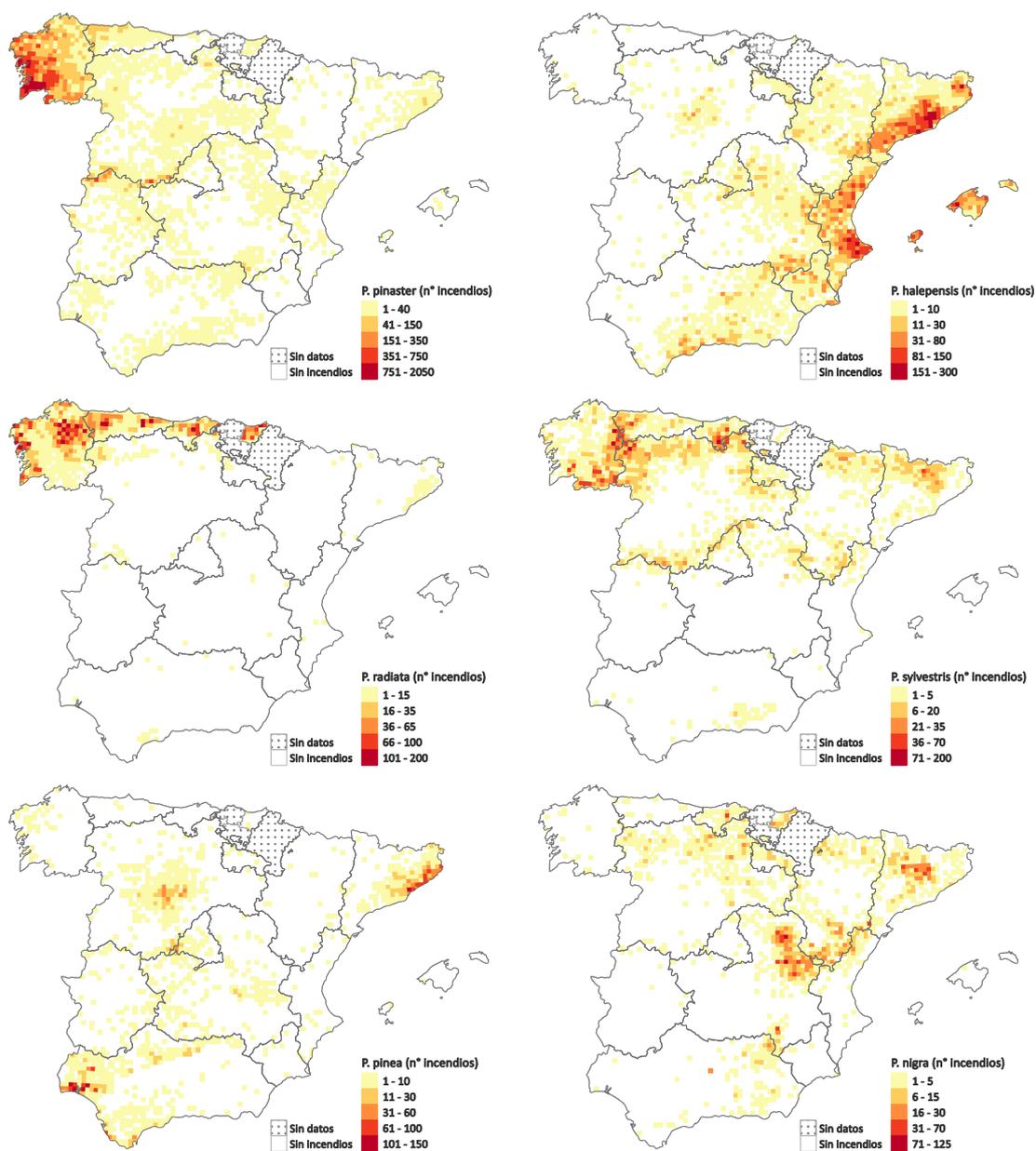


Figura 2.1.11. Distribución geográfica el número de incendios en distintas especies de *Pinus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

En valores absolutos, *Q. robur* fue la especie de *Quercus* más afectada por el número de incendios (14.441 incendios). La distribución espacial del número de incendios indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 380 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente, se produjeron c.a. 20 incendios, en el 1 %, 170 incendios, y en < 1%, c.a. 400 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona noroeste (Galicia y Cordillera Cantábrica) del país (Fig. 2.1.12 A).

En valores absolutos, *Q. pyrenaica* fue la segunda especie de *Quercus* más afectada por el número de incendios (12.133 incendios). La distribución espacial del número de incendios mostró que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 565 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se produjeron 10 incendios, en el 1 %, c.a. 125 incendios, y en < 1%, c.a. 570 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en la zona noroeste y oeste del país (Meseta Norte y Sistema Central) (Fig. 2.1.12 B).

En valores absolutos, *Q. ilex* fue la tercera especie de *Quercus* más afectada por el número de incendios (9.082 incendios). La distribución espacial del número de incendios mostró que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 120 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente, se produjeron 4 incendios, en el 1 %, 25 incendios, y en < 1%, c.a. 120 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en la zona oeste del país (Extremadura y NW de Andalucía) y Cataluña; si bien, la incidencia del fuego sobre esta especie fue espacialmente muy extensiva afectando a casi toda España (Fig. 2.1.12 C).

En valores absolutos, *Q. suber* fue la tercera especie de *Quercus* menos afectada por el número de incendios (2.863 incendios). Su distribución espacial mostró que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 65 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente se produjeron c.a. 5 incendios, en el 1 %, c.a. 50 incendios, y en < 1%, c.a. 70 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona suroeste (Extremadura, Sierra Morena y Serranía de Ronda) y la zona de Cataluña (Fig. 2.1.12 D).

En valores absolutos, *Q. faginea* fue la segunda especie de *Quercus* menos afectada por el número de incendios (1.097 incendios). La distribución espacial del número de incendios mostró que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 25 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se produjeron 2 incendios, en el 1 %, 15 incendios, y en < 1%, c.a. 30 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en el sureste de la Cordillera Cantábrica, Pirineos, Sistema Central y Sistema Ibérico y SE de Andalucía (Serranía de Ronda) (Fig. 2.1.12 E).

Finalmente, *Q. petraea* fue la especie de *Quercus* menos afectada por el número de incendios (972 incendios). La distribución espacial del número de incendios indicó que la diferencia entre las cuadrículas menos afectadas y las más afectadas fue de 26 incendios. En este sentido, encontramos que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se produjeron 3 incendios, en el 1 %, 25 incendios, y en < 1%, c.a. 30 incendios durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona noroeste del país (Galicia y Cordillera Cantábrica) (Fig. 2.1.12 F).

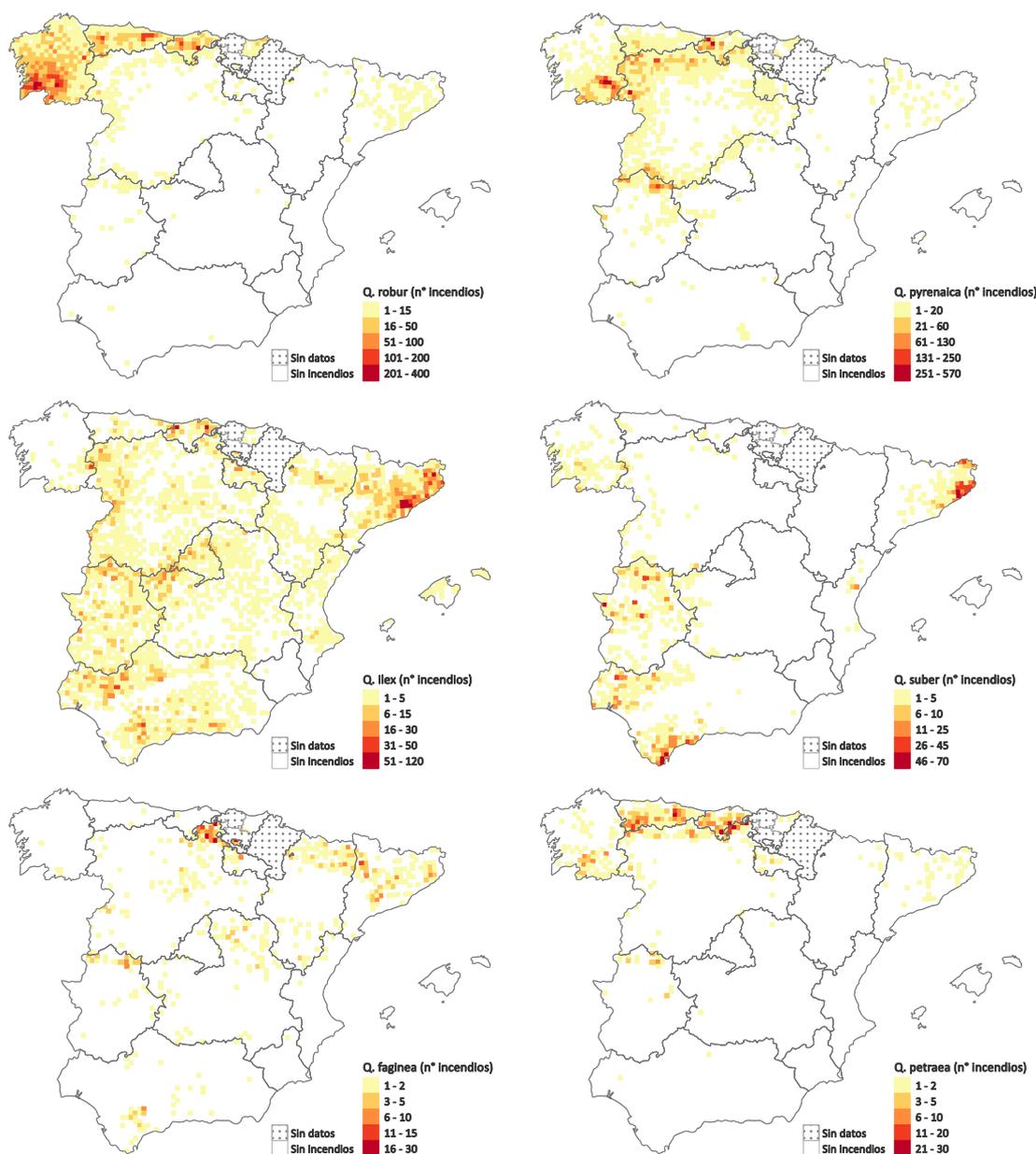


Figura 2.1.12. Distribución geográfica el número de incendios en distintas especies de *Quercus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

La tendencia temporal del número de incendios de distintas especies de *Pinus* indicó que *P. pinaster* fue la especie más afectada por el fuego en número de cuadrículas (2.040 cuadrículas que supusieron el 43 % del total). De ese conjunto, el 11 % mostró una tendencia temporal significativa; y de éstas, el 5 % mostró una tendencia positiva a incrementar el número de incendios (Galicia y Meseta Norte), mientras que el 6 % restante, mostró una tendencia negativa a lo largo del tiempo (zona Noroeste y Sistema Central) (Fig. 2.1.13 A).

En el caso de *P. halepensis*, de las 1.951 cuadrículas afectadas (41 % del total), el 12 % mostró una tendencia temporal significativa; y de éstas, el 7 % mostró una tendencia positiva a incrementar el número de incendios (zona Este del interior peninsular), mientras que el 5 % restante, mostró una tendencia negativa a lo largo del tiempo (zonas del Levante, Cataluña y Baleares) (Fig. 2.1.13 B).

P. sylvestris se vio afectado por el fuego en 1.349 cuadrículas (28 % del total), de las cuales el 7.5 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 1 % presentó una tendencia positiva (Sistema Ibérico), mientras que casi el 6.5 % restante, una tendencia negativa (muy dispersas por la mitad norte del país) (Fig. 2.1.13 C).

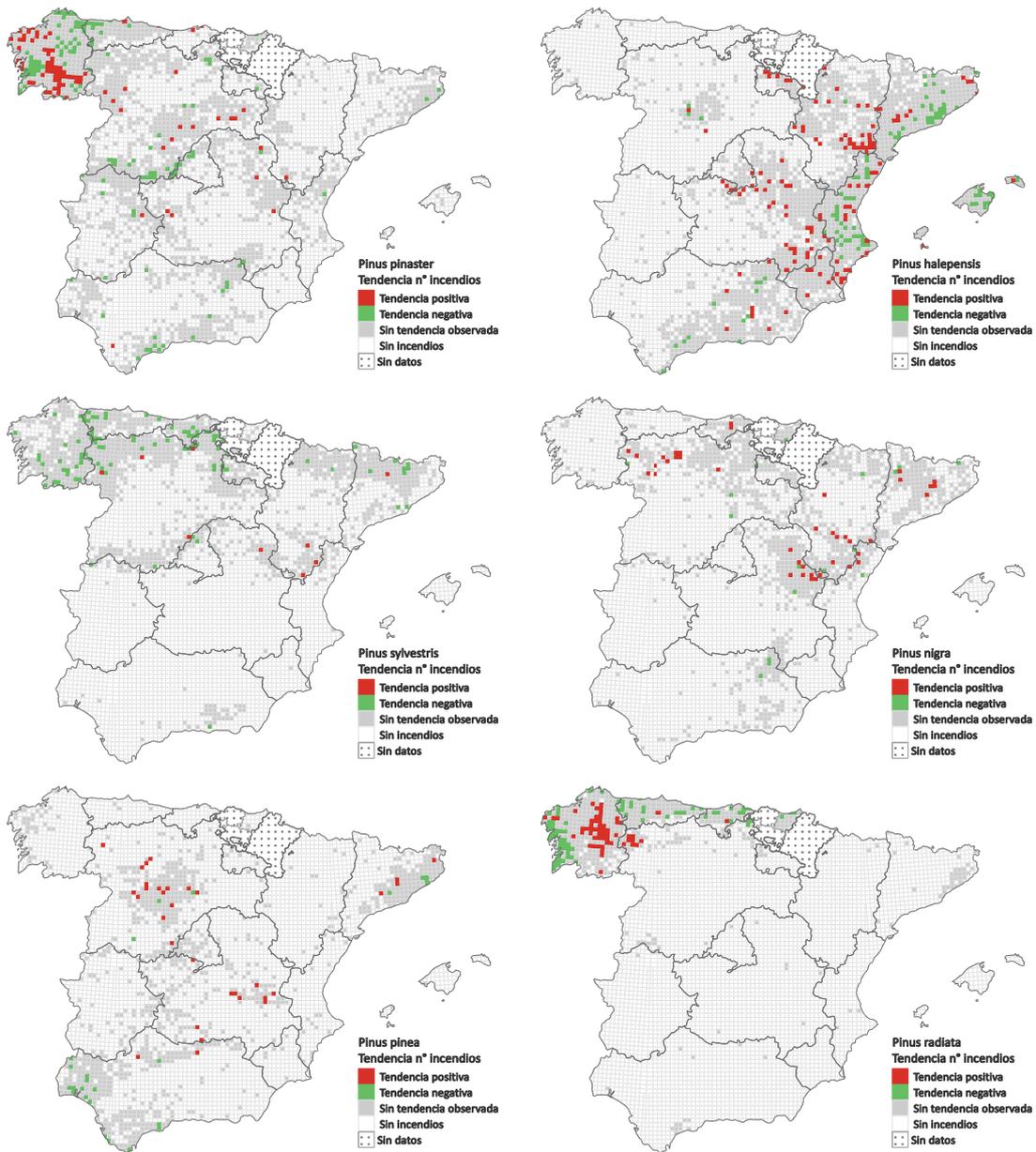


Figura 2.1.13. Distribución geográfica de las tendencias en el número de incendios de distintas especies de *Pinus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

En el caso de *P. nigra*, 1.161 cuadrículas se vieron afectadas (24% del total) y solo el 5 % de estas cuadrículas mostró una tendencia temporal significativa; de las cuales, el 3 % presentó una tendencia positiva (Montes de León y Sistema Ibérico, básicamente), mientras que el 2 % restante, una tendencia negativa a lo largo del tiempo (Fig. 2.1.13 D).

P. pinea se vio afectado por el fuego en 1.025 cuadrículas (21 % del total), de las cuales solo el 5 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 3 % presentó una tendencia positiva (muy dispersas por la Meseta Norte, La Meseta Sur y Sierra Morena), mientras que el 2 % restante, una tendencia negativa (Cataluña y zona SW de Andalucía) (Fig. 2.1.13 E).

P. radiata se vio afectado por el fuego en 687 cuadrículas (14 % del total), de las cuales el 20 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 9 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona interior de Galicia), mientras que el 11 % restante, una tendencia negativa (zona oeste de Galicia y toda la zona Cantábrica) (Fig. 2.1.13 F).

Q. suber, de las 638 cuadrículas afectadas (13 % del total de cuadrículas), solo el 4 % mostró una tendencia temporal significativa; y de éstas, el 3 % mostró una tendencia positiva a incrementar la superficie quemada (muy dispersas por el país, encontrándose las en zonas de Cataluña, Galicia y centro-oeste de España), mientras que el 1 % restante, mostró una tendencia negativa a lo largo del tiempo (fundamentalmente en la Serranía de Ronda, Andalucía) (Fig. 2.1.14 D).

Q. faginea se vio afectado por el fuego en 500 cuadrículas (10 % del total), de las cuales solo el 4 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, todas las cuadrículas presentaron una tendencia positiva (localizándose fundamentalmente en Cataluña) (Fig. 2.1.14 E).

Finalmente, *Q. petraea* se vio afectado por el fuego en 359 cuadrículas (7 % del total), de las cuales el 4 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 3 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona de la Cordillera Cantábrica), mientras que 1 % restante, una tendencia negativa (en la misma zona antes señalada) (Fig. 2.1.14 F).

La tendencia temporal del número de incendios de distintas especies de *Quercus* indicó que *Q. ilex* fue la especie más afectada por el fuego en número de cuadrículas (2.298 cuadrículas que supusieron el 48 % del total), de las cuales solo el 8 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, todas las cuadrículas presentaron una tendencia positiva presentando una distribución muy dispersa por toda la península, incluidas las Islas Baleares (Fig. 2.1.14 A).

Q. pyrenaica se vio afectado por el fuego en 974 cuadrículas (20 % del total), de las cuales el 18 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 17 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona NW de España y Sistema Central), mientras que el 1 % restante, una tendencia negativa (muy dispersas dentro de las mismas zonas antes señaladas) (Fig. 2.1.14 B).

Q. robur se vio afectado por el fuego en 838 cuadrículas (17 % del total), de las cuales el 29 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, casi el 29 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona de Galicia y la Cordillera Cantábrica), mientras que < 1 % restante, una tendencia negativa (en las mismas zonas antes señaladas) (Fig. 2.1.14 C).

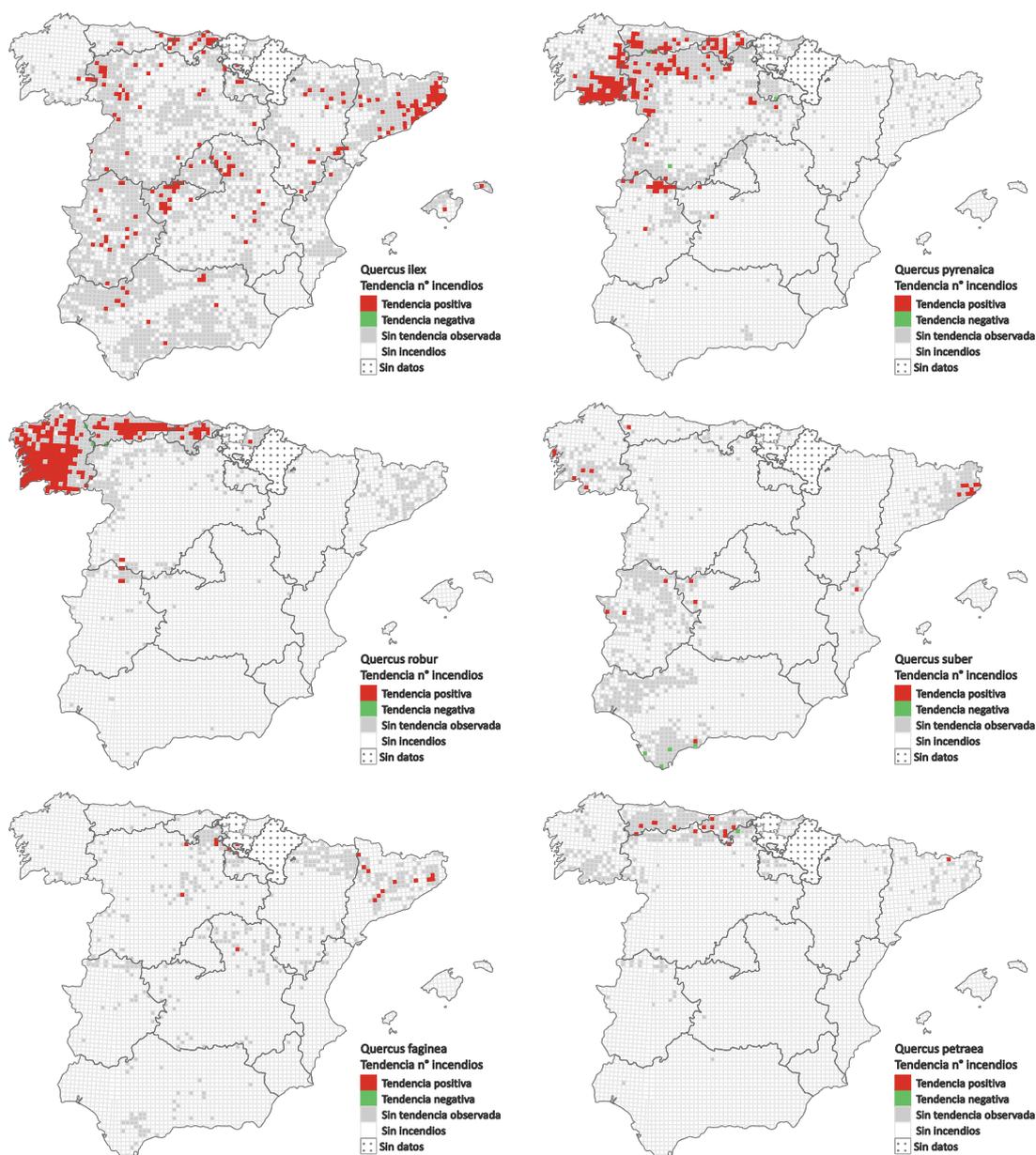


Figura 2.1.14. Distribución geográfica de las tendencias en el número de incendios de distintas especies de *Quercus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

2.1.12 Distribución geográfica de la superficie quemada por especies forestales

La distribución espacial de la superficie quemada de *P. pinaster* fue bastante irregular, encontrando que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 165 ha, en el 1 %, c.a. 6.000 ha, y en < 1%, c.a. 11.000 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en Galicia, Sistema Central y costa oriental andaluza; es decir en la parte silíceo del país (Fig. 2.1.15 A). *P. pinaster* fue la especie de *Pinus* más afectada en superficie quemada (687.221 ha).

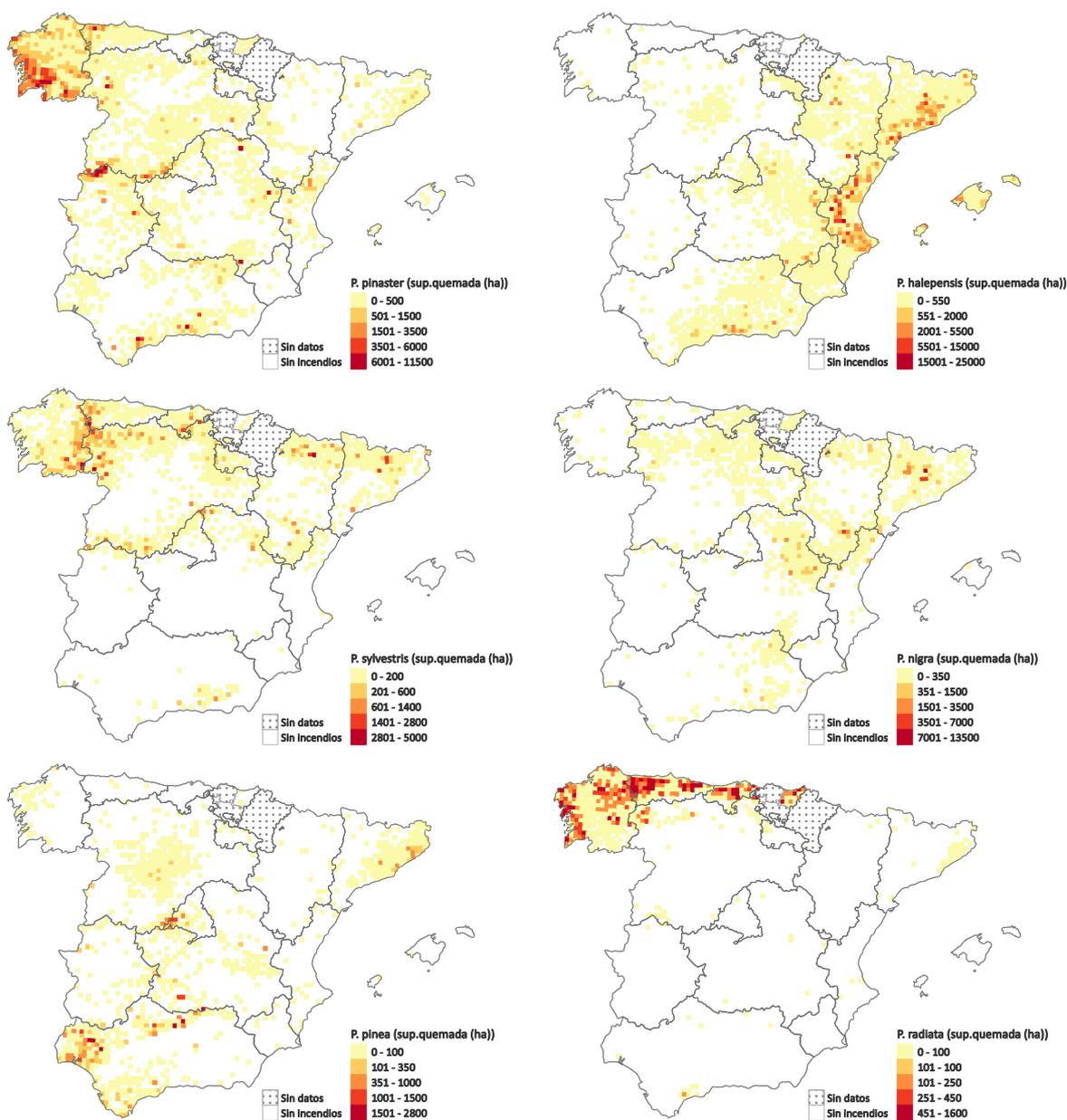


Figura 2.1.15. Distribución geográfica de la superficie quemada de distintas especies de *Pinus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

La distribución espacial de la superficie quemada de *P. halepensis* indicó que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos 100 ha, en el 1 %, c.a. 6.000 ha, y en < 1 %, c.a. 25.000 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en la zona norte de la Comunidad Valenciana, zona sur de Cataluña y Baleares, es decir en la zona calcárea del país (Fig. 2.1.15 B). *P. halepensis* fue la segunda especie de *Pinus* más afectada en superficie quemada (608.039 ha).

La distribución espacial de la superficie quemada de *P. sylvestris* mostró que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 75 ha, en el 1 %, c.a. 1.500 ha, y en < 1%, c.a. 5.000 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en las cadenas montañosas de mitad norte del país, observando una mayor incidencia en la zona oriental de Galicia (Fig. 2.1.15 C). *P.*

sylvestris fue la tercera especie de *Pinus* más afectada en superficie quemada (156.336 ha).

La distribución espacial de la superficie quemada de *P. nigra* indicó que en el 90 % de las cuadrículas, donde la especie está presente, se quemaron menos de 100 ha, en el 1 %, c.a. 1.300 ha, y en < 1%, c.a. 13.300 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en el Sistema Ibérico y en el Pirineo Catalán (Fig. 2.1.15 D). *P. nigra* fue la tercera especie de *Pinus* menos afectada en superficie quemada (98.810 ha).

La distribución espacial de la superficie quemada de *P. radiata* fue muy concentrada en la zona norte y noroeste del país, encontrando que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 150 ha, en el 1 %, c.a. 1.000 ha, y en < 1%, c.a. 1.500 ha durante toda la serie temporal (Fig. 2.1.15 E). *P. radiata* fue la segunda especie de *Pinus* menos afectada en superficie quemada (86.894 ha).

La distribución espacial de la superficie quemada de *P. pinea* mostró que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 20 ha, en el 1 %, c.a. 1.100 ha, y en < 1%, c.a. 2.600 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en la zona suroeste del país (Fig. 2.1.15 F). *P. pinea* fue la especie de *Pinus* menos afectada en superficie quemada (62.893 ha).

Q. ilex ha sido la especie de *Quercus* más afectada por el fuego atendiendo a los valores absolutos de superficie quemada (128.105 ha). En cuanto a su distribución espacial, se observó una distribución muy amplia por todo el país, y encontramos que: en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 25 ha, en el 1 %, c.a. 900 ha, y en < 1%, c.a. 4.000 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en la zona oeste del país (Extremadura y NW de Andalucía) (Fig. 2.1.16 A).

Q. pyrenaica es la segunda especie de *Quercus* más afectada por el fuego atendiendo a los valores absolutos de superficie quemada (85.382 ha). En cuanto a su distribución espacial, se observó que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 70 ha, en el 1 %, c.a. 900 ha, y en < 1%, c.a. 3.250 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona noroeste (Montes de León y Cordillera Cantábrica), sierras del oeste del país (S. Estrella, S. de Gata y Sistema Central) (Fig. 2.1.16 B).

Los valores absolutos de superficie quemada *Q. suber* mostraron que *Q. suber* es la tercera especie de *Quercus* más afectada por el fuego (59.231 ha), encontrando que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 31 ha, en el 1 %, c.a. 1.600 ha, y en < 1%, c.a. 7.000 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona suroeste (Extremadura, Sierra Morena y Serranía de Ronda) y la zona de Cataluña, al noreste del país (Fig. 2.1.16 C).

Q. robur es la tercera especie de *Quercus* menos afectada por el fuego en valores absolutos de superficie quemada (32.794 ha); encontrando que en el 75 % de las cuadrículas, donde la especie está presente, se quemaron menos de 40 ha, en el 1 %, c.a. 400 ha, y en < 1%, c.a. 900 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona noroeste (Galicia y Cordillera Cantábrica) y oeste del país (Fig. 2.1.16 D).

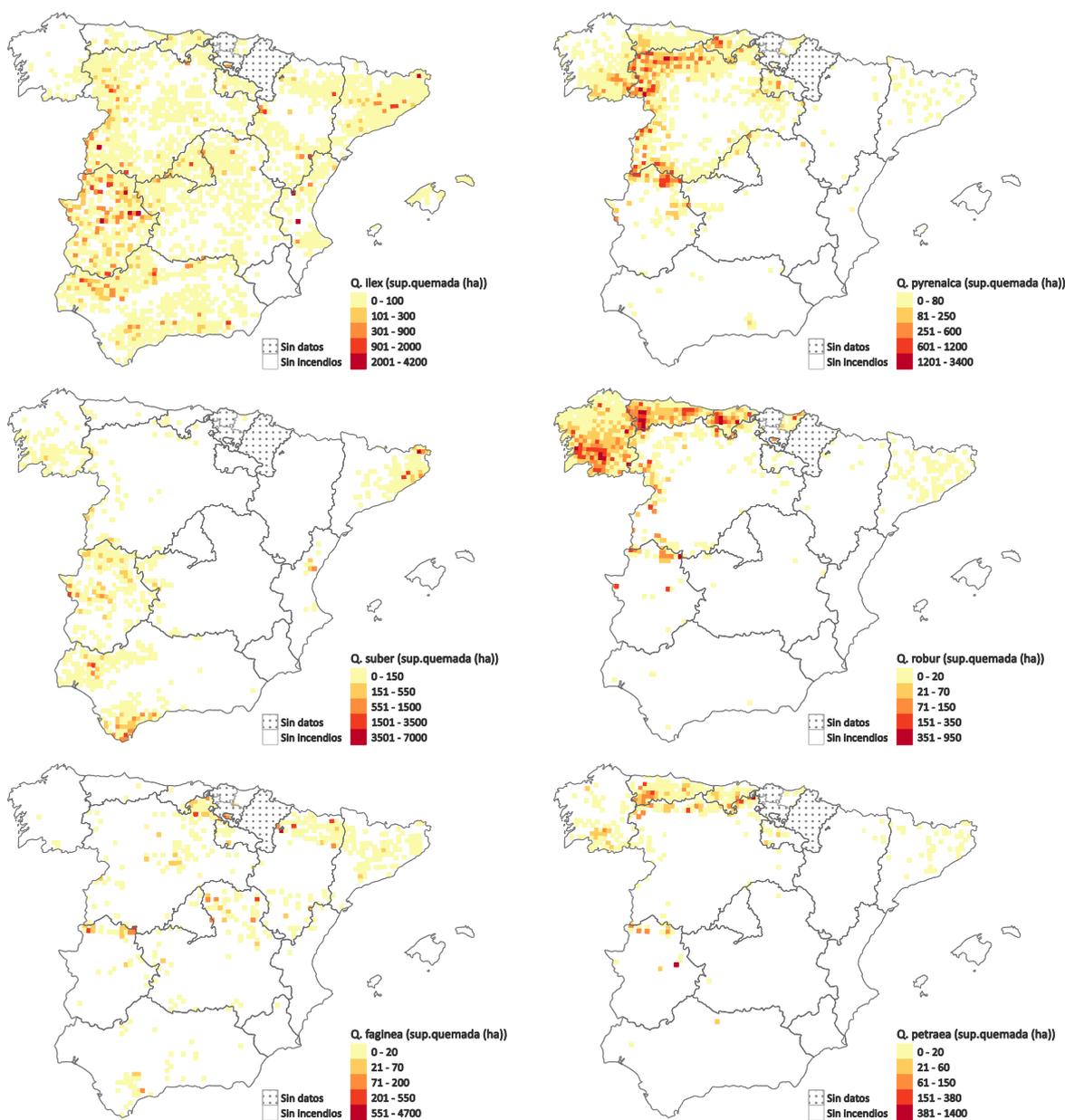


Figura 2.1.16. Distribución geográfica de la superficie quemada de distintas especies de *Quercus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

Los valores absolutos de superficie quemada de *Q. faginea* y su distribución espacial indicaron que es la segunda especie de *Quercus* menos afectada por el fuego (11.799 ha), encontrando que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 5 ha, en el 1 %, c.a. 350 ha, y en < 1%, c.a. 4.600 ha durante toda la serie temporal. Las cuadrículas más afectadas se localizaron en el sureste de la Cordillera Cantábrica, en el Sistema Central y Sistema Ibérico, en Pirineos y SE de Andalucía (Serranía de Ronda) (Fig. 2.1.16 E).

Finalmente, *Q. petraea* es la especie de *Quercus* menos afectada por el fuego en valores absolutos de superficie quemada (7.040 ha). Su distribución espacial mostró que en el 75 % de las cuadrículas donde la especie está presente se quemaron menos de 15 ha, en el 1 %, c.a. 200 ha, y en < 1%, c.a. 1.400 ha durante todo el período. Las cuadrículas

más afectadas se localizaron fundamentalmente en la zona noroeste del país (Galicia y Cordillera Cantábrica) (Fig. 2.1.16 F).

La tendencia temporal de la superficie quemada de distintas especies de *Pinus* indicó que para el caso de *P. pinaster*, de las cuadrículas afectadas por el fuego (el 42 % dl total), el 12.5 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 2.5 % presentó una tendencia positiva (dispersas por la zona Oeste-interior), mientras que el 10% restante, una tendencia negativa (Galicia y Sistema Central, principalmente) a lo largo del tiempo (Fig. 2.1.17 A).

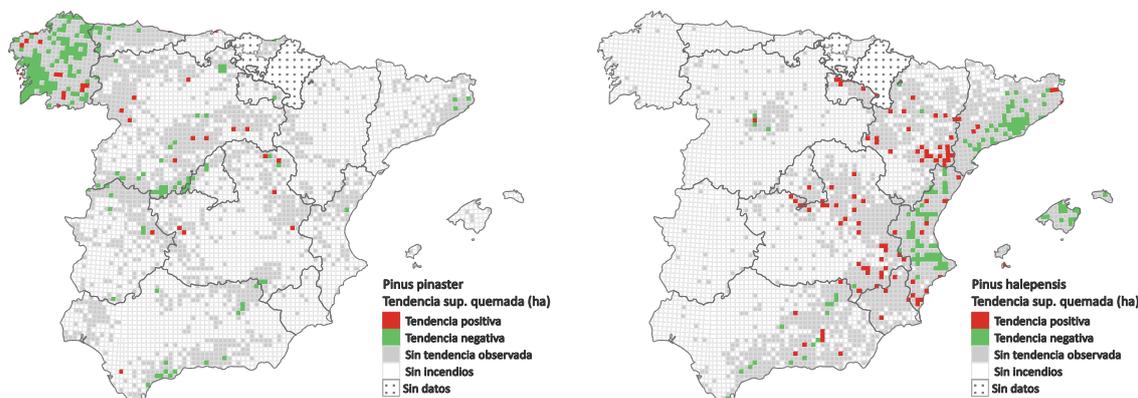
En el caso de *P. halepensis*, de las cuadrículas afectadas por el fuego (40% del total de cuadrículas), el 13 % mostró una tendencia temporal significativa; y de éstas, el 6 % mostró una tendencia positiva a incrementar la superficie quemada (zonas del Levante, Cataluña y Baleares), mientras que el 7 % restante, mostró una tendencia negativa a lo largo del tiempo (zona Este del interior peninsular) (Fig. 2.1.17 B).

P. sylvestris se vió afectado por el fuego en el 27 % de las cuadrículas, de las cuales el 8.5 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, < 1 % presentó una tendencia positiva (muy dispersas por la mitad norte del país), mientras que casi el 8 % restante, una tendencia negativa (zona Norte de España de W a E) (Fig. 2.1.17 C).

En el caso de *P. nigra*, de las cuadrículas que se vieron afectadas por el fuego (24% del total) solo el 4% de estas cuadrículas mostró una tendencia temporal significativa; de las cuales, el 3 % presentó una tendencia positiva (Montes de León y Sistema Ibérico, básicamente), mientras que el 1% restante, una tendencia negativa (dispersas por la zona Este-interior) a lo largo del tiempo (Fig. 2.1.17 D).

P. pinea se vió afectado por el fuego en el 21 % de las cuadrículas, de las cuales solo el 5 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 2.5 % presentó una tendencia positiva (muy dispersas por la Meseta Norte, La Mancha y Sierra Morena), mientras que el 2.5 % restante, una tendencia negativa (Cataluña y zona SW de Andalucía) (Fig. 2.1.17 D).

P. radiata se vió afectado por el fuego en el 14 % de las cuadrículas, de las cuales el 21 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, el 7 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona interior de Galicia), mientras que el 14 % restante, una tendencia negativa (zona oeste de Galicia y toda la zona Cantábrica) (Fig. 2.1.17 E).



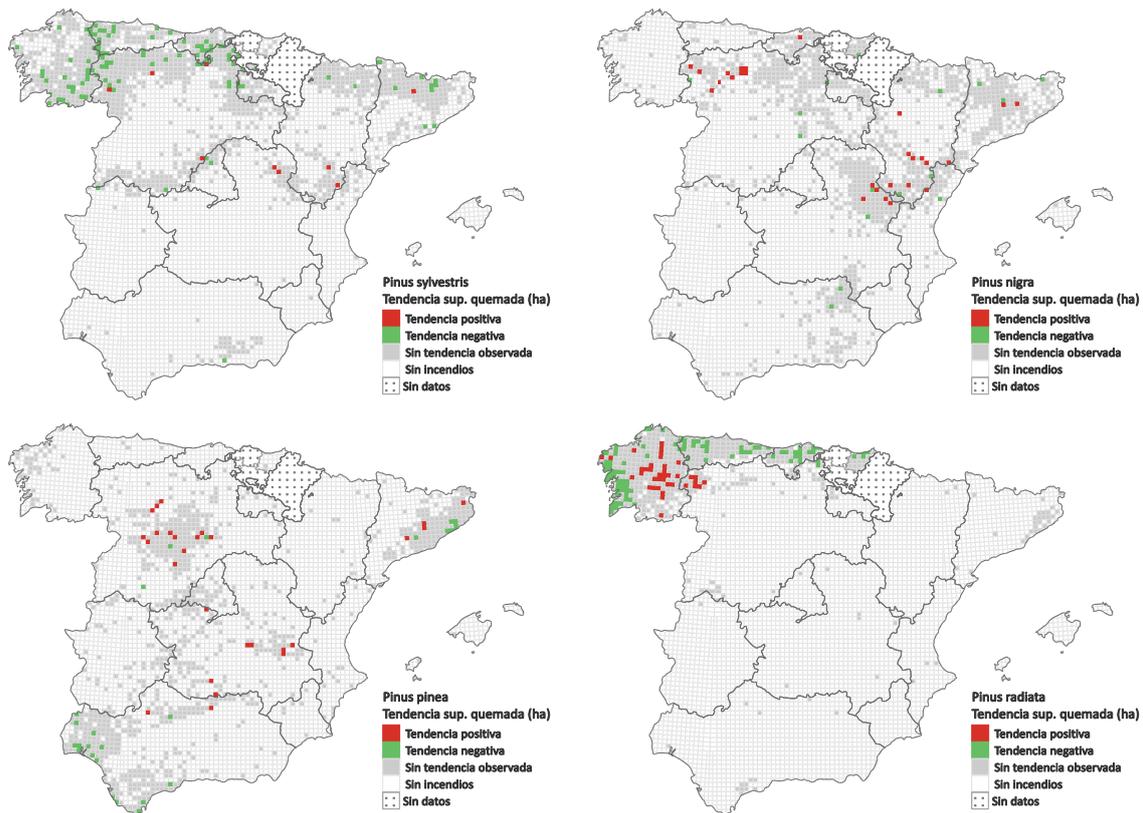


Figura 2.1.17. Distribución geográfica de las tendencias en la superficie quemada de distintas especies de *Pinus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

La tendencia temporal de la superficie quemada de distintas especies de *Quercus* indicó que para el caso de *Q. ilex*, de las cuadrículas afectadas (47 % del total), solo el 8 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, todas las cuadrículas presentaron una tendencia positiva presentando una distribución muy dispersa por toda la península, incluidas las Islas Baleares (Fig. 2.1.18 A).

Q. pyrenaica se vio afectado por el fuego en el 20 % de las cuadrículas, de las cuales el 16 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, casi el 16 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona NW de España y Sistema Central), mientras que el < 1 % restante, una tendencia negativa (muy dispersas dentro de las mismas zonas antes señaladas) (Fig. 2.1.18 B).

Q. robur se vio afectado por el fuego en el 17 % de las cuadrículas, de las cuales el 28 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, casi el 28 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona de Galicia y la Cordillera Cantábrica, mientras que < 1 % restante, una tendencia negativa (en las mismas zonas antes señaladas) (Fig. 2.1.18 C).

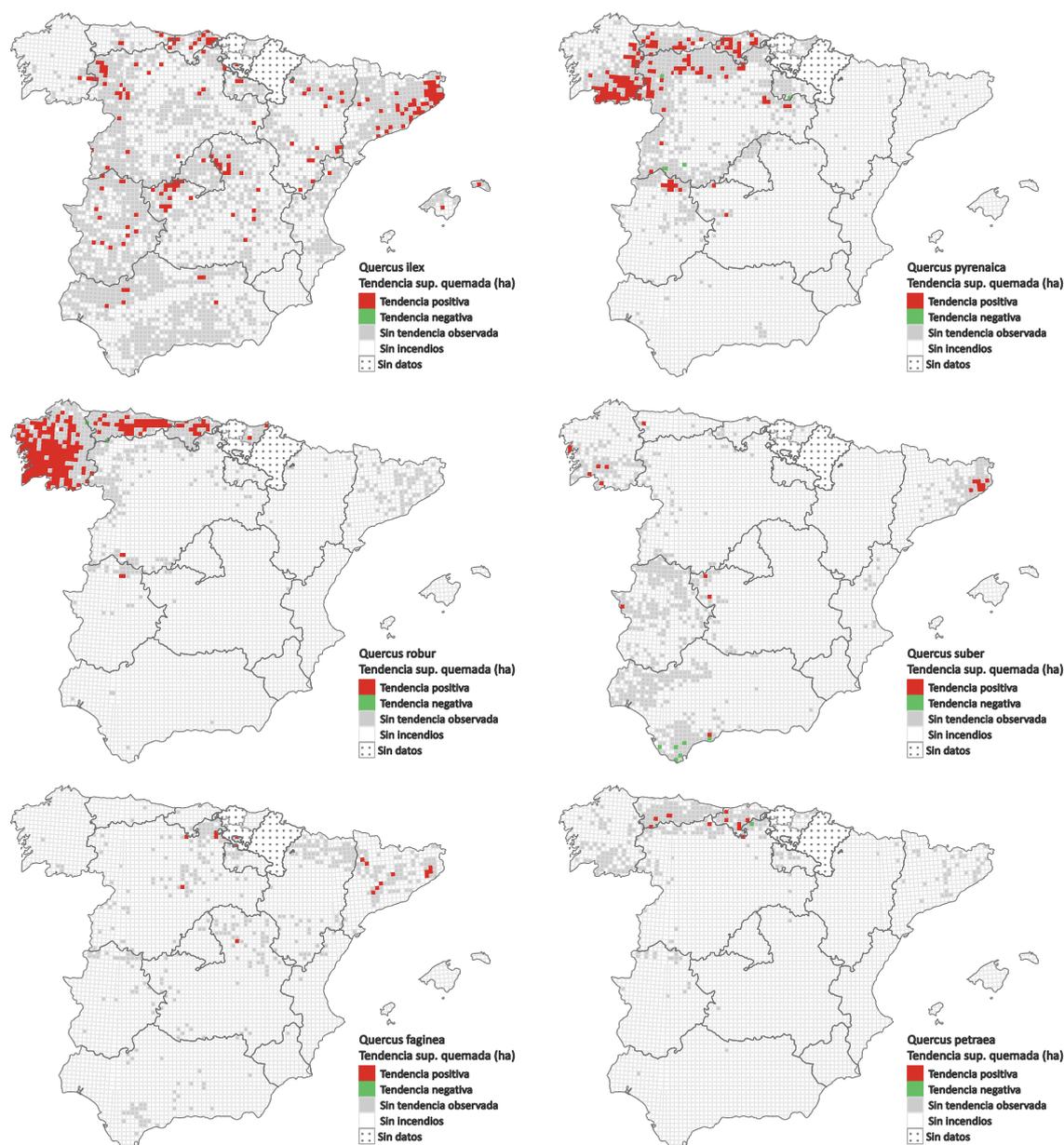


Figura 2.1.18. Distribución geográfica de las tendencias en la superficie quemada de distintas especies de *Quercus* por cuadrículas de 10x10 km durante el periodo 1974-2013.

En el caso de *Q. suber*, de las cuadrículas afectadas (13 % del total de cuadrículas), solo el 4 % mostró una tendencia temporal significativa; y de éstas, el 3.1 % mostró una tendencia positiva a incrementar la superficie quemada (muy dispersas por el país, encontrándolas en zonas de Cataluña, Galicia y centro-oeste de España), mientras que < 1 % restante, mostró una tendencia negativa a lo largo del tiempo (fundamentalmente en la Serranía de Ronda, Andalucía) (Fig. 2.1.18 D).

Q. faginea se vio afectado por el fuego en el 10 % de las cuadrículas, de las cuales solo el 4 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, todas las cuadrículas presentaron una tendencia positiva (localizándose fundamentalmente en Cataluña) (Fig. 2.1.18 E).

Q. petraea se vio afectado por el fuego en el 7 % de las cuadrículas, de las cuales solo el 3 % mostró una tendencia temporal significativa. De este conjunto significativo, casi el 3 % presentó una tendencia positiva (muy concentrada en la zona de la Cordillera Cantábrica, mientras que < 1 % restante, una tendencia negativa (en la misma zona antes señalada) (Fig. 2.1.18 F).

2.1.13 Conclusiones

La tendencia temporal del número de incendios ha sido significativamente creciente entre 1974-2013. Por el contrario, la superficie quemada ha mostrado una tendencia temporal significativamente negativa, con importantes variaciones interanuales. La superficie forestal quemada arbolada y no arbolada ha mostrado una tendencia temporal significativamente negativa siguiendo la tendencia general de la superficie quemada.

El número de conatos y de incendios entre 1-5 ha, así como la superficie quemada que representaron, se ha incrementado a lo largo de la serie temporal, mostrando una tendencia significativamente positiva; mientras que el número de incendios entre 5-50 ha, entre 50-500 ha y > 500 ha, así como su superficie quemada, se redujeron mostrando una tendencia significativamente negativa.

Durante los 40 años analizados, el fuego ha afectado a toda la geografía española a excepción de algunas zonas agrícolas. Sin embargo, el grado de incidencia ha sido muy variable, existiendo diferencias de más de 1.700 incendios entre las cuadrículas menos y más afectadas, así como diferencias de 44.000 ha en cuanto a superficie quemada entre las más y menos afectadas.

El patrón espacial del número y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de nº de incendios ha sido constante a lo largo de la serie temporal, no encontrando tendencias significativas. En este sentido, se puede afirmar que entre 1974-2013, el 92 % de las cuadrículas han experimentado menos de 10 incendios/año; el 7.4 % entre 10-50 incendios/año, el 0.3 % entre 50-100 ha incendios/año y solo el 0.01 % > 100 incendios/año. Por el contrario, el nº y porcentaje de cuadrículas afectadas por diferentes magnitudes de superficie quemada sí que mostraron tendencias temporales. En este sentido, el número de cuadrículas en las que se queman <10 ha al año ha aumentado de forma muy acusada y significativa a partir de 1993; mientras que las cuadrículas en las que se quemaron entre 10 y 5.000 ha presentaron una tendencia significativamente decreciente. Finalmente, las cuadrículas en las que se quemaron entre 5.000-10.000 ha/año y >10.000 ha/año no presentaron ninguna tendencia temporal significativa.

Acorde con los resultados de las cuadrículas afectadas por el fuego, el patrón espacial de la tendencia temporal del número de incendios y de la superficie quemada indicó que ambos parámetros tendieron a aumentar en gran parte de España, tanto en las zonas donde ya había una gran incidencia como en las zonas donde había menos; por lo que el fenómeno del fuego se hace espacialmente más extensivo.

La superficie forestal arbolada quemada mostró una tendencia significativamente negativa entre 1974-2013 para incendios menores de 500 ha. Los incendios > 500 ha mostraron una gran variabilidad interanual. En el caso de la superficie quemada forestal no arbolada, los resultados fueron completamente inversos, observando una tendencia significativamente positiva.

El patrón espacial de la superficie forestal arbolada y no arbolada quemada presentó una gran variabilidad espacial en el territorio español, con diferencias de c.a. 10.000 ha entre las cuadrículas menos y más afectadas, para ambos grupos.

En cuanto a las especies de *Pinus*, el número de incendios no mostró ninguna tendencia temporal significativa entre 1974-2013, excepto para el *Pinus sylvestris* que presentó una tendencia significativamente negativa. La superficie quemada mostró una tendencia significativamente negativa para todas las especies de *Pinus*, excepto para *Pinus nigra*. Las tendencias negativas más leves se observaron en *P. pinea*, seguido por *P. halepensis* y *P. pinaster* mientras que las más acusadas se produjeron en *P. sylvestris* y *P. radiata*.

En cuanto a las especies de *Quercus*, el número de incendios mostró una tendencia significativamente positiva para todas las especies, excepto *Q. suber*. Sin embargo, la intensidad de esta tendencia varió entre especies. En este sentido, *Q. petraea*, *Q. ilex* y *Q. faginea* mostraron una tendencia positiva leve mientras que *Q. pyrenaica* y *Q. robur* mostraron una tendencia positiva más acusada a incrementar el número de incendios. Por el contrario, la superficie quemada de las diferentes especies de *Quercus* no mostró una tendencia significativa durante la serie temporal, excepto para *Q. robur* y *Q. faginea* que mostraron una tendencia positiva, que fue más intensa para *Q. faginea*.

En cuanto a las especies de *Pinus*, y atendiendo al número de incendios, *P. pinaster* fue la especie de *Pinus* con mayor frecuencia de incendios seguido por *P. halepensis* y *P. sylvestris*, con un 43 %, 41 % y 28 % de las cuadrículas; respectivamente. Las especies de *Pinus* con menor frecuencia de incendios fueron *P. radiata*, *P. pinea* y *P. nigra* que afectaron al 14 %, 21 % y 5 % de las cuadrículas; respectivamente. En relación a la tendencia temporal del número de incendios, *P. pinaster* mostró que el 50 % de sus cuadrículas presentaron tendencia positiva y el otro 50 % tendencia negativa. En el caso de *P. halepensis*, *P. pinea* y *P. nigra* entre el 60-75 % de las cuadrículas mostraron una tendencia positiva. Por el contrario, *P. radiata* y *P. sylvestris* mostraron entre el 67-90 % de las cuadrículas con una tendencia negativa.

En relación a la superficie quemada, *P. pinaster* fue la especie de *Pinus* más afectada seguido de *P. halepensis* y *P. sylvestris*. Las especies de *Pinus* con menor superficie quemada fueron *P. nigra*, *P. radiata* y *P. pinea*. En relación a la tendencia temporal de la superficie quemada, *P. pinaster*, *P. sylvestris* y *P. radiata* presentaron entre el 70-90% de las cuadrículas, con una tendencia negativa. *P. halepensis* no mostró una tendencia clara, pues la mitad mostró tendencia positiva y la otra mitad, una tendencia negativa; y en el caso de *P. pinea* y *P. nigra*, entre el 60-75 % de las cuadrículas presentaron una tendencia positiva.

En cuanto a las especies de *Quercus*, y atendiendo al número de incendios, *Q. robur*, *Q. pyrenaica* y *Q. ilex* fueron las especies más afectadas ocupando el 17, 20 y 48 % de las cuadrículas; mientras que *Q. suber*, *Q. faginea* y *Q. petraea* fueron las menos afectadas cubriendo 13, 10 y 7 % de cuadrículas, respectivamente.

En cuanto a la superficie quemada, *Q. ilex* fue la especie de *Quercus* más afectada por superficie quemada, seguido de *Q. pyrenaica* y *Q. suber*. Las especies menos afectadas fueron *Q. robur*, *Q. faginea* y *Q. petraea*.

En cuanto a las dinámicas temporales, el 100 % de las cuadrículas que quemaron especies de *Quercus*, y que presentaron una tendencia temporal significativa, mostraron una tendencia positiva en número de incendios y superficie quemada.

Este estudio muestra que se han producido cambios importantes en la historia reciente de incendios forestales a lo largo de la geografía peninsular. Si bien las condiciones de peligro han aumentado (Venäläinen et al. 2014), la superficie quemada ha disminuido. No obstante, algunos incendios aumentan en número, los más pequeños, pero los más grandes o no muestran tendencia o tienden a disminuir. Esta tendencia es compatible, sin embargo, con una expansión de los incendios por la geografía, lo que indica que la peligrosidad del territorio está aumentando. Finalmente, cabe destacar que diferentes zonas muestran distinta tendencia y esto afecta de manera irregular a las diferentes especies forestales de *Pinus* y *Quercus*. Esto muestra que las necesidades de adaptación varían a lo largo de la geografía española, y que la identificación de estas tendrá que incluir no solo al clima sino otros aspectos que pueden afectar a los cambios en la combustibilidad del paisaje.

2.1.14 Bibliografía

- Moreno J. M., Vázquez A & Vélez R. 1998. Recent History of Forest Fires in Spain. En: J. M. Moreno (ed.), Large Forest Fires. Backhuys Publishers, Leiden, pags. 159-185.
- Venäläinen A, Korhonen N, Koutsias N., Xystrakis F, Urbieta IR, Moreno JM, & Hyvärinen O. 2014. Temporal variations and change of forest fire danger in Europe in 1960-2012. Natural Hazards and Earth System Sciences, 14:1477-1490.

2.2 INCIDENCIA DE INCENDIOS EN ZONAS CRÍTICAS: HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

Iván Torres Galán, Magí Franquesa, Olga Viedma, Itziar R. Urbieto, Beatriz Pérez y José Manuel Moreno

2.2.1 Introducción

Se ha realizado un análisis de la ocurrencia de incendios (número de incendios y superficie quemada) con base en la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) para el periodo 1974-2013, en las cuadrículas de 10x10 km en las que hay presencia de una serie de hábitats de interés comunitario según la cartografía de hábitats de 2005 (Mapama.gob.es, Hidalgo, 2005). En concreto, se han considerado 46 hábitats de interés que pertenecen a tipos de vegetación que pueden ser susceptibles de sufrir incendios forestales: Brezales y Matorrales de Zona Templada, Matorrales Esclerofilos, Formaciones Herbosas Naturales y Seminaturales y Bosques. Entre estos 46 tipos de hábitat se encuentran 14 hábitats considerados como prioritarios (Tabla 2.2.1). Debido a la naturaleza de la cartografía de hábitats y la resolución espacial de las estadísticas de incendios, este análisis representa una estimación del riesgo al que potencialmente está expuesto cada tipo de hábitat.

Tabla 2.2.1. Tipos de hábitat de interés considerados y ocurrencia de incendios en las cuadrículas de 10x10 km en los que aparecen. Se indica el número de cuadrículas en que el hábitat está presente, si el hábitat de interés es prioritario y el número promedio de incendios por año y la superficie quemada anualmente en el periodo 1974-2013.

Nombre del Hábitat	Cod. Hábitat	Nº Cuadrículas	Prioritario	Nº incendios/año	Superficie quemada (ha/año)
Brezales y Matorrales de Zona Templada					
Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de <i>Erica ciliaris</i> y <i>E. tetralix</i>	4020	584	*	4.10	89.07
Brezales secos europeos	4030	1800	NP	2.43	62.91
Brezales secos atlánticos costeros de <i>Erica vagans</i>	4040	98	*	3.21	58.72
Brezales alpinos y boreales	4060	243	NP	1.04	33.81
Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga	4090	2989	NP	1.51	39.44
Matorrales Esclerofilos					
Formaciones estables xerotermófilas de <i>Buxus sempervirens</i> en pendientes rocosas (Berberidion p.p.)	5110	526	NP	2.11	52.27
Formaciones montanas de <i>Cytisus purgans</i>	5120	2083	NP	2.11	52.27
Matorral arborescente con <i>Juniperus</i> spp.	5210	1632	NP	0.42	22.01

Matorrales arborescentes con <i>Ziziphus</i>	5220	512	*	0.32	18.07
Matorrales arborescentes con <i>Laurus nobilis</i>	5230	12	*	0.94	150.85
Formaciones bajas de euphorbia próximas a acantilados	5320	42	NP	0.34	15.35
Matorrales termomediterráneos y pre-estépicos	5330	2211	NP	0.49	25.31
Matorrales de tipo frigánico del Mediterráneo occidental de cumbres de acantilado (Astragalo-Plantaginetum subulatae)	5410	6	NP	1.10	92.12
Formaciones Herbosas Naturales y Seminaturales					
Prados calcáreos o basófilos de Alysso-Sedion albi	6110	362	*	0.48	26.55
Prados pirenaicos silíceos de <i>Festuca eskia</i>	6140	136	NP	0.91	19.50
Prados ibéricos silíceos de <i>Festuca indigesta</i>	6160	168	NP	2.68	77.11
Prados alpinos y subalpinos calcáreos	6170	817	NP	0.44	17.36
Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (Festuco-Brometalia) (*parajes con importantes orquídeas)	6210	633	*	1.66	33.65
Zonas subestépicas de gramíneas y anuales de Thero-Brachypodietea	6220	3517	*	0.53	22.40
Formaciones herbosas con <i>Nardus</i> , con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de Europa continental)	6230	528	*	0.54	24.45
Dehesas perennifolias de <i>Quercus</i> spp.	6310	1110	NP	0.54	24.45
Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (Molinion caeruleae)	6410	123	NP	1.53	49.98
Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion	6420	2755	NP	0.51	21.28
Megaforbios eutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino	6430	1034	NP	2.02	60.70
Prados pobres de siega de baja altitud (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	6510	452	NP	2.13	55.22
Bosques					
Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de <i>Ilex</i> y a veces de <i>Taxus</i> (Quercion robori-petraeae o Ilici-Fagenion)	9120	294	NP	2.45	49.89
Hayedos calcícolas medioeuropeos del Cephalanthero-Fagion	9150	254	NP	0.79	22.19
Bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del Tilio-Acerion	9180	69	*	0.56	27.16
Fresnedas termófilas de <i>Fraxinus angustifolia</i>	9180	699	NP	0.72	27.08

Bosques aluviales de <i>Alnus glutinosa</i> y <i>Fraxinus excelsior</i> (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)	91E0	1124	*	3.56	83.93
Robledales galaico-portugeses con <i>Quercus robur</i> y <i>Quercus pyrenaica</i>	9230	1203	NP	2.85	71.81
Robledales ibéricos de <i>Quercus faginea</i> y <i>Quercus canariensis</i>	9240	1045	NP	0.40	18.16
Bosques de <i>Castanea sativa</i>	9260	375	NP	4.45	118.51
Bosques galería de <i>Salix alba</i> y <i>Populus alba</i>	92A0	2948	NP	0.65	26.27
Bosques galería de ríos de caudal intermitente mediterráneos con <i>Rhododendron ponticum</i> , <i>Salix</i> y otras	92B0	26	NP	0.94	42.83
Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (Nerio-Tamaricetea y Securinegion tinctoriae)	92D0	1694	NP	0.45	24.92
Bosques de <i>Olea</i> y <i>Ceratonia</i>	9320	153	NP	0.65	28.67
Alcornocales de <i>Quercus suber</i>	9330	846	NP	0.90	48.75
Bosques de <i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus rotundifolia</i>	9340	3275	NP	0.68	26.66
Bosques de <i>Ilex aquifolium</i>	9380	112	NP	3.71	64.75
Bosques montanos y subalpinos de <i>Pinus uncinata</i> (* en sustratos yesosos o calcáreos)	9430	88	*	0.20	6.84
Abetales de <i>Abies pinsapo</i>	9520	8	NP	1.47	80.03
Pinares (sud-) mediterráneos de pinos negros endémicos	9530	353	*	0.27	21.73
Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos	9540	55	NP	0.96	56.19
Bosques endémicos de <i>Juniperus</i> spp.	9560	893	*	0.33	20.89
Bosques de <i>Tetraclinis articulata</i>	9570	4	*	0.72	13.26

2.2.2 Resultados

Se observa que la probabilidad de ser afectado por incendios forestales es muy diferente para los distintos tipos de hábitat, encontrándose algunos de ellos en cuadrículas donde la ocurrencia de incendios y la superficie quemada son muy superiores a la media de las todas las cuadrículas en las que hay presencia de algún hábitat de interés (1.02 incendios/año, 30.93 ha/año). Los hábitats que coinciden con los mayores valores de número de incendios (Brezales húmedos atlánticos, Matorrales arborescentes con *Laurus nobilis*, Bosques aluviales) y superficie quemada (Castañares, Matorrales arborescentes con *Laurus nobilis*) se dan en el noroeste ibérico y el levante.

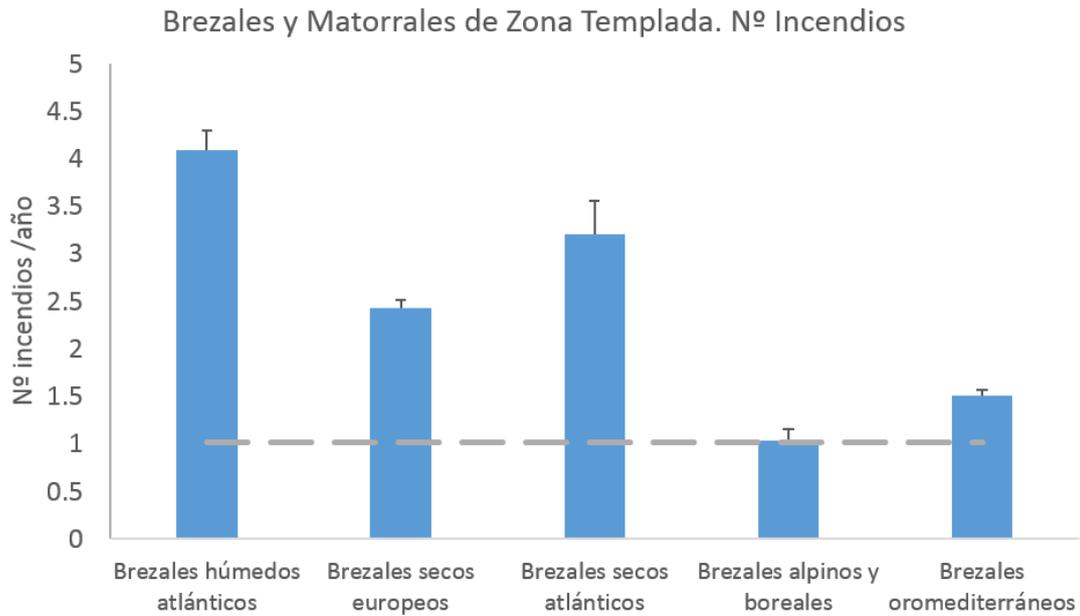


Figura 2.2.1. Número de incendios (media anual \pm error estándar) en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de Brezales y Matorrales de Zona Templada. Brezales húmedos atlánticos: Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix*, Brezales secos europeos: Brezales secos europeos, Brezales secos atlánticos: Brezales secos atlánticos costeros de *Erica vagans*, Brezales alpinos y boreales: Brezales alpinos y boreales, Brezales oromediterráneos: Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga. La línea discontinua indica el número medio de incendios en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

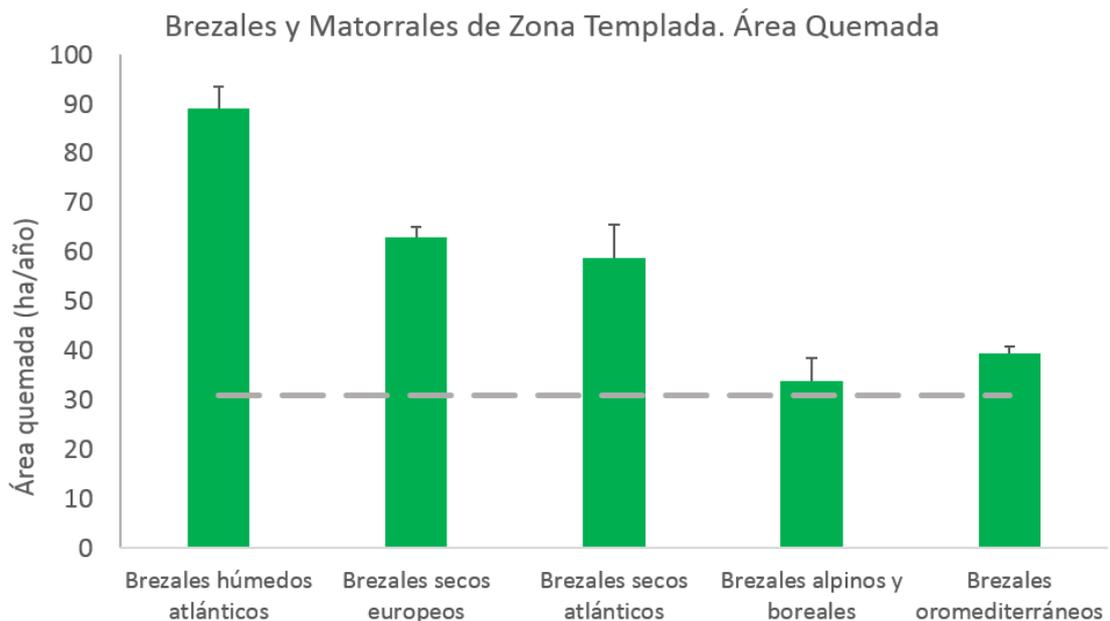


Figura 2.2.2. Superficie quemada anualmente (ha/año) en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de Brezales y Matorrales de Zona Templada. Brezales húmedos atlánticos: Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas de *Erica ciliaris* y *Erica tetralix*, Brezales secos europeos: Brezales secos europeos, Brezales secos atlánticos: Brezales secos atlánticos costeros de *Erica vagans*, Brezales alpinos y boreales: Brezales alpinos y boreales, Brezales oromediterráneos: Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga. La línea discontinua indica el promedio de superficie quemada anualmente en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

Los Brezales y Matorrales de Zona Templada se encuentran entre los tipos de hábitats de interés con mayor riesgo de ser afectados por incendios, estando cuatro de los cinco tipos de hábitat por encima de la media con respecto al número de incendios y todos ellos por encima de la media de superficie quemada. Destacan los Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas con *Erica ciliaris* y *Erica tetralix* (hábitat 4020) y los Brezales secos atlánticos costeros de *Erica vagans* (hábitat 4040), ambos considerados hábitats prioritarios y que pueden estar expuestos a una alta ocurrencia de incendios y gran superficie quemada anualmente (Figuras 2.2.1, 2.2.2).

Los Matorrales Esclerofilos muestran bastante heterogeneidad de ocurrencia de incendios, estando las Formaciones estables xerotermófilas de *Buxus sempervirens* en pendientes rocosas (Berberidion p.p.) (Hábitat 5110) y Formaciones montanas de *Cytisus purgans* (Hábitat 5120) entre las que mayor número de incendios se producen en las cuadrículas en las que el hábitat se encuentra presente, mientras que la mayor superficie quemada se da en las cuadrículas donde hay presencia de Matorrales arborescentes con *Laurus nobilis* (Hábitat 5230) y Matorrales de tipo frigánico del Mediterráneo occidental de cumbres de acantilado (Astragalo-Plantagnetum subulatae) (Hábitat 5410) (Figuras 2.2.3, 2.2.4). Estos dos últimos tipos de hábitat aparecen en un reducido número de cuadrículas (Tabla 2.2.1). Dado que los matorrales con *Laurus* son un hábitat prioritario, la vulnerabilidad de este tipo de hábitats ante incendios forestales es marcada.

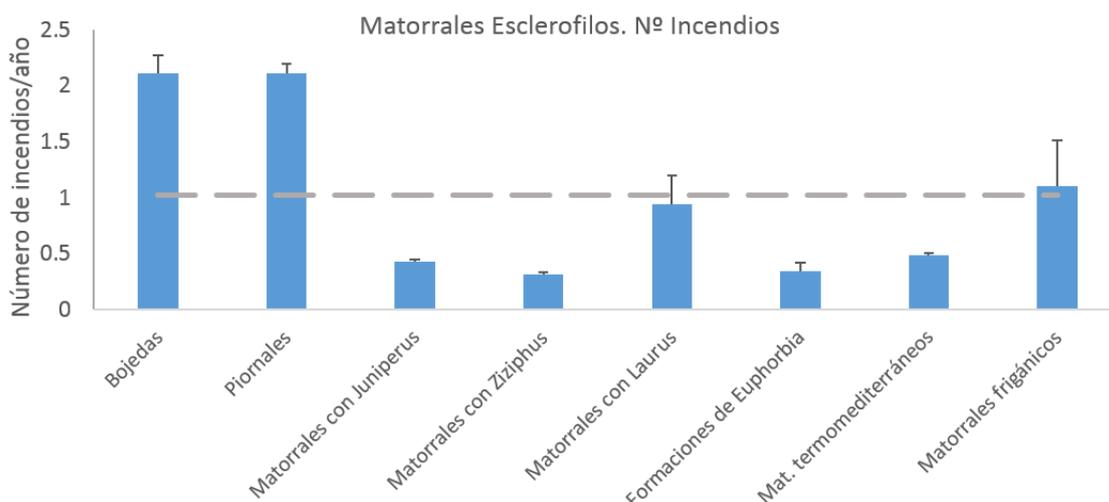


Figura 2.2.3. Número de incendios en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de Matorrales Esclerofilos. Bojedas: Formaciones estables xerotermófilas de *Buxus sempervirens* en pendientes rocosas (Berberidion p.p.), Piornales: Formaciones montanas de *Cytisus purgans*, Matorrales con *Juniperus*: Matorral arborescente con *Juniperus* spp.,

Matorrales con *Ziziphus*: Matorrales arborescentes con *Ziziphus*, Matorrales con *Laurus*: Matorrales arborescentes con *Laurus nobilis*, Formaciones de *Euphorbia*: Formaciones bajas de *Euphorbia* próximas a acantilados, Mat. termomediterráneos: Matorrales termomediterráneos y pre-estépicos, Matorrales frigánicos: Matorrales de tipo frigánico del Mediterráneo occidental de cumbres de acantilado (*Astragalo-Plantaginetum subulatae*). La línea discontinua indica el número medio de incendios en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

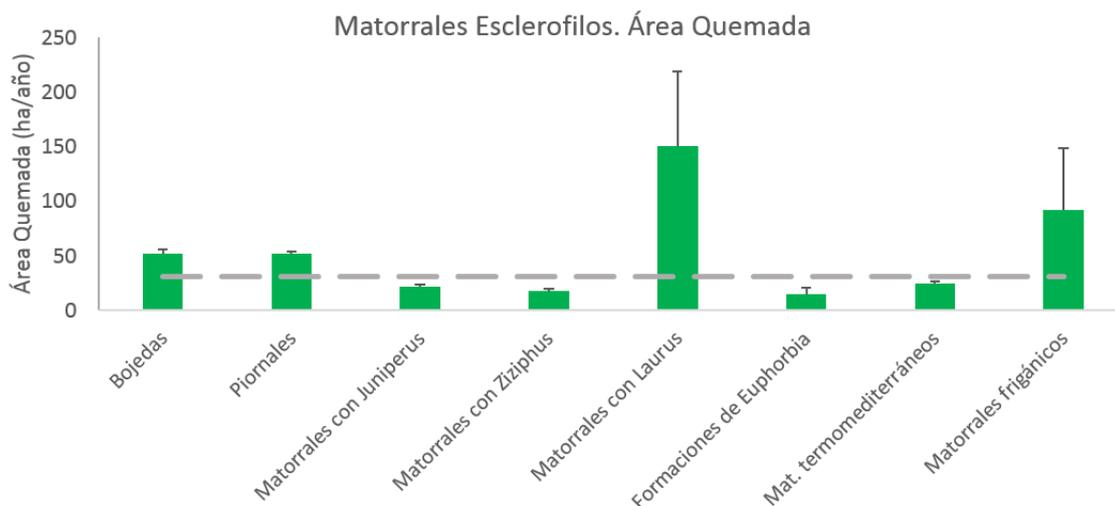


Figura 2.2.4. Superficie quemada anualmente (ha/año) en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de Matorrales Esclerofilos. Bojedas: Formaciones estables xerotermófilas de *Buxus sempervirens* en pendientes rocosas (Berberidion p.p.), Piornales: Formaciones montanas de *Cytisus purgans*, Matorrales con *Juniperus*: Matorral arborescente con *Juniperus* spp., Matorrales con *Ziziphus*: Matorrales arborescentes con *Ziziphus*, Matorrales con *Laurus*: Matorrales arborescentes con *Laurus nobilis*, Formaciones de *Euphorbia*: Formaciones bajas de *Euphorbia* próximas a acantilados, Mat. termomediterráneos: Matorrales termomediterráneos y pre-estépicos, Matorrales frigánicos: Matorrales de tipo frigánico del Mediterráneo occidental de cumbres de acantilado (*Astragalo-Plantaginetum subulatae*). La línea discontinua indica el promedio de superficie quemada anualmente en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

En el caso de las Formaciones Herbosas Naturales y Seminaturales se dieron números de incendios y superficies quemadas anualmente superiores a la media en las cuadrículas donde había presencia de Prados ibéricos silíceos de *Festuca indigesta* (Hábitat 6160), Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (Festuco-Brometalia) (Hábitat 6210), Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (*Molinion caeruleae*) (Hábitat 6410), Megaforbios eutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino (Hábitat 6430) y Prados pobres de siega de baja altitud (Hábitat 6510) (Figuras 2.2.5, 2.2.6). En el caso de los Prados secos (Hábitat 6210) la superficie quemada en las cuadrículas en que este hábitat tiene presencia fue sólo marginalmente superior a la media. Teniendo en cuenta, sin embargo, que se trata de un hábitat prioritario, se puede considerar como vulnerable a

incendios. Es posible que en algunos de estos hábitats la incidencia del fuego sea mucho menor a la sugerida por este análisis debido al rango altitudinal en que se encuentran muchas de estas formaciones y a los requerimientos de humedad del suelo que presentan. Sin embargo, en un escenario de cambio climático con sequías prolongadas y en el que se den las condiciones para que se puedan dar incendios en zonas de montaña (Beniston, 2003), la vulnerabilidad de estos tipos de hábitat puede incrementarse considerablemente.

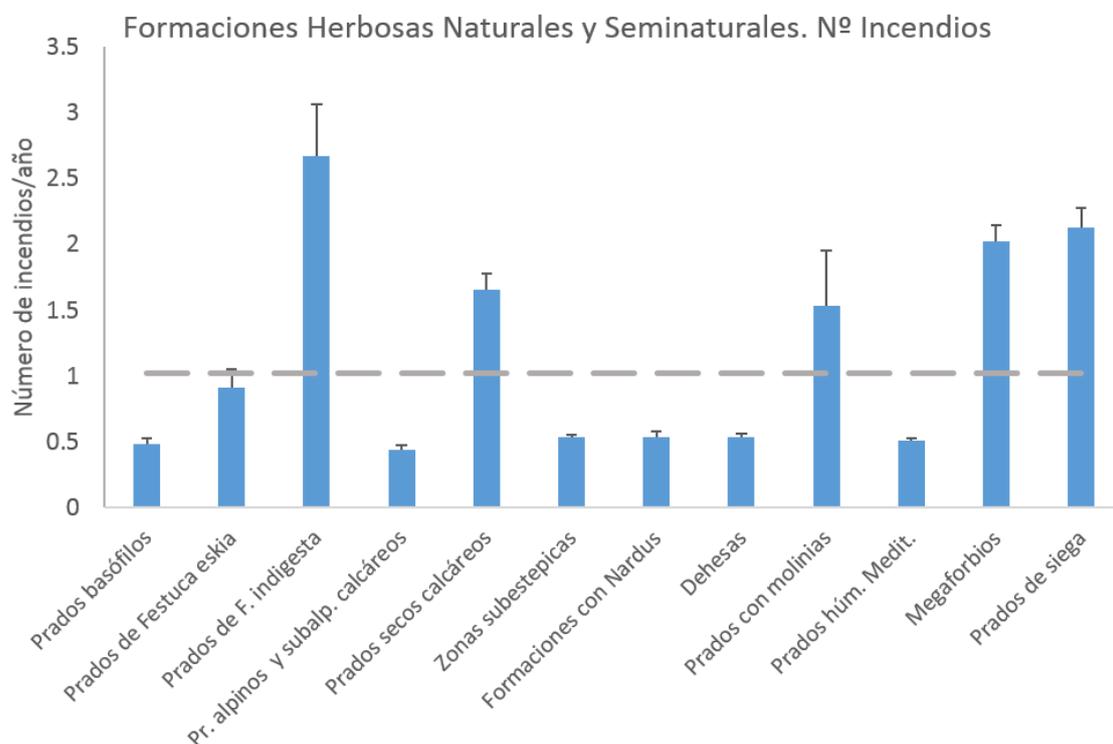


Figura 2.2.5. Número de incendios en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de Formaciones Herbosas Naturales y Seminaturales. Prados basófilos: Prados calcáreos o basófilos de *Alyso-Sedion albi*, Prados de *Festuca eskia*: Prados pirenaicos silíceos de *Festuca eskia*, Prados de *F. indigesta*: Prados ibéricos silíceos de *Festuca indigesta*, Pr. alpinos y subalp. Calcáreos: Prados alpinos y subalpinos calcáreos, Prados secos calcáreos: Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (*Festuco-Brometalia*) (*parajes con importantes orquídeas), Zonas subestepicas: Zonas subestépicas de gramíneas y anuales de Thero-Brachypodietea, Formaciones con *Nardus*: Formaciones herbosas con *Nardus*, con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de Europa continental), Dehesas: Dehesas perennifolias de *Quercus* spp., Prados con molinias: Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (*Molinion caeruleae*), Prados húm. Medit.: Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion, Megaforbios: Megaforbios eutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino, Prados de siega: Prados pobres de siega de baja altitud (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*). La línea discontinua indica el número medio de incendios en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

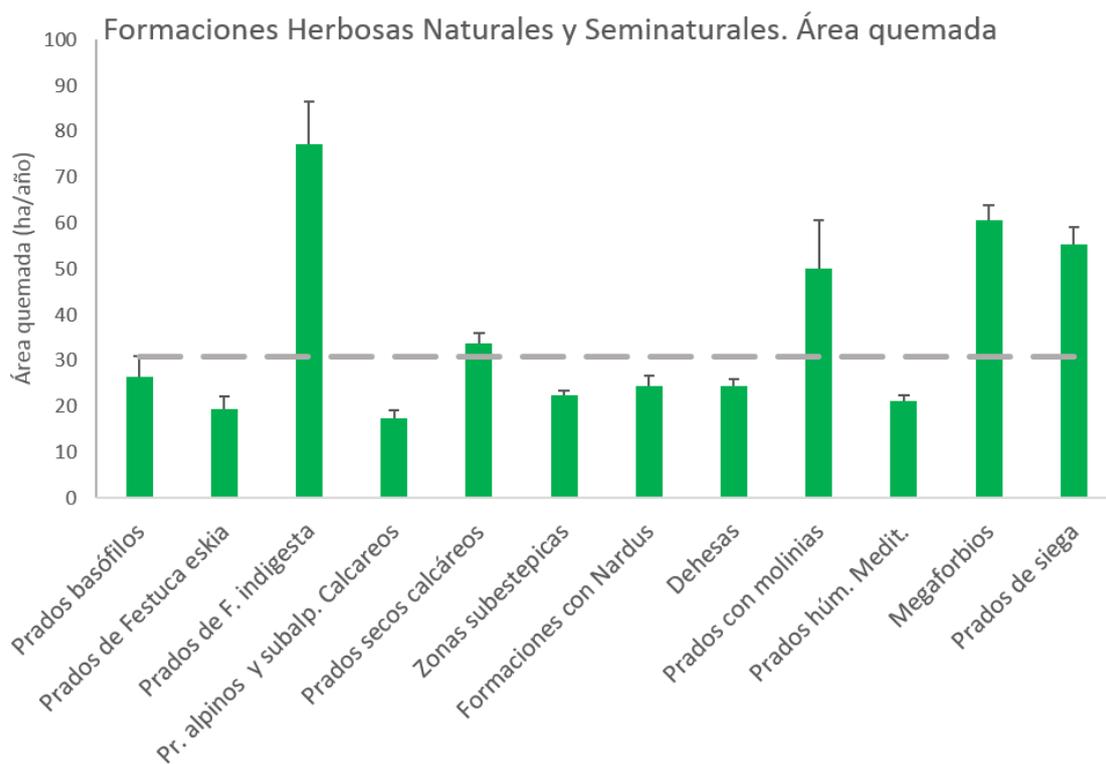


Figura 2.2.6. Superficie quemada anualmente (ha/año) en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de Formaciones Herbosas Naturales y Seminaturales. Prados basófilos: Prados calcáreos o basófilos de *Alyso-Sedion albi*, Prados de *Festuca eskia*: Prados pirenaicos silíceos de *Festuca eskia*, Prados de *F. indigesta*: Prados ibéricos silíceos de *Festuca indigesta*, Pr. alpinos y subalp. Calcareos: Prados alpinos y subalpinos calcáreos, Prados secos calcareos: Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (*Festuco-Brometalia*) (*parajes con importantes orquídeas), Zonas substepicas: Zonas subestépicas de gramíneas y anuales de Thero-Brachypodietea, Formaciones con *Nardus*: Formaciones herbosas con *Nardus*, con numerosas especies, sobre sustratos silíceos de zonas montañosas (y de zonas submontañosas de Europa continental), Dehesas: Dehesas perennifolias de *Quercus* spp., Prados con molinias: Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (*Molinion caeruleae*), Prados húm. Medit.: Prados húmedos mediterráneos de hierbas altas del Molinion-Holoschoenion, Megaforbios: Megaforbios eutrofos higrófilos de las orlas de llanura y de los pisos montano a alpino, Prados de siega: Prados pobres de siega de baja altitud (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*). La línea discontinua indica el promedio de superficie quemada anualmente en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

En cuanto al número de incendios en las cuadrículas donde hay presencia de hábitats de la categoría Bosques, destacan con una alta ocurrencia de incendios los Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (*Quercion robori-petraeae* o *Ilici-Fagenion*) (Hábitat 9120), los Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*) (Hábitat 91E0), los Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica* (Hábitat 9230), los bosques de *Castanea sativa* (Hábitat 9260), los bosques de *Ilex aquifolium* (Hábitat 9380) y los Abetales de *Abies pinsapo* (Hábitat 9520) (Figura 2.2.7). Estos mismos

hábitats son los que se encuentran en cuadrículas en las que la superficie quemada por incendios es superior a la media, y además se da esta situación en los Bosques galería de ríos de caudal intermitente mediterráneos con *Rhododendron ponticum*, *Salix* y otras (Hábitat 92B0), los Alcornocales de *Quercus suber* (Hábitat 9330) y los Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos (Hábitat 9540) (Figura 2.2.8).

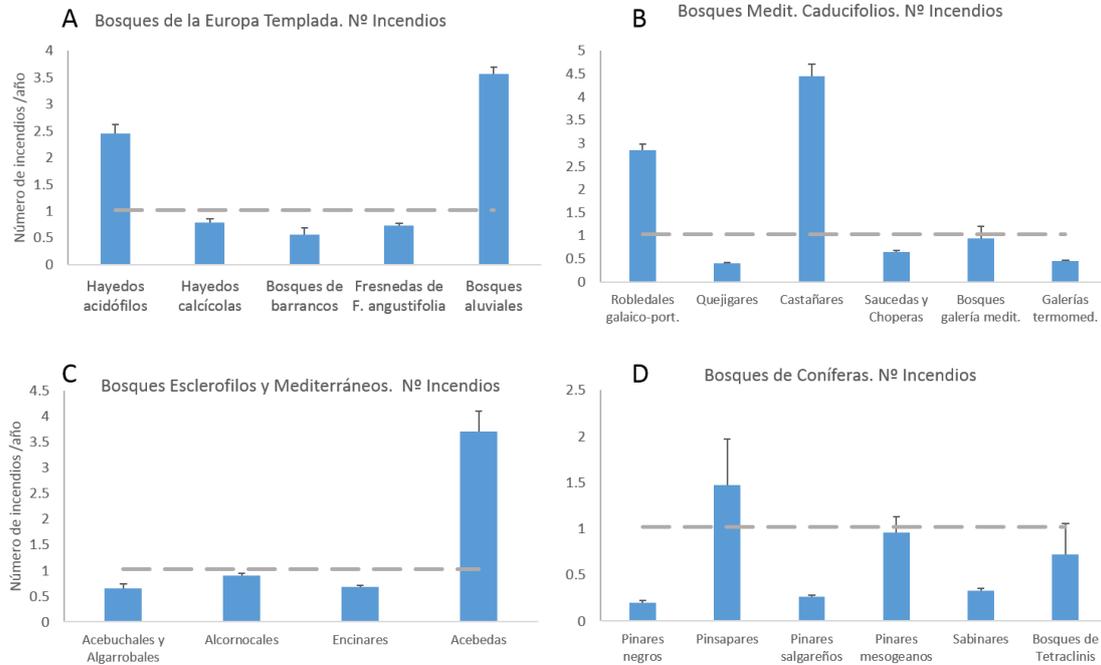


Figura 2.2.7. Número de incendios en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de **A:** Hayedos acidófilos: Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (Quercion *robori-petraeae* o *Ilici-Fagenion*), Hayedos calcícolas: Hayedos calcícolas medioeuropeos del *Cephalanthero-Fagenion*, Bosques de barrancos: Bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del *Tilio-Acerion*, Fresnedas de *F. angustifolia*: Fresnedas termófilas de *Fraxinus angustifolia*, Bosques aluviales: Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*). **B:** Robledales galaico-port.: Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*, Quejigares: Robledales ibéricos de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis*, Castañares: Bosques de *Castanea sativa*, Saucedas y Choperas: Bosques galería de *Salix alba* y *Populus alba*, Bosques galería medit.: Bosques galería de ríos de caudal intermitente mediterráneos con *Rhododendron ponticum*, *Salix* y otras, Galerías termomed.: Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (*Nerio-Tamaricetea* y *Securinegion tinctoriae*). **C:** Acebuchales y Algarrobales: Bosques de *Olea* y *Ceratonia*, Alcornocales: Alcornocales de *Quercus suber*, Encinares: Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*, Acebedas: Bosques de *Ilex aquifolium*. **D:** Pinares negros: Bosques montañosos y subalpinos de *Pinus uncinata*, Pinsapares: Abetales de *Abies pinsapo*, Pinares salgareños: Pinares (sud-) mediterráneos de pinos negros endémicos, Pinares mesogeanos: Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos, Sabinares: Bosques endémicos de *Juniperus* spp., Bosques de Tetraclinis: Bosques de *Tetraclinis articulata*. La línea discontinua indica el número medio de incendios en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

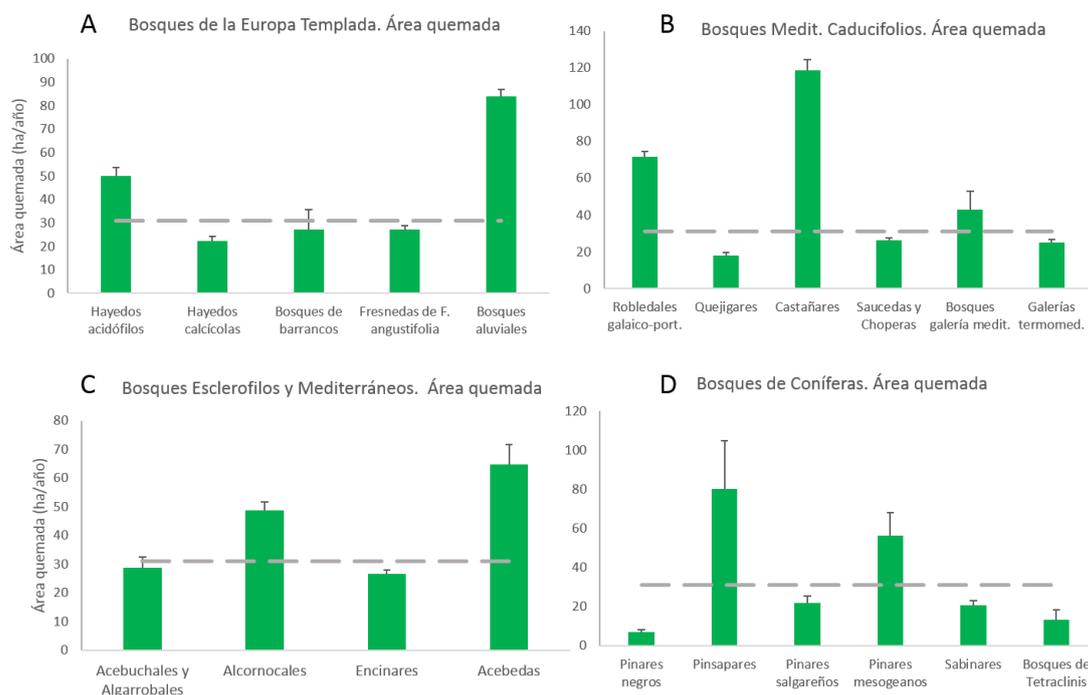


Figura 2.2.8. Superficie quemada anualmente (ha/año) en cuadrículas de 10 x 10 km en las que hay presencia de **A:** Hayedos acidófilos: Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (Quercion *robori-petraeae* o *Ilici-Fagenion*), Hayedos calcícolas: Hayedos calcícolas medioeuropeos del *Cephalanthero-Fagion*, Bosques de barrancos: Bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del *Tilio-Acerion*, Fresnedas de *F. angustifolia*: Fresnedas termófilas de *Fraxinus angustifolia*, Bosques aluviales: Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*). **B:** Robledales galaico-port.: Robledales galaico-portugueses con *Quercus robur* y *Quercus pyrenaica*, Quejigares: Robledales ibéricos de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis*, Castañares: Bosques de *Castanea sativa*, Saucedas y Choperas: Bosques galería de *Salix alba* y *Populus alba*, Bosques galería medit.: Bosques galería de ríos de caudal intermitente mediterráneos con *Rhododendron ponticum*, *Salix* y otras, Galerías termomed.: Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (*Nerio-Tamaricetea* y *Securinegion tinctoriae*). **C:** Acebuchales y Algarrobales: Bosques de *Olea* y *Ceratonia*, Alcornocales: Alcornocales de *Quercus suber*, Encinares: Bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*, Acebedas: Bosques de *Ilex aquifolium*. **D:** Pinares negros: Bosques montanos y subalpinos de *Pinus uncinata*, Pinsapares: Abetales de *Abies pinsapo*, Pinares salgareños: Pinares (sud-) mediterráneos de pinos negros endémicos, Pinares mesogeanos: Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos, Sabinares: Bosques endémicos de *Juniperus* spp., Bosques de Tetraclinis: Bosques de *Tetraclinis articulata*. La línea discontinua indica el promedio de superficie quemada anualmente en el periodo 1974-2013 para las cuadrículas del territorio nacional en que hay presencia de hábitats de interés.

En este último hábitat, es llamativo el bajo número de incendios y la baja superficie quemada dada la alta ocurrencia de incendios en este tipo de vegetación según se desprende de otras fuentes de información (puntos 2.1.10 y 2.1.11). Esto es debido a que

la cartografía incluye en este tipo de hábitat únicamente a los pinares de *Pinus pinaster* subsp. *acutisquama* de Andalucía oriental (Hábitat 854010 del Atlas y Manual de los Hábitats de España). Por otra parte, los Bosques aluviales constituyen un hábitat prioritario que se aparece en cuadrículas donde el número de incendios y la superficie quemada alcanzan valores muy elevados, lo que le sitúa en un nivel de riesgo considerable. Aunque se trata de un hábitat umbroso con unas condiciones de humedad ambiental que le puede hacer poco propenso a verse afectado por incendios, esto puede no ser así en condiciones extremas de propagación del fuego como las proyectadas por los escenarios de cambio climático.

2.2.3 Conclusiones

Existe una serie de hábitats de interés comunitario que se encuentran en regiones en las que tanto los números de incendios como la superficie quemada por incendios anualmente son muy elevados, poniéndoles en clara situación de riesgo ante incendios forestales. Entre estos hábitats con alta susceptibilidad de incendios se encuentran 5 hábitats prioritarios: Los Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas con *Erica ciliaris* y *Erica tetralix* (hábitat 4020), los Brezales secos atlánticos costeros de *Erica vagans* (hábitat 4040), los Matorrales arborescentes con *Laurus nobilis* (Hábitat 5230), los Prados secos seminaturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (Festuco-Brometalia) (Hábitat 6210), y los los Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae) (Hábitat 91E0).

Si bien estos resultados no implican necesariamente que los incendios recogidos en las cuadrículas se den en estos mismos hábitats, la alta incidencia de incendios que se da en ellos o a su alrededor les hace susceptibles de ser afectados por el fuego. Además, el cambio climático muy probablemente esté incrementando la vulnerabilidad de estos hábitats ante incendios al ser más frecuentes las condiciones propicias a la propagación del fuego incluso en formaciones en las que éste no sea un elemento habitual. La mejora de la cartografía de tanto de hábitats como de incendios mejorarán nuestra capacidad de monitorizar el impacto del fuego sobre estos hábitats, y por tanto definir más precisamente las necesidades de adaptación.

2.2.4 Bibliografía

- Beniston, M. (2003). Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. In *Climate variability and change in high elevation regions: Past, present & future* (pp. 5-31). Springer Netherlands.
- Hidalgo, R. (2005). Tipos de hábitat de interés comunitario de España: Guía básica. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General para la Biodiversidad. Madrid.

2.3 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES INDICADORES DE TENDENCIAS DE CAMBIO Y DE ZONAS CRÍTICAS DE INCENDIOS FORESTALES: ANDALUCÍA

Juan Ramón Molina Martínez, Francisco Rodríguez y Silva, Laura Ruiz Tudela y Carmen Guerrero Vera

2.3.1 Introducción

Independientemente del Modelo de Circulación General de la Atmósfera y del escenario meteorológico considerado, las proyecciones climatológicas para la Cuenca Mediterránea coinciden en señalar un incremento de los eventos meteorológicos extremos, principalmente en la época estival, tanto en su frecuencia y duración como en su distribución anual (Ribalaygua et al., 2008; Giannakopoulos et al., 2009; Barriopedro et al., 2011). Desde el punto de vista climatológico, el Mediterráneo es considerado un "hot spot" (Giorgi, 2006), es decir, una región sensible o bioindicadora de los impactos ocasionados por los procesos atmosféricos.

Las olas de calor o grupos de días con temperaturas extremas están provocando graves impactos sobre las actividades agrícolas y/o forestales (Moreno et al., 2005). Además, estos eventos extremos se asocian directamente a la ocurrencia de grandes incendios forestales. El incremento de la temperatura y descenso de la humedad relativa se traducen en una mayor predisposición del combustible a arder y, en consecuencia, una mayor facilidad de ignición y propagación energética. Algunos estudios (Cardil et al., 2014) confirman que más del 40% del área quemada en la Costa Mediterránea se produce en días de condiciones meteorológicas extremas, e incluso, más del 60% de los atrapamientos de combatientes se producen estos días (Cardil y Molina, 2015). Aunque se ha producido un incremento exponencial de los recursos destinados a incendios forestales en las diferentes Comunidades Autónomas, no se ha conseguido disminuir la incidencia de los grandes incendios forestales (Jémez y Enríquez, 2015).

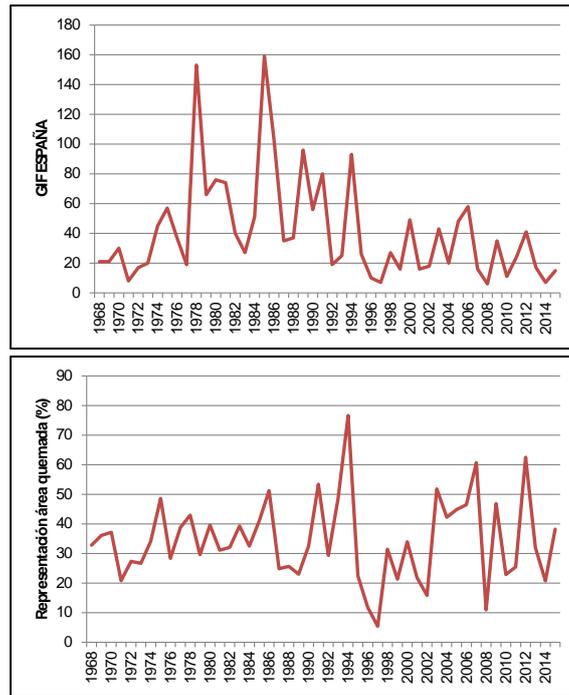


Figura 2.3.1. Evolución del número de Grandes Incendios Forestales (GIF) y de su área quemada.

El Laboratorio de Incendios Forestales (LABIF) de la Universidad de Córdoba viene evaluando las tendencias de cambio en Andalucía en base a las condiciones meteorológicas, la disponibilidad del combustible vivo, los usos del suelo y el comportamiento potencial del fuego. No obstante, la evolución de cada uno de estos factores no es homogénea en todo el territorio andaluz, y el comportamiento del fuego integra a todos los factores anteriores. Con los diagnósticos anteriores se realizó un monitoreo espacio-temporal, con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), identificando las zonas críticas en base al cambio climatológico, a los cambios en los usos del monte, los cambios en la vegetación y la incidencia de plagas y enfermedades debido al debilitamiento del arbolado.

2.3.2 Indicadores de tendencia de cambio

2.3.2.1 Tendencia observada en las condiciones meteorológicas andaluzas

La tendencia mundial señala un incremento de la temperatura media, principalmente de la temperatura media de las máximas. Aunque el incremento de la temperatura es generalizado, se ha observado disparidad entre estaciones meteorológicas y los diferentes meses del año. A modo de ejemplo, en la estación de Córdoba se observa un mayor incremento de la temperatura durante el mes de Junio (Figura 2), lo que supone un incremento del período estival. Este hecho tiene una incidencia directa en la extinción de incendios forestales, puesto que supone un adelanto del período potencial de ocurrencia de incendios forestales y, en consecuencia, un alargamiento del período de contratación de los recursos humanos temporales, e incluso de la llegada de los medios aéreos.

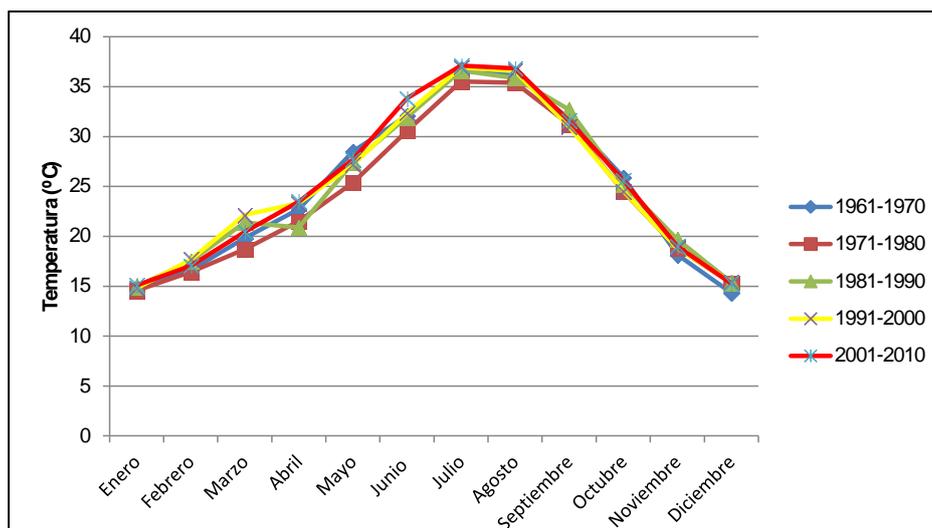


Figura 2.3.2 Evolución de la temperatura media en Córdoba desde 1960-2010.

Las olas de calor son más frecuentes en las últimas décadas, predisponiendo al combustible a arder y, en consecuencia, a la ocurrencia de grandes incendios forestales. El incendio de Minas de Río Tinto (29.867 ha entre Huelva-Sevilla) en el año 2004, estuvo condicionado por una inercia hídrica previa (una semana con temperaturas máximas superiores a los 35°C y humedades relativas inferiores al 25%) (Figura 3). Este hecho no es aislado, sino que se repite cíclicamente con la entrada de las masas saharianas, repitiéndose por ejemplo durante la primera semana de julio del año 2015. En este caso, la temperatura alcanzó picos superiores a los 40°C y humedades inferiores al 10% (Figura 4), constituyendo un problema regional, con focos repartidos por todo Andalucía. Surgen dos grandes incendios de forma simultánea (incendio de Quesada con más de 9.700 ha e incendio de Lújar-Gualchos con aproximadamente 2.000 ha), afectando a zonas de interfaz urbano-forestal. Es el fenómeno conocido como "incendios de quinta generación" (Costa et al., 2011). No sólo eso sino que aparece un nuevo foco de gran potencial (incendio de Puerta de Segura con 110,20 ha), encontrándose el dispositivo andaluz fuera de su capacidad de extinción debido a los otros dos incendios. Se precisó la ayuda de medios de extinción de otras Comunidades Autónomas para extinguir este tercer incendio. El análisis posterior de la estadística regional arroja que en esta ola de calor se quemó el 84,06% de la superficie anual quemada. Este análisis conduce a la siguiente tendencia:

EXISTE UNA TENDENCIA GENERALIZADA AL INCREMENTO DEL NÚMERO Y/O DURACIÓN DE LAS OLAS DE CALOR, LAS CUALES PROVOCAN UNA CONCENTRACIÓN DE INCENDIOS VIRULENTOS SIMULTÁNEOS, INCREMENTANDO LA POSIBILIDAD DE QUE LOS DISPOSITIVOS AUTONÓMICOS SE ENCUENTREN FUERA DE LA CAPACIDAD DE EXTINCIÓN

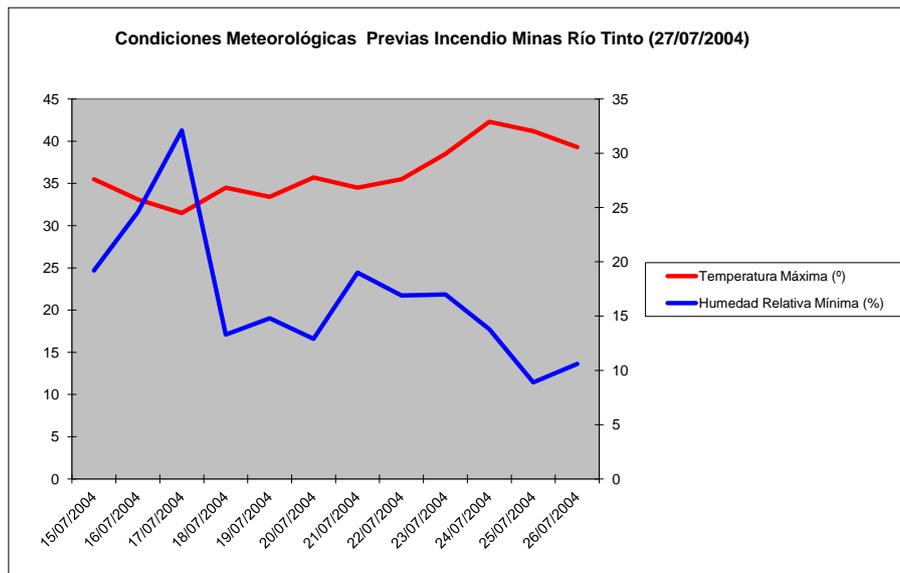


Figura 2.3.3. Inercia hídrica acontecida durante el incendio de Minas de Río Tinto (27/07/2004).

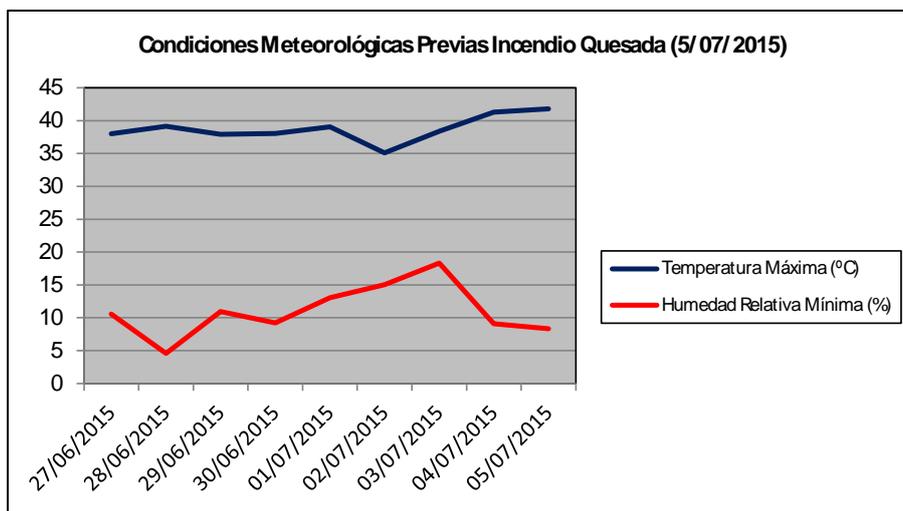


Figura 2.4.4. Inercia hídrica acontecida durante el incendio de Quesada (5/07/2015).

El incremento de la temperatura media también es acusado en los meses invernales, principalmente en aquellos años de precipitación deficitaria. Es el caso de febrero del año 2012, donde se produjo un gran incendio (alrededor de las 800 ha) en Pujerra (Málaga), aún cuando es una zona de gran humedad ambiental. La estación meteorológica más cercana data de sólo 748 mm la precipitación durante el año hidrológico 2011-2012, cuando el año siguiente fue más del doble. El origen del incendio parece asociarse a una quema, por lo que las olas de calor o sequía invernal también deberían condicionar su autorización y la presencia de un dispositivo de extinción acorde a la potencialidad de los siniestros.

El incremento del período de ocurrencia de grandes incendios forestales a consecuencia, no tanto de la temperatura sino más bien del estrés de la vegetación debido a la ausencia de precipitaciones, también pudo observarse relativamente bien en la ocurrencia de grandes incendios forestales en la provincia de Almería. En los años 2002,

2003 y 2009 se produjeron cuatro GIF en el mes de junio, mientras que en el año 2014 se produjeron dos incendios en marzo y abril, fuera de cualquier período habitual de alto riesgo de incendios para esta comarca semiárida. Este último año la precipitación sólo alcanzó los 60,6 mm en el año agrícola, lo que condicionó una alta disponibilidad del combustible. Aunque la temperatura en alguno de los incendios fue muy baja (incendio nocturno), la velocidad del viento y la inestabilidad atmosférica posibilitó la propagación virulenta. El índice de Haines adoptó valor 5 y 6 para estos cuatro GIF fuera del período estival tradicional.

EXISTE UNA TENDENCIA A LA OCURRENCIA DE GRANDES INCENDIOS FORESTALES FUERA DEL PERÍODO ESTIVAL, CONDICIONADOS POR UN ELEVADO ESTRÉS HÍDRICO DE LA VEGETACIÓN Y UNA ALTA INESTABILIDAD ATMOSFÉRICA

Tabla 2.3.1. Relación de Grandes Incendios Forestales (GIF) en la provincia de Almería (1990-2015)

Fecha	Término	Superficie (ha)
21/08/1991	CANJÁYAR	10.346,00
04/10/1992	CASTRO DE FILABRES	737,00
08/08/1993	NÍJAR	800,00
05/07/1994	LÍJAR	7.459,00
09/08/1994	MOJÁCAR	2.606,00
09/08/1994	ABRUCENA	575,00
07/07/1998	CUEVAS DEL ALMANZORA	707,00
05/08/1999	TURRE	967,00
26/06/2002	ENIX	1.937,86
26/06/2003	SORBAS	559,64
27/06/2009	SORBAS	503,57
28/06/2009	NÍJAR	1.086,74
14/07/2009	TURRE	4.444,27
23/07/2009	TURRE	2.329,07
25/03/2014	ALHAMA DE ALMERÍA	3.259,79
24/04/2014	LUCAINENA DE LAS TORRES	1.550,48

2.3.2.2 Tendencia observada en la disponibilidad del combustible vivo

La humedad del combustible es la cantidad de agua del combustible expresada en tanto por ciento de su peso seco. La humedad del combustible ha presentado diferencias estacionales y anuales acusadas, siendo en la actualidad estas diferencias menos acusadas en el matorral mediterráneo. En general a menor humedad del combustible mayor inflamabilidad o facilidad de ignición. En este sentido, las simulaciones del comportamiento del fuego se han realizado bajo valores estándares norteamericanos, sobredimensionados en los montes mediterráneos. De igual forma, la carga de sotobosque vivo es muy superior en los montes mediterráneos, condicionando en gran medida la progresión energética del fuego, en demasía si la humedad de los combustibles vivos es baja.

A modo de ejemplo se presenta una parcela permanente de Sierra Morena Oriental, donde se puede apreciar la evolución de la humedad de las principales especies en el sotobosque y el arbolado durante la temporada estival. Destacan como especies arbustivas indicadoras de la disponibilidad del combustible a arder, el labiérnago (*Phyllirea angustifolia*) y el madroño (*Arbutus unedo*), las cuales sufren una caída en su humedad a principio de verano debido quizás a su menor adaptación al estrés hídrico (Figura 5). Por contra, la mayor cantidad de especies del matorral mediterráneo se encuentran adaptadas al estrés hídrico, no presentando grandes variaciones en su contenido de humedad a lo largo de la época estival.

Especial hincapié habría que prestar a dos especies muy ampliamente distribuidas en el sur de la Península Ibérica: la jara pringosa (*Cistus ladanifer*) y la atocha o esparto (*Stipa tenacissima*). La primera de ellas, es una especie que es muy poco inflamable fuera de los meses estivales, desprendiendo aceites y reduciendo drásticamente su humedad al comienzo de la época estival, siendo muy inflamable durante estos meses. Los estudios de inflamabilidad realizados por el Laboratorio de Incendios Forestales (LABIF) de la Universidad de Córdoba, con la ayuda de un epirradiator horizontal, muestran un comportamiento virulento de esta especie con humedades próximas al 55-60% de humedad (Figura 6), valores que como se puede apreciar en la Figura 5 se alcanzaron durante todo el mes de agosto en Sierra Morena Oriental. La acentuación de las condiciones meteorológicas condicionará la disponibilidad de esta especie (bajada de humedad y presencia de aceites) durante un mayor período de tiempo al año. Por su parte, la atocha es un matorral altamente inflamable, tanto por la gran presencia de combustible muerto fino (más del 70% de su carga total en muchos casos) en la parte baja de sus matas, como por su bajo contenido de humedad durante la mayor parte del año. En una de las parcelas de muestreo del LABIF en el sureste de Andalucía, en abril del año 2016 la atocha viva presentaba una humedad de sólo el 37,19%. Este valor, a pesar de las precipitaciones durante 15 días (alrededor de 60 mm), sólo incrementó al 51,96% durante el mes de mayo.

Las especies arbóreas también presentaron una gran adaptación al estrés hídrico (*Quercus* spp., *Pinus* spp.), no presentando una caída drástica de la humedad a principios de verano, excepto en el caso del eucalipto (Figura 5), el cual se presentó como una buena especie indicadora de la disponibilidad del combustible a arder. A modo de ejemplo, se incorpora la evolución de la humedad del combustible foliar en una parcela permanente de pino carrasco (*Pinus halepensis*) en la provincia de Jaén (Figura 7), se puede apreciar una evolución cíclica de la humedad en base a la precipitación anual. En el año 2013, con una precipitación superior (año agrícola), en el mes de julio la humedad era del 96,26%, alejada del 84,37% obtenido en el año 2015. El año 2016 se presenta con un contenido de humedad muy próximo al 92%, de forma análoga al año 2014.

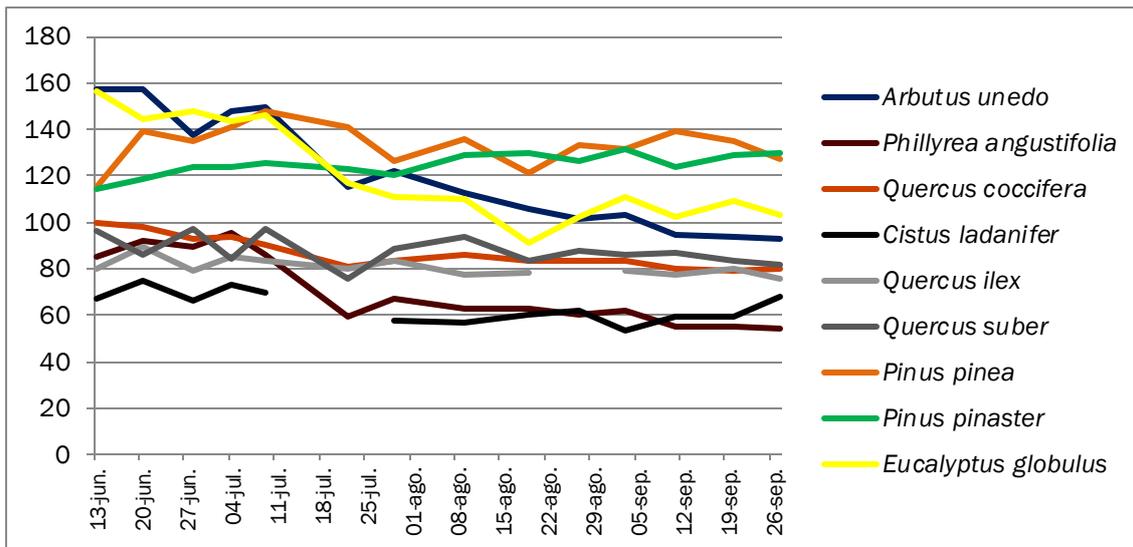


Figura 2.3.5. Evolución de la humedad de los combustibles vivos en Sierra Morena Oriental durante el verano del año 2014.

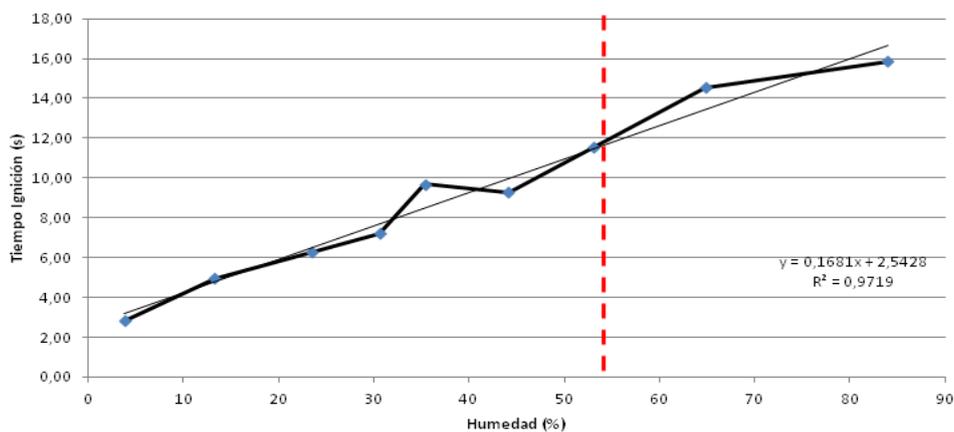


Figura 2.3.6. Evolución del tiempo de ignición de la jara pingosa en base a su contenido de humedad.

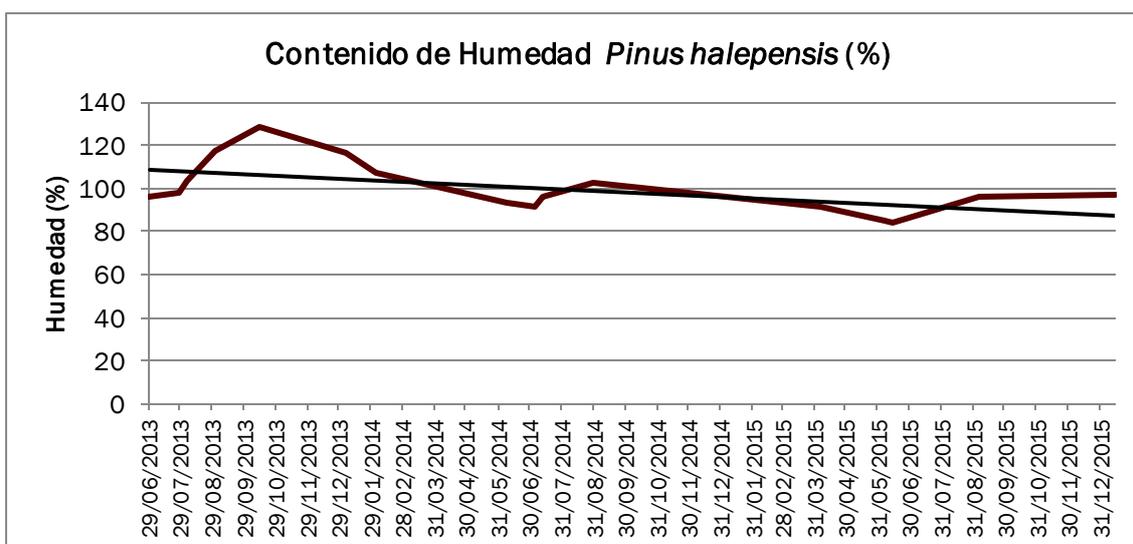


Figura 2.3.7. Evolución del contenido de humedad del pino carrasco en la provincia de Jaén (2013-2015).

EXISTE UNA MAYOR DISPONIBILIDAD TEMPORAL DEL COMBUSTIBLE AÉREO, CONDICIONANDO A LA TRANSICIÓN DEL FUEGO DE SUPERFICIE A FUEGO DE COPAS Y, EN CONSECUENCIA, A LA APARICIÓN DE INCENDIOS DE COPAS, QUE CONSTITUYEN LOS EVENTOS DE MAYOR DIFICULTAD DE EXTINCIÓN

2.3.2.3 Tendencia observada en los usos del suelo

El paisaje es un recurso en constante evolución, generalmente lenta cuando se trata de causas naturales y más rápida cuando el hombre es el agente modelador. La principal preocupación medioambiental de la población andaluza la constituyen los incendios forestales (Junta de Andalucía, 2013), conllevando cambios directos e indirectos en los usos del suelo, al menos a corto plazo. Otro de los graves problemas medioambientales en el sur de la Península Ibérica es la desertificación, que afecta el 28% de la Comunidad Autónoma Andaluza (Junta de Andalucía, 2010), provocando el abandono de cultivos de antaño por su baja rentabilidad. Estos terrenos tienden a matorralizarse, convirtiéndose en terrenos forestales. También, es de destacar la alta superficie agrícola y forestal que se ha transformado en zona urbana o de interfaz urbano-forestal, dado el auge por las segundas residencias o residencias de recreo. Tanto uno como otro cambio afecta al potencial de un incendio forestal, el cual se propaga por una zona con mayor concentración de biomasa leñosa y se encuentra con pequeñas zonas habitadas con mayor frecuencia.

Aproximadamente el 40% del paisaje andaluz se ha visto modificado o modelado desde el año 1956. Se puede destacar la alta pérdida de pastizales o prados naturales en las provincias continentales (ej: provincia de Córdoba en Figura 8), y la gran pérdida de superficie agraria en el sureste debido a la baja rentabilidad. Herrera et al. (2010) estiman un abandono del 15% en el período 1980-2000 para la provincia de Almería. Ambas pérdidas conllevan un incremento de la superficie matorralizada, acentuando la progresión energética del fuego y disminuyendo los puntos débiles del fuego o zonas de anclaje de las operaciones de extinción.



Figura 2.3.8. Evolución de los usos del suelo en la provincia de Córdoba 1980-2013 (Fuente: R. Azanón) y abandono de la superficie agraria en la provincia de Almería.

SE HA PRODUCIDO UN INCREMENTO DE LA SUPERFICIE MATORRALIZADA Y LA ZONA DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL,

CONDICIONANDO Y DIFICULTANDO LAS LABORES DE EXTINCIÓN. LA MATORRALIZACIÓN DE ZONAS AGRARIAS DISMINUYE LOS PUNTOS DÉBILES DEL FUEGO Y LAS ZONAS DE SEGURIDAD PARA LOS COMBATIENTES.

2.3.2.4 Tendencia observada en el comportamiento del fuego

Las tendencias de cambio observadas con anterioridad (condiciones meteorológicas, disponibilidad del combustible vivo y cambio en usos del suelo) predisponen para la ocurrencia de eventos de mayor envergadura y severidad. Los efectos del incremento de temperatura se traducen en una desecación progresiva de la vegetación que puede alcanzar bajos niveles de humedad y en la aparición de corrientes de aire desde suelos caldeados. El material verde tiende a oponer mayor resistencia a arder en función de su humedad. En este sentido, los combustibles con menor contenido de humedad disponen de mayor velocidad de combustión. Sí además, a este hecho se le añade un incremento de la superficie matorralizada, debido a los cambios de uso del suelo, la virulencia de los incendios aumenta potencialmente.

El comportamiento del fuego puede ser caracterizado mediante cuatro parámetros: velocidad de propagación, longitud de llama, intensidad del frente y calor desprendido por unidad de superficie. Los simuladores de comportamiento del fuego, como Behave Plus, Farsite, FlamMap, Visual Cardin o Visual Behave pueden simular las condiciones pasadas, actuales y futuras mediante la modificación de los inputs meteorológicos, de la humedad de los combustibles y de las cargas de combustibles. Se incluyen a continuación tres escenarios de cambio, dada la situación de incertidumbre referente a los cambios para las décadas 2040-2070. Mientras el "escenario 2" es el más desfavorable, el "escenario 1" es el más favorable; constituyendo el "escenario 3" una situación intermedia de ambas expectativas (Molina, 2008). A modo de ejemplo, se han seleccionado 100 puntos aleatorios en la provincia de Córdoba, agrupándolos por grupos de modelos de combustible, proporcionando el valor medio de incremento esperado para cada uno de los parámetros de comportamiento del fuego (Tabla 2). Los mayores cambios se observan en el incremento de virulencia de los incendios en las áreas de matorral y pastizal-matorral.

Tabla 2.3.2. Incremento relativo de los cuatro parámetros fundamentales de comportamiento del fuego a partir de tres escenarios de cambio por grupos de modelos de combustible (Molina, 2008).

Velocidad de propagación	Escenario 1 (%)	Escenario 2 (%)	Escenario 3 (%)
Pastizal	0	13	6
Pastizal-Matorral	4	18	11
Matorral	11	21	16
Hojarasca-Pastizal-Matorral	11	19	15
Hojarasca-Restos	0	10	5
Longitud de llama	Escenario 1 (%)	Escenario 2 (%)	Escenario 3 (%)
Pastizal	0	10	5
Pastizal-Matorral	2	13	7
Matorral	6	13	9

Hojarasca-Pastizal-Matorral	6	12	9
Hojarasca-Restos	0	8	4
Intensidad del frente de llama	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	(%)	(%)	(%)
Pastizal	0	23	12
Pastizal-Matorral	0	12	10
Matorral	12	31	21
Hojarasca-Pastizal-Matorral	12	26	19
Hojarasca-Restos	0	18	9
Calor por unidad de superficie	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	(%)	(%)	(%)
Pastizal	0	9	4
Pastizal-Matorral	0	10	5
Matorral	1	9	5
Hojarasca-Pastizal-Matorral	1	6	4
Hojarasca-Restos	0	7	3

2.3.3 Zonas críticas por incendios forestales

La modificación del régimen de fuego (frecuencia, tamaño, virulencia y estacionalidad), de gran parte de la geografía mundial, está conduciendo a cambios en la dinámica de la vegetación, puesto que en algunos casos la vegetación sólo se encuentra adaptada a un régimen de fuego, e incluso alguna especie o ecosistema a ninguno de ellos. Pero el fuego ha avanzado hasta ecosistemas que no conocían su presencia regular, o al menos, no con tanta virulencia. El cambio más notable es el ascenso altitudinal del fuego, que generalmente recorría la parte baja de las cordilleras (sí alcanzaba la parte alta era por un incendio de rayo), pero en los últimos años asciende sin problemas por encima de los 1.600 m, dada la mayor disponibilidad del combustible (Figura 9).

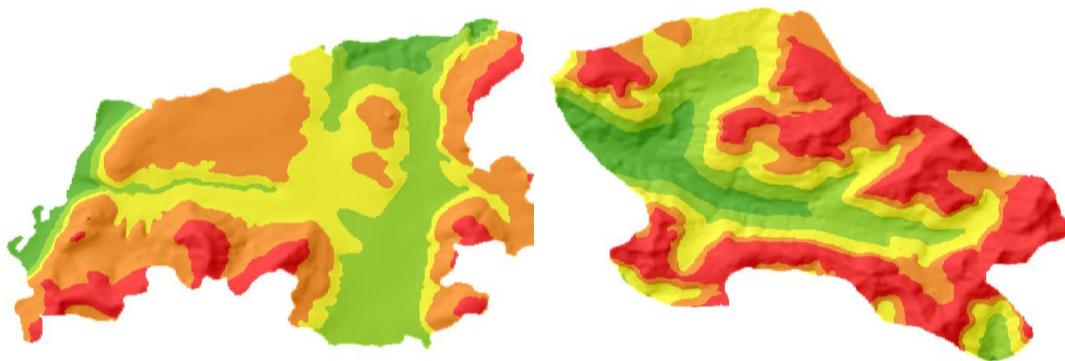


Figura 2.3.9. Incendios acontecidos en el mismo Espacio Natural Protegido. El fuego de la derecha (2015) avanza por altitudes superiores al fuego de la izquierda (2002). En rojo se representan las altitudes superiores a 1.600 m.

2.3.3.1 Identificación de zonas críticas por el cambio climático

Estudios recientes han utilizado técnicas, mediante Sistemas de Información Geográfica, para el análisis de la vulnerabilidad en las próximas décadas, destacando ciertas áreas críticas (conocidas como "hotspots"). Se han utilizado las unidades meteorológicas, identificadas por la Junta de Andalucía, para la identificación de las zonas críticas en cuanto incendios forestales se refiere. Curiosamente esta zona difiere poco de la zona identificada como de mayor peligrosidad para la desertificación, lo que incrementa en gran medida la vulnerabilidad de estos ecosistemas y condiciona la recuperación post-incendio de los mismos. El análisis estadístico realizado para conocer el impacto climatológico en el periodo 1960-2010 años por cada una de las estaciones meteorológicas consideradas, ha arrojado cuatro clases relativas o de influencia de la tendencia de cambio de las condiciones climatológicas. La zona crítica en base a la tendencia meteorológica se localiza en las unidades "Oriental Interior" y "Costa Mediterránea" (Figura 10).

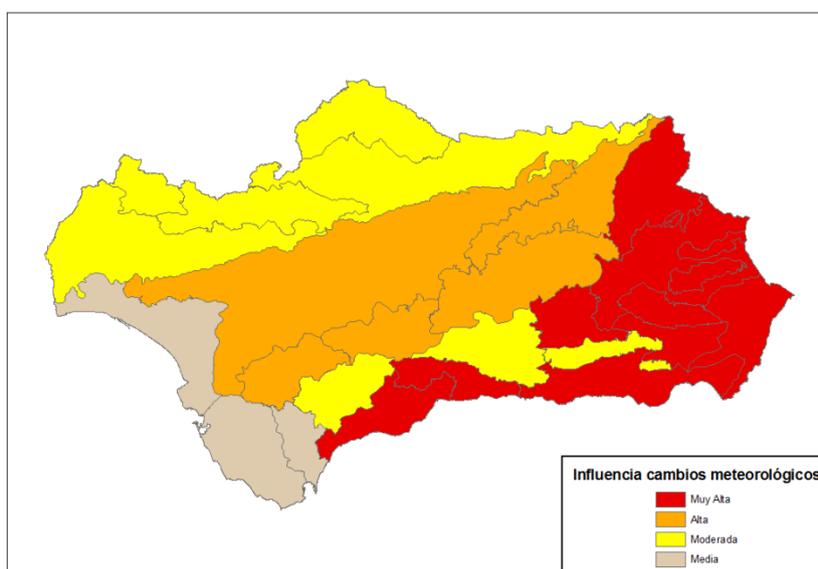


Figura 2.3.10. Caracterización de Andalucía en base a la influencia o tendencia de los cambios meteorológicos.

La cartografía temática generada fue validada con los grandes incendios acontecidos en Andalucía durante los años 2012-2015. Los Grandes Incendios Forestales acontecidos (Coín-Marbella, Alhama de Almería, Lucaneina de las Torres, Quesada y Lújar-Gualchos) ocurrieron dentro de las subunidades catalogadas como de influencia meteorológica "Muy Alta" (Figura 10).

2.3.3.2 Identificación de zonas críticas por los cambios en los usos del suelo

Los cambios en los usos del suelo son también de mayor o menor índole en base a su localización geográfica. Generalmente éstos son de mayor calibre en zonas costeras, debido a la construcción incontrolada de segundas viviendas, creando una gran interfaz urbano-forestal. A modo de ejemplo, sólo en el Término Municipal de Marbella se constató un cambio del 12,67% de los usos de suelo entre 1990-2003 y un 3,98% entre 2003-2008. En muchos casos, como éste del ejemplo, las obras de urbanización y

construcción de grandes urbanizaciones todavía no ha concluido debido a la crisis económica, proliferando las parcelas abandonadas entre viviendas y gran cantidad de viviendas fuera de la ordenación urbana y, en consecuencia, incrementando la vulnerabilidad por incendios forestales.

La zona denominada "Costa Mediterránea" presentó los mayores cambios entre 1956-2007 debido principalmente a la proliferación de uso antrópico en zonas de cultivo de antaño (34,52% de cambio de este uso) o la sustitución de superficies arboladas por superficies matorralizadas (38,91% del total de este uso) (Figura 11). También el matorral fue sustituido en gran medida por los cultivos intensivos en la zona de El Ejido (Almería), donde existen aproximadamente 30.000 ha de este uso. Este hecho de proliferación de la interfaz urbano-forestal se repite de igual modo por la unidad "Costa Atlántica".

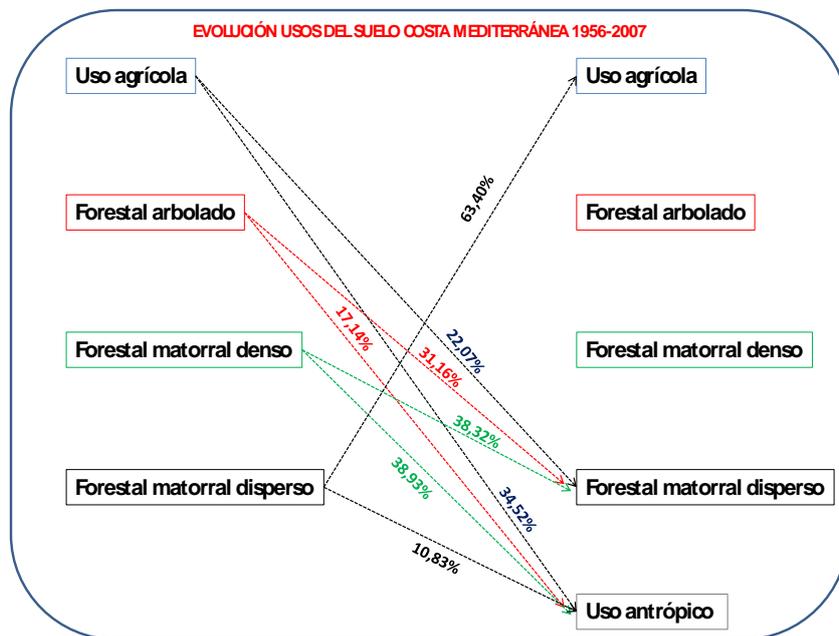


Figura 2.3.11. Matriz de ganancias y pérdidas de usos del suelo para la Costa Mediterránea.

En otras zonas continentales, como Sierra Morena, se ha producido un incremento de la interfaz, acentuado en zonas de contacto agrícola-forestal en los años 1970-1980 (casita para el aprovechamiento de los cultivos y el monte) e interfaz urbano-forestal en los años 1990-2010 (segunda vivienda o vivienda de recreo en el monte) " (Figura 12). La legislación vigente ha mitigado en gran medida el crecimiento expansivo de urbanizaciones, sin embargo ha sido notificado un cambio entre los años 2004-2015, el incremento de las viviendas dentro de la misma parcela o del tamaño de la vivienda principal (Soldado, 2013). Este hecho se puede achacar a las viviendas construidas por los hijos de las familias propietarias de las parcelas dadas las dificultades y precios actuales para nuevas construcciones.

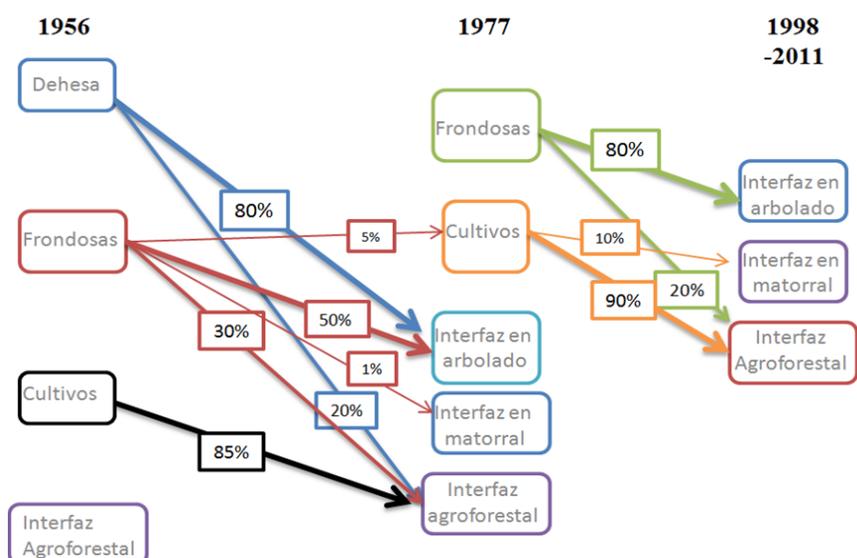


Figura 2.3.12. Matriz de ganancias y pérdidas de usos del suelo para el Término Municipal de Córdoba.

2.3.3.3 Identificación de zonas críticas por los cambios en la vegetación

Es una notoriedad científica contrastada el hecho de la afección del cambio climático en la biodiversidad y distribución espacial de las especies. En este sentido, se ha constatado el incremento de biomasa leñosa en zonas dominadas por especies herbáceas, principalmente especies colonizadoras. Este efecto condiciona la evolución de modelos de combustible de pastizales a modelos de pastizales-matorrales, en los cuales sigue manteniéndose su velocidad de propagación pero se incrementa su longitud de llama e intensidad.

No sólo se ha producido un incremento en la presencia de especies leñosas colonizadoras, sino que también se han producido cambios en la distribución espacial de las especies. En el Parque Natural de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén), se ha notificado la presencia de romero en parcelas permanentes donde no se conocía su presencia. Las masas de *P.nigra* del Parque, generalmente asociadas a pisos altitudinales superiores, pueden ser susceptibles al fuego bajo las nuevas pautas de comportamiento potencial. Este hecho de ascenso altitudinal también parece muy factible en el Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada (Granada-Almería) y en la umbría de la Sierra de Filabres (Almería). De igual forma, ecosistemas vulnerables como los pinsapares del Parque Natural Sierra de Las Nieves (Málaga), el Parque Natural Sierra de Grazalema (Cádiz) y el Paraje Natural Los Reales de Sierra Bermeja (Málaga) podrían sufrir, si las proyecciones climáticas y el incremento de biomasa leñosa se mantienen, fuegos de tal intensidad que pongan en entredicho la conservación de los mismos.

A modo de ejemplo, se incluyen los cambios observados por el Laboratorio de Incendios Forestales (LABIF) de la Universidad de Córdoba para el Parque Natural de Sierra Mágina (1994-2006). El Parque Natural de Sierra Mágina está situado al sur de la provincia de Jaén, cubriendo aproximadamente 20.000 ha. Su morfología es circular en torno al abrupto montañoso que le confiere tal nomenclatura. En este sentido, el análisis

identifica los cambios para cada una de las exposiciones topográficas: solana o exposiciones S, SE y SW (Figura 13) y umbría o exposiciones W, NW y N (Figura 14).

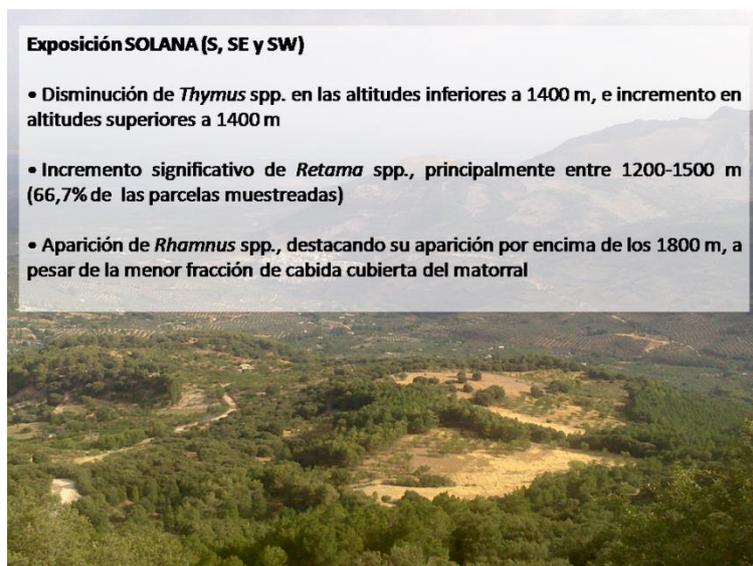


Figura 2.3.13. Cambios observados más significativos en la vegetación en la cara de solana del P.N.Mágina.

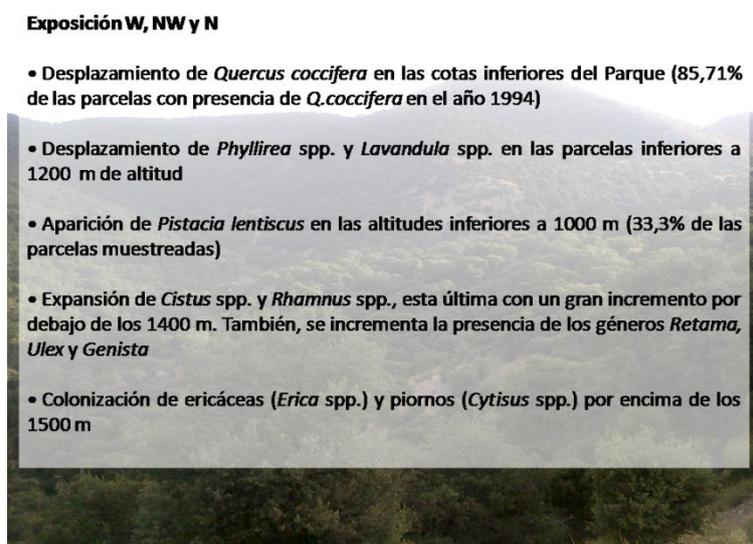


Figura 2.3.4. Cambios observados más significativos en la vegetación en la cara de umbría del P. Natural de Mágina

2.3.3.4 Identificación de zonas críticas por enfermedades y/o plagas

Las principales plagas y/o enfermedades que afectan a las masas andaluzas y, en consecuencia, afectan al comportamiento del fuego, debilitando al arbolado y disminuyendo su humedad foliar, son la seca y la procesionaria. La primera de ellas es un cúmulo de factores predisponentes, incitantes y contribuyentes que desembocan en gran cantidad de combustible muerto en las copas de los árboles, lo que facilita en gran medida la transición del fuego de superficie a fuego de copas. Aunque su efecto en la provincia de Córdoba es apreciable, no lo es en tanta medida como en otras provincias andaluzas (ej: Huelva). Generalmente, las zonas afectadas por seca son zonas de dehesa con puntos

débiles y poca pendiente, lo cual facilita las labores de extinción, a pesar de la transición a fuego de copas. Además, la densidad aparente de copas suele ser inferior a $0,1 \text{ kg/m}^3$, impidiendo la propagación por las copas de los árboles de forma activa.

Por su parte, la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) ha sido y constituye una de las principales plagas forestales, principalmente del género *Pinus*. La afectación es desigual en base al año, la localización geográfica, la exposición y la especie. Sin embargo, en los últimos años, las repoblaciones y reforestaciones agrícolas, unidas a la tendencia del incremento de la temperatura, ha propiciado un incremento de sus poblaciones, dado su hábitat potencial. Su aparición ha sido constatada en zonas donde era inexistente o prácticamente nula, principalmente se ha producido un ascenso altitudinal de las poblaciones. Es el caso por ejemplo, de la Cañada de las Cruces (1.600 m en el Parque Natural de Sierra Magina), donde se ha producido la muerte y debilitamiento de parte del pinar de la cara de solana debido a un ataque masivo durante los años 2014-2015 (Figura 15), y en donde no se disponía de antecedentes de una presencia tan severa.



Figura 2.3.15. Ataque de procesionaria en la Cañada de las Cruces en el año 2014-2015 (1.600 m de altitud).

Los cambios en la humedad foliar (acículas vivas) evaluados por el Laboratorio de Incendios Forestales (LABIF) de la Universidad de Córdoba entre árboles afectados y no afectados por procesionaria difirieron en base a la exposición topográfica (solana y umbría) y al tipo de afección (1/3, 2/3 y 3/3 de la longitud de la copa verde), estando comprendida en un descenso del 7,09-13,31% de la humedad total de los árboles sin afección.

2.3.4 Conclusiones

La tendencia mundial señala un incremento de la temperatura media, principalmente de la temperatura media de las máximas. Las olas de calor son más frecuentes en las últimas décadas, predisponiendo al combustible a arder y, en consecuencia, a la ocurrencia de grandes incendios forestales.

Se ha podido constatar una actual tendencia a la ocurrencia de grandes incendios forestales fuera del período estival, condicionados por un elevado estrés hídrico de la vegetación y una alta inestabilidad atmosférica.

Existe una mayor disponibilidad temporal del combustible aéreo, agilizando la transición del fuego de superficie a fuego de copas, lo que conforma los eventos de mayor dificultad de extinción.

La modificación del régimen de fuego (frecuencia, tamaño, virulencia y estacionalidad), de gran parte de la geografía mundial, está conduciendo a cambios en la dinámica de la vegetación. El cambio más notable es el ascenso altitudinal del fuego, dada la mayor disponibilidad del combustible.

2.3.5 Bibliografía

- Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., García-Herrera, R., 2011. The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe. *Science* 332, 220-224.
- Cardil A., Molina D., Kobziar L.N., 2014. Extreme temperature days and their potential impacts on southern Europe. *Natural Hazards and Earth System Science*, 14, 3005–3014
- Cardil A., Molina D., 2015. Factors Causing Victims of Wildland Fires in Spain (1980–2010). *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* (2015), 21, 67–80.
- Giannakopoulos C., Le Sager P., Bindi M., Moriondo M., Kostopoulou E., Goodess C.M., 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global Planet Change* 68, 209-224.
- Giorgi F., 2006. Climate change hot-spots, *Geophys. Research Letters* 33, L08707.
- Herrera M.A., Caraciolo R., Molina-Martínez J.R., Ferreira M., 2010. Guidelines for sustainable management of degraded lands. Experiences on Caatinga and semiarid Mediterranean woodlands. En: *Woodlands: Ecology, Management and Conservation*. Nova Science Publishers. USA, pp 91-115.
- Jémez V., Enríquez E., 2015. Experiencias grandes incendios forestales 2010-2013. Perspectiva de la coordinación nacional. En: Rodríguez y Silva (Ed.). *II Taller de Lecciones Aprendidas en Incendios Forestales*. Universidad de Córdoba. Córdoba. España, pp 78-87.
- Junta de Andalucía, 2013. *Ecobarómetro 2013*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Sevilla. Andalucía.
- Molina J.R., 2008. Integración de herramientas para la modelización preventiva y socioeconómica del paisaje forestal frente a los incendios en relación con el cambio climático. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba. España. 412 pp.
- Moreno JM et al., 2005. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente. España. Madrid, 822 pp.

Ribalaygua J., Torres L., Del Carre M., 2008. La generación de escenarios locales de clima futuro orientados a la definición de estrategias de adaptación al cambio climático. Montes 92, 11-18.

Soldado A., 2013. Transición y consolidación de urbanizaciones (1956-2011) en la Sierra de Córdoba desde la perspectiva de riesgo de incendios forestales. Trabajo Final de Máster Cambio Global: Recursos Naturales y Sostenibilidad. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

Costa P., Castellnou M., Larrañaga A., Miralles M., Kraus D., 2000. La prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al incendio tipo. GRAF-Fundación Pau Costa. Barcelona. España, 88 pp.

3.RELACIONES CLIMA E INCENDIOS EN EL PASADO Y PROYECCIONES PARA EL CLIMA FUTURO

3.1 INTRODUCCIÓN - CLIMA, INCENDIOS E ÍNDICES DE PELIGRO

Joaquín Bedia, José Manuel Gutiérrez, José Manuel Moreno, Itziar R. Urbieto y Gonzalo Zavala

3.1.1 Relaciones clima-fuego

La temperatura, la humedad del aire y de los combustibles y la velocidad del viento son las principales variables atmosféricas que afectan directamente la probabilidad de que dada una fuente de ignición, ésta desencadene un incendio (Rothermel 1972). Consecuentemente, diversos estudios han encontrado relaciones positivas entre el número de incendios o la superficie quemada y unas pocas variables meteorológicas, entre las cuales la temperatura y la precipitación son las más frecuentemente utilizadas (Vázquez y Moreno 1993; Pausas 2004; Verdú et al 2012; Turco et al. 2013).

En general, para la España Peninsular, los incendios se ven favorecidos por temperaturas altas y precipitaciones de invierno bajas (Verdú et al. 2012). En algunos casos, se ha demostrado que las condiciones medias reinantes en la estación de incendios (el verano normalmente) explican la ocurrencia de incendios (Urbieto et al. 2015), siendo las condiciones extremas, esto es, valores por encima de tal o cual valor de las variables meteorológicas relevantes o índices de peligro, o el número de días por encima de dichos valores, las que terminan siendo determinantes de la gravedad de la temporada de incendios (Vázquez y Moreno 1993; Piñol et al. 1998; Rasilla et al. 2010); si bien esta relación entre el clima y los incendios se encuentra mediada por los tipos de vegetación, siendo diferentes las relaciones descritas para la España Atlántica y para la mediterránea (p.ej Bedia et al 2014a). Las situaciones de falta de lluvia persistente, como durante las sequías, son igualmente propicias para los incendios, aunque la intensidad de su relación con los incendios varía según zonas igualmente (Carracedo et al. 2009) y por el mismo motivo. Las relaciones entre índices específicos para caracterizar la sequía, y la ocurrencia de incendios muestra que éstos sólo son posibles a partir de determinados valores umbral de dichos índices, por encima de los cuales se produce un efecto de activación (Amatulli et al. 2013; Loepfe et al. 2014). De ello se deriva que diferentes situaciones sinópticas de circulación atmosférica den lugar a distintas probabilidades de peligro extremo y, consiguientemente, de riesgo de grandes incendios (Pereira et al. 2005; Trigo et al. 2006; Rasilla et al. 2010). No obstante, la efectividad de un determinado patrón en producir grandes incendios no es homogénea en todo el territorio nacional peninsular; así, mientras que situaciones de altas temperaturas y baja humedad relativa, junto con viento moderado del este o sureste, son determinantes de grandes incendios en el oeste peninsular, en el levante son más importantes la presencia de vientos fuertes descendentes acompañados de baja humedad relativa, independientemente de la temperatura (Millán et al. 1998; Rasilla et al. 2010). La persistencia situaciones de peligro particulares puede derivar en episodios de grandes incendios que afectan a grandes extensiones del territorio. Situaciones de este tipo, que generan lo que se ha dado en

llamar megaincendios, ocurrieron en el Levante, en 1994 (Moreno et al. 1998) o en Galicia, en 2006 (San Miguel-Ayanz et al. 2013). Circunstancias de este tipo, frecuentemente asociadas a olas de calor y, en algún caso, a déficit de precipitaciones, se han dado también en otras zonas mediterráneas, como en Portugal en los años 2003 y 2005 o en Grecia en 2007, entre otros (Pereira et al. 2005; Koutsias et al. 2012; San Miguel-Ayanz et al. 2013).

La influencia de la meteorología no se circunscribe al año en curso sino que, en algunos casos, se han encontrado relaciones con la meteorología de años anteriores, particularmente con las precipitaciones (Pausas 2004; Turco et al. 2013), habiéndose encontrado que años lluviosos anteriores al de la estación en curso se correlacionan con situaciones de mayor incidencia de incendios, al igual que en otros entornos mediterráneos de similares características (p.ej. en Grecia, Koutsias et al. 2013). Esto sugiere una interacción indirecta, por la vía de la acumulación del combustible, aunque dicha relación no se ha probado. Por otro lado, la relación con la precipitación del año en curso puede variar dependiendo de la estación. Mientras que la precipitación alta en primavera favorece los incendios, la de verano los reduce (Xystrakis et al. 2014). Cabe señalar que estas relaciones tienen un potencial para ser explotadas en un contexto de predicción estacional de los incendios (Marcos et al. 2015, Gudmundsson et al. 2014).

3.1.2 Índices climáticos para caracterizar el riesgo de incendios

La estrecha relación existente entre las condiciones meteorológicas y los incendios sirve como base para el desarrollo de diferentes índices de peligro que usan de forma rutinaria las agencias de prevención y lucha contra incendios en todo el mundo (Andrews et al. 2003; Fujioka et al. 2009; San-Miguel-Ayanz et al. 2013a). Dichos índices de peligro de incendios, combinan e integran las variables atmosféricas clave (precipitación, humedad relativa, temperatura y viento) mediante funciones empíricas más o menos complejas, basadas en las condiciones y tipos de combustibles característicos de cada país/región. De este modo, es posible una representación más adecuada de las condiciones climáticas propicias para los incendios, que responde simultáneamente a las diferentes variables meteorológicas que afectan al fuego. Por ejemplo, en un contexto multidecadal (p.ej. proyecciones de cambio climático), mientras que una tendencia de calentamiento constante se puede producir en una extensa región, las diferencias locales en los patrones de humedad del aire o de precipitación pueden producir una respuesta variable del índice de peligro (por ejemplo, tal y como queda descrito a ambos lados de los Urales por Groisman et al. 2007), y por lo tanto interpretar un calentamiento como un aumento del riesgo de incendios de manera directa puede dar lugar a conclusiones erróneas.

Además, muchos de estos índices de peligro de incendios también proporcionan una medida indirecta de las condiciones antecedentes (importantes como se ha visto en la ocurrencia de incendios) y no sólo estrictamente una instantánea de las condiciones meteorológicas actuales. Como resultado, valores extremos del índice, indicadores de un riesgo extremo de incendios, son altamente improbables sin una grave sequía concurrente (Bradstock 2010).

Por todo ello, la utilidad de los índices de peligro de incendios se encuentra ampliamente reconocida, habiendo sido adoptados y aplicado durante décadas, con diversas definiciones y adaptaciones particulares, por las diferentes agencias de protección de incendios en todo el mundo.

Más allá de la escala diaria para la que inicialmente se concibieron y en base a la cual se calculan, dichos índices pueden ser agregados temporalmente para proporcionar indicadores a escala climática, permitiendo el desarrollo de climatologías del peligro de incendios, fácilmente interpretables por los agentes intervinientes en la gestión de los incendios, facilitando de este modo la toma de decisiones. Dichas climatologías permiten la aplicación de las diferentes técnicas empleadas en estudios de cambio climático para el desarrollo de proyecciones futuras del riesgo de incendios, específicamente desarrolladas para este sector (ver p. ej. Williams et al. 2001; Hennessy et al. 2005; Flannigan et al. 2005, 2013).

3.1.3 El Fire Weather Index (FWI)

Uno de los índices más ampliamente utilizados mundialmente es el sistema canadiense, conocido como Fire Weather Index System (FWIS, van Wagner 1987). El FWIS está compuesto de diferentes subcomponentes que miden los efectos de la humedad del combustible en diferentes capas del mismo, combinándolo después con el efecto del viento, que interviene en el comportamiento del fuego y su propagación. La combinación de estas componentes mediante diversas ecuaciones empíricas da lugar al Fire Weather Index propiamente dicho (FWI), que es un indicador adimensional de la intensidad potencial de un hipotético fuego dadas las condiciones meteorológicas (van Wagner, 1987).

Aunque el FWIS fue inicialmente desarrollado en Canadá, posteriormente ha sido adoptado en diversas regiones del mundo, con variados climas y tipos de vegetación, habiendo demostrado una gran versatilidad y aplicabilidad bajo condiciones muy diferentes, por ejemplo, Indonesia y Malaysia (de Groot et al. 2006), Nueva Zelanda (Briggs et al. 2005), el Pacífico Sur (Taylor y Alexander 2006), Europa y Suroeste de EEUU (Urbieta et al. 2015), entre otros. De particular relevancia para este estudio es la demostrada idoneidad del FWI para caracterizar el peligro de incendios en la región mediterránea (ver p.ej.: Piñol et al. 1998; Viegas et al. 1999; Rasilla et al. 2010; Dimitrakopoulos et al. 2011; Bedia et al. 2014,2015), lo cual ha motivado su adopción por parte del Sistema Europeo de Información de Incendios Forestales (EFFIS, San-Miguel-Ayanz et al. 2013a).

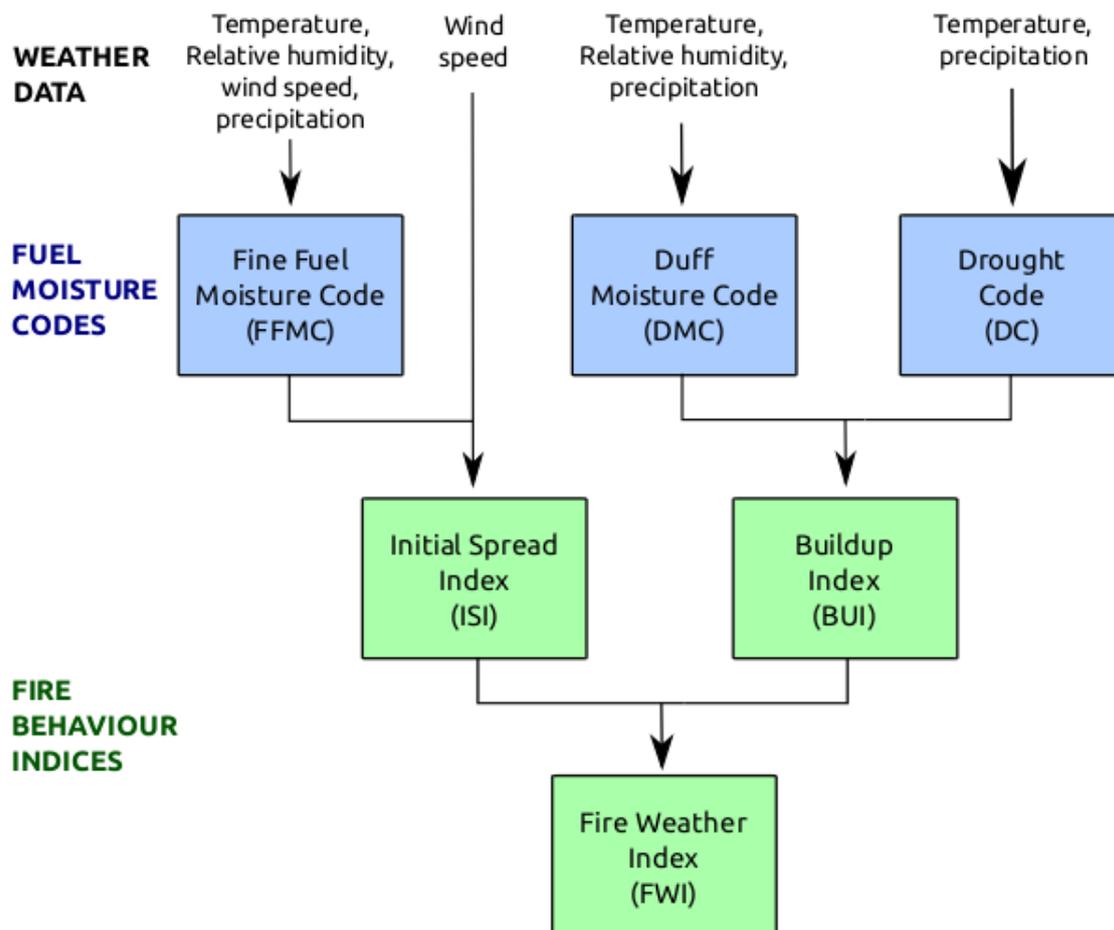


Figura. 3.1.1 Diagrama del Fire Weather Index System y la relación entre sus diferentes componentes (a partir de van Wagner 1987).

El FWI requiere como entrada registros diarios de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en superficie, así como precipitación acumulada en las últimas 24 horas. A partir de dichas variables se calculan de forma progresiva las diferentes componentes, que se combinan finalmente para dar lugar al FWI (Fig. 3.1.1). Sin embargo, debe notarse que en correcta aplicación de la definición del índice, las variables temperatura, humedad relativa y velocidad del viento deben ser medidas instantáneas, registradas a mediodía hora local (Stocks et al. 1989).

Esta definición cobra perfecto sentido en el ámbito de aplicación original del FWI, como parte del operativo de prevención de incendios, basado en registros de estaciones meteorológicas propias de las agencias de protección, y situadas en lugares estratégicos en el entorno de grandes masas forestales. No obstante, dicha definición adquiere más complicaciones en su aplicación cuando se trabaja con salidas de modelos numéricos (p. ej. GCMs), dado que a menudo las salidas de dichos modelos se exponen al usuario en bases de datos donde las variables se encuentran agregadas a resoluciones temporales que no permiten la aplicación directa de la definición, con el fin de reducir el tamaño de las mismas y poder ser convenientemente alojadas en los servidores de datos. El caso más crítico es el de la utilización de valores medios diarios en lugar de instantáneos, lo cual puede dar lugar no sólo a sesgos importantes en la magnitud del FWI resultante, sino a desviaciones importante de las colas de la distribución, afectando negativamente a la

representación de los extremos o a valores basados en umbrales absolutos y lo que es aún peor, invalidando las proyecciones futuras, como reflejan Herrera et al. (2013). Como respuesta a esta problemática, algunos autores han propuesto el uso de aproximaciones basadas en extremos diarios, que se asemejen lo más posible a los valores obtenidos con datos instantáneos a mediodía, y que permiten ampliar el número de bases de datos y modelos disponibles para la construcción de proyecciones futuras de FWI (por ejemplo las basadas en los escenarios regionales para Europa del proyecto ENSEMBLES, ver Bedia et al. 2014).

Alternativamente, en esta sección nos aproximamos a la hora de mediodía local en verano en la Península Ibérica (12:00 UTC, equivalente a 14:00 CEST), explotando aquellas bases de datos tanto de GCMs como de observaciones (WFDEI, The Watch Forcing Dataset ERA-Interim, ver Sec. 3.3.2 Clima observado) en las que se hagan disponibles las salidas 3-horarias de dichos modelos. Ello permite, basándose en las observaciones, la aproximación al mediodía real utilizando el momento de mayor radiación solar incidente, que en España coincide efectivamente con esta franja horaria. La ventaja de este método es que además permite aproximar el “mediodía local” en cualquier región del mundo de manera automática, por ejemplo en la zona del Mediterráneo oriental, que también se incluye como referencia a nivel regional en los resultados de este informe. Dicho método se encuentra descrito con mayor detalle en Bedia et al (2015).

Hasta ahora, hemos visto que el FWI se calcula a escala diaria. Sin embargo, en un contexto multidecadal como el que nos ocupa, es necesario realizar algún tipo de agregación del dato que tenga un sentido a escala interanual. En este sentido, y como se indicó anteriormente, hemos utilizado una agregación promedio estacional del FWI, reduciendo las series diarias de cada año a un único valor para su posterior agregación. La estación considerada ha sido la típicamente utilizada en estudios de fuegos en el Mediterráneo, que abarca de Junio a Septiembre (JJAS, ver p.ej. Moriondo et al. 2006; Giannakopoulos et al. 2009; Bedia et al. 2014). En este sentido, cabe señalar que se han probado con anterioridad otros índices derivados del FWI para su agregación, con similares resultados en cuanto a su capacidad de predecir el área quemada total de la estación en un periodo de referencia (Bedia et al. 2015).

3.2 RELACIONES CLIMA-INCENDIOS EN ESPAÑA (1985-2011)

Itziar R. Urbietta, José M. Moreno, Gonzalo Zavala

3.2.1 Introducción

Se han analizado las relaciones clima-fuego para 47 provincias de España Peninsular durante el periodo 1985-2011 para el pico de invierno-primavera (enero-abril) y el pico de verano (junio-septiembre) (Figura 3.2.1). Se han realizado modelos para el número de incendios total ≥ 1 ha, el área quemada (ha) y el número de incendios ≥ 100 ha (estos últimos sólo para el verano) teniendo en cuenta todas las causas de incendio. Para caracterizar las condiciones meteorológicas del invierno- primavera se ha utilizado el FWI (Fire Weather Index) medio (FWIm) de la estación en cada año. Los valores de FWI se tomaron de WFDEI (The Watch Forcing Dataset ERA-Interim). Para explicar los incendios del verano se han testado diferentes índices meteorológicos que reflejan la condiciones durante y previas a la estación de incendios: El FWIm de la estación, el percentil 90 de FWI (FWI90) de la estación, el número de días por encima del FWI90 durante la estación, así como el Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada (SPEI por sus siglas en inglés, Vicente-Serrano et al 2010). Se tomó el SPEI en el mes de mayo acumulado los 3 meses anteriores (SPEI03) (reflejando las condiciones previas de primavera) y los 8 meses anteriores (SPEI08) (teniendo en cuenta el balance de agua desde el otoño hasta el final de la primavera). SPEI negativos indicaron situaciones de sequía antes del verano, mientras que SPEI positivos indicaron periodos sin sequía.

Los modelos de regresión lineal se aplicaron con los datos anuales para el invierno-primavera (sólo en aquellas provincias con fuegos en esa estación) y para el verano (para todas las provincias). Al tratarse de datos de series temporales se calculó la primera diferencia para reducir la autocorrelación en los datos, es decir, se relacionó el cambio (delta) de un año a otro en los incendios (calculando en porcentaje el cambio en el número total de incendios, número de incendios ≥ 100 ha y área quemada) con el cambio (delta) en las condiciones meteorológicas (FWIm, FWI90, días por encima de FWI90, SPEI03 y SPEI08). Se aplicó una regresión por pasos manteniendo los predictores significativos ($p < 0.05$) que añadiesen varianza explicada al modelo, estimando los parámetros por máxima verosimilitud y examinando los residuos. Los modelos para cada provincia se compararon mediante el Criterio de Información de Akaike (AIC, Akaike 1992), tomando como mejor modelo el de menor AIC y mayor varianza explicada (R^2). Se utilizó el paquete 'stats v.3.0.2' del programa R (R Development Core Team 2013).

Por último, se aplicaron los mismos modelos a una escala de agregación mayor, a nivel de regiones, para la estación de verano. Las regiones se definieron siguiendo criterios biogeográficos y administrativos, agrupando los datos de incendios y meteorología de las distintas provincias (Figura 3.2.1).



Figura. 3.2.1 Provincias y regiones de España Peninsular analizadas.

3.2.2 Resultados

3.2.2.1 Relaciones clima-fuego a nivel de provincia

Relaciones clima-fuego en invierno-primavera

El número de incendios y el área quemada total en enero-abril mostraron una relación lineal positiva con el FWI medio de la estación en todas las provincias analizadas (excepto en La Rioja, Burgos y Zamora). Es decir, un aumento en las condiciones medias de FWI se relacionó con mayor actividad del fuego. Para el número de incendios los mejores ajustes se obtuvieron para Asturias, Tarragona y Soria con R^2 mayores de 0,35. Para el área quemada los ajustes fueron peores con R^2 mayores de 0,35 solo en Asturias (Tabla 3.2.1).

Relaciones clima-fuego en verano

En la mayoría de las provincias de España analizadas un aumento en las condiciones medias de FWI (FWIm) se relacionó con un mayor número de incendios totales así como con un aumento en la superficie total quemada. Los modelos del número de grandes incendios (≥ 100 ha) resultaron en un peor ajuste. En ningún caso las condiciones extremas de FWI (FWI90 y los días por encima de FWI90) entraron como predictores ni mejoraron el ajuste con respecto a los modelos con FWIm; sin embargo, en muchas ocasiones estaban positivamente correlacionados con FWIm. Las condiciones de balance de agua en el suelo previas al verano (SPEI03 y SPEI08) explicaron parte de la varianza en los modelos de fuego, aunque de forma residual en algunas provincias como se detalla a continuación.

Tabla 3.2.1 Resultados de los modelos para el número de incendios y área quemada en invierno-primavera.

	Número de incendios	Área quemada
Provincia	R ² FWIm (p)	R ² FWIm (p)
Lugo	0,25 (**)	0,18 (*)
Orense	0,11 (*)	n.s
Asturias	0,40 (***)	0,38 (***)
Cantabria	0,17 (*)	0,11 (*)
La Rioja	n.s	n.s
Tarragona	0,42 (***)	0,20 (*)
León	0,27 (**)	0,24 (**)
Palencia	0,18 (*)	0,20 (*)
Burgos	n.s	n.s
Soria	0,36 (***)	0,21 (*)
Zamora	n.s	n.s

Nota: niveles de significación *(p<0,05) **(p<0,01)

***(p<0,001), ns: no significativo.

El número total de incendios se relacionó de forma positiva con el FWIm en 39 de las 47 provincias estudiadas (Tabla 3.2.2). La varianza explicada por los modelos osciló entre 0,10-0,56 destacando con R² mayores de 0,50 las provincias de Orense, Asturias, Cantabria, Huesca, Gerona, Barcelona, León y Zamora. Las condiciones más húmedas tres meses antes del verano, es decir SPEI03 con signo positivo, mejoraron los modelos del número de incendios incrementando algo la varianza explicada en las provincias de Segovia, Guadalajara, Ciudad Real y Jaén (Tabla 3.2.2). Tan sólo en la provincia de Barcelona el SPEI08 mejoró el modelo con signo negativo indicando que una sequía previa a más largo plazo (desde el otoño hasta la primavera) junto con FWIm altos durante el verano aumentan el número de incendios en la provincia.

Para el número de incendios mayores de 100 ha se obtuvieron relaciones significativas en 24 de las 47 provincias estudiadas (Tabla 3.2.3). La varianza explicada por los modelos osciló entre 0,12-0,56 destacando con R² mayores de 0,50 las provincias de Gerona, Burgos, Zamora y Albacete. El SPEI03 positivo entró como predictor de los grandes incendios en Valladolid. Sin embargo, en varias provincias la sequía a largo plazo (-SPEI08) explicó en parte el número de grandes incendios, concretamente en Asturias, Barcelona, Tarragona,

El área quemada total (ha) se relacionó de forma positiva con el FWIm en 35 de las 47 provincias estudiadas (Tabla 3.2.4). La varianza explicada por los modelos fue algo mayor y osciló entre 0,12-0,62 destacando con R² mayores de 0,50 las provincias de Orense, La Rioja, Lleida, León, Burgos, Zamora, Guadalajara, Cuenca y Albacete. Las relaciones entre el área quemada y el FWIm para estas provincias se muestran en la Figura

3.2.2. El índice de sequía SPEI no contribuyó a mejorar los modelos del área quemada, tan sólo de forma residual (-SPEI08) en Granada.

Tabla 3.2.2 Resultados de los modelos para el número de incendios en verano.

MODELOS DEL PICO DE VERANO (JUNIO-SEPTIEMBRE, 1985-2011)

Número de incendios					
Provincia	FWIm	Mejor modelo	R² FWI	R² + SPEI03	R² - SPEI08
A Coruña	21.0	FWI**	0,23		
Lugo	20,7	FWI**	0,32		
Pontevedra	22.0	FWI*	0,18		
Orense	23,6	FWI***	0,53		
Asturias	17,6	FWI***	0,50		
Cantabria	16,7	FWI***	0,54		
Vizcaya	16,6	FWI***	0,47		
Guipúzcoa	14,4	FWI***	0,35		
Álava	21,8	FWI***	0,43		
La Rioja	25,3	FWI***	0,44		
Navarra	21,2	n.s	0		
Zaragoza	33,8	FWI***	0,45		
Huesca	26,6	FWI***	0,54		
Lleida	27,7	FWI***	0,38		
Teruel	31,3	FWI**	0,24		
Girona	21,4	FWI***	0,56		
Barcelona	21,7	FWI*** - SPEI08**	0,53		0,12
Tarragona	28,5	FWI**	0,24		
Castellón	28.0	FWI**	0,24		
Valencia	34,3	FWI**	0,33		
Alicante	37,7	FWI**	0,34		
Murcia	40,8	n.s	0		

León	27,6	FWI***	0,55		
Palencia	29,7	FWI**	0,34		
Burgos	27,0	FWI***	0,39		
Soria	33,2	FWI**	0,30		
Zamora	36,7	FWI***	0,51		
Valladolid	39,0	FWI*	0,11		
Segovia	37,6	FWI** + SPEI03*	0,24	0,11	
Salamanca	37,8	FWI**	0,26		
Ávila	39,07	FWI**	0,24		
Madrid	45,5	FWI**	0,23		
Guadalajara	39,0	FWI*** + SPEI03*	0,48	0,04	
Cuenca	43,9	FWI***	0,40		
Albacete	39,6	FWI**	0,24		
Toledo	46,4	n.s	0		
Ciudad Real	46,2	FWI** + SPEI03***	0,12	0,30	
Cáceres	42,0	FWI*	0,14		
Badajoz	44,2	n.s	0		
Huelva	41,0	FWI**	0,23		
Sevilla	43,7	n.s	0		
Córdoba	45,7	FWI*	0,13		
Jaén	45,5	FWI* + SPEI03*	0,10	0,12	
Cádiz	38,6	n.s	0		
Málaga	38,3	n.s	0		
Granada	42,4	n.s	0		
Almería	44,2	FWI*	0,15		

Nota: niveles de significación *(p<0,05) **(p<0,01) ***(p<0,001), ns: no significativo.

FWIm: Fire Weather Index medio del periodo, SPEI03/SPEI08: SPEI de Mayo para 3-meses/8-meses.

Tabla 3.2.3. Resultados de los modelos para el número de grandes incendios (≥ 100 ha) en verano.

MODELOS DEL PICO DE VERANO (JUNIO-SEPTIEMBRE, 1985-2011)

Número de incendios ≥ 100 ha					
Provincia	FWIm	Mejor modelo	R ² FWI	R ² + SPEI03	R ² - SPEI08
A Coruña	21.0	FWI**	0,31		
Lugo	20,7	FWI*	0,20		
Pontevedra	22.0	FWI*	0,20		
Orense	23,6	FWI***	0,37		
Asturias	17,6	FWI*** - SPEI08**	0,22		0.20
Cantabria	16,7	n.s	0		
Vizcaya	16,6	n.s	0		
Guipúzcoa	14,4	n.s	0		
Álava	21,8	n.s	0		
La Rioja	25,3	n.s	0		
Navarra	21,2	n.s	0		
Zaragoza	33,8	FWI**	0,25		
Huesca	26,6	FWI*	0,16		
Lleida	27,7	FWI***	0,41		
Teruel	31,3	FWI**	0,21		
Girona	21,4	FWI***	0,49		
Barcelona	21,7	FWI** - SPEI08**	0,22		0,22
Tarragona	28,5	FWI** - SPEI08*	0,27		0,08
Castellón	28.0	FWI**	0,23		
Valencia	34,3	n.s	0		
Alicante	37,7	n.s	0		
Murcia	40,8	n.s	0		
León	27,6	FWI***	0,46		

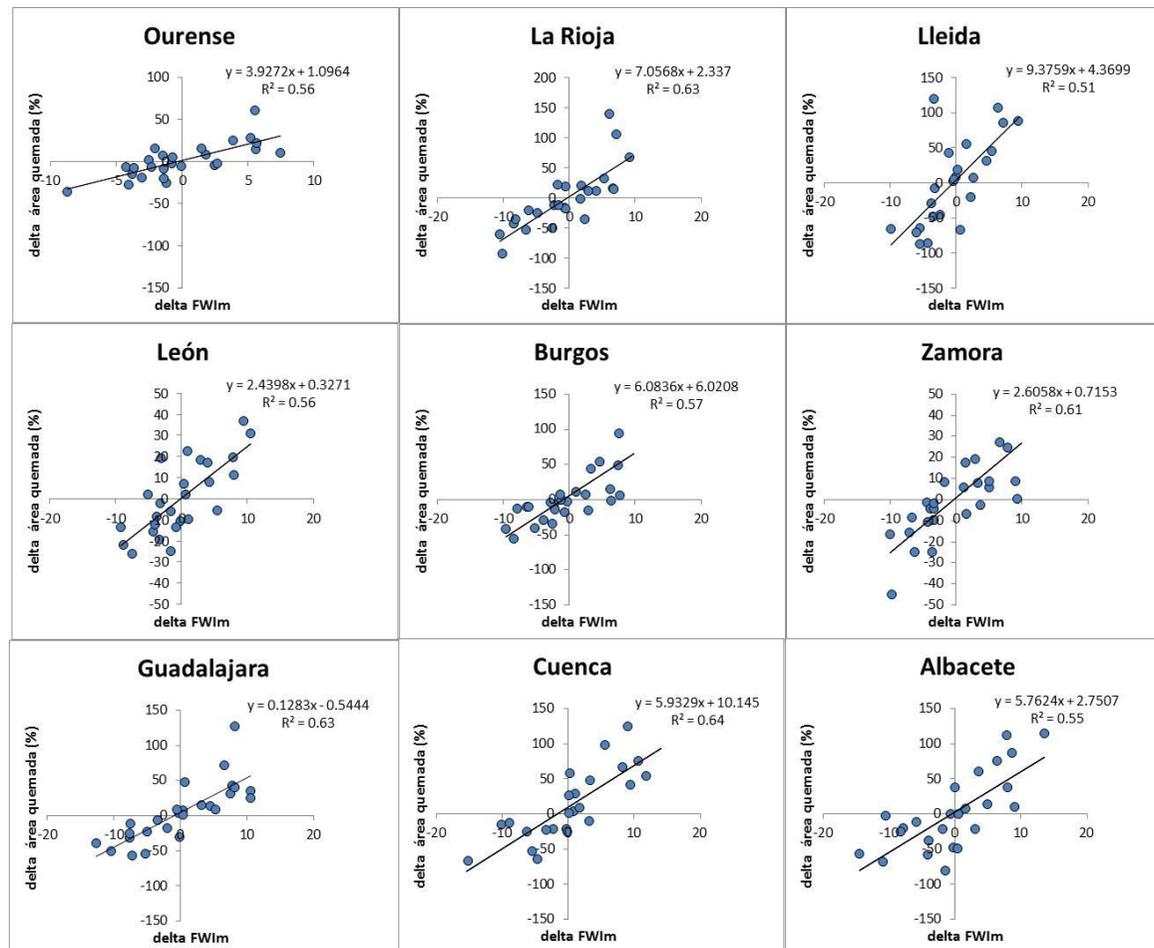
Palencia	29,7	n.s	0		
Burgos	27.0	FWI***	0,51		
Soria	33,2	FWI***	0,38		
Zamora	36,7	FWI***	0,56		
Valladolid	39.0	FWI* + SPEI03*	0,12	0,14	
Segovia	37,6	n.s	0		
Salamanca	37,8	n.s	0		
Ávila	39,07	n.s	0		
Madrid	45,5	FWI*	0,15		
Guadalajara	39.0	FWI***	0,42		
Cuenca	43,9	FWI**	0,34		
Albacete	39,6	FWI***	0,56		
Toledo	46,4	n.s	0		
Ciudad Real	46,2	n.s	0		
Cáceres	42.0	FWI*	0,17		
Badajoz	44,2	n.s	0		
Huelva	41.0	n.s	0		
Sevilla	43,7	n.s	0		
Córdoba	45,7	n.s	0		
Jaén	45,5	n.s	0		
Cádiz	38,6	n.s	0		
Málaga	38,3	n.s	0		
Granada	42,4	n.s	0		
Almería	44,2	FWI*	0,19		

Tabla 3.2.4 Resultados de los modelos para el área quemada (ha) en verano.

**MODELOS DEL PICO DE VERANO (JUNIO-SEPTIEMBRE,
1985-2011)**

Área quemada				
Provincia	FWIm	Mejor modelo	R² FWI	R² - SPEI08
A Coruña	21,0	FWI**	0,26	
Lugo	20,7	FWI**	0,32	
Pontevedra	22,0	FWI*	0,17	
Orense	23,6	FWI****	0,54	
Asturias	17,6	FWI****	0,47	
Cantabria	16,7	FWI****	0,45	
Vizcaya	16,6	n.s	0	
Guipúzcoa	14,4	n.s	0	
Álava	21,8	FWI****	0,39	
La Rioja	25,3	FWI****	0,62	
Navarra	21,2	FWI*	0,13	
Zaragoza	33,8	FWI****	0,35	
Huesca	26,6	FWI**	0,22	
Lleida	27,7	FWI****	0,49	
Teruel	31,3	FWI*	0,21	
Girona	21,4	FWI****	0,48	
Barcelona	21,7	FWI**	0,30	
Tarragona	28,5	FWI*	0,18	
Castellón	28,0	FWI*	0,12	
Valencia	34,3	FWI*	0,16	
Alicante	37,7	FWI*	0,15	
Murcia	40,8	n.s	0	
León	27,6	FWI****	0,54	
Palencia	29,7	FWI**	0,28	

Burgos	27.0	FWI***	0,56	
Soria	33,2	FWI***	0,38	
Zamora	36,7	FWI***	0,60	
Valladolid	39.0	FWI**	0,34	
Segovia	37,6	n.s	0	
Salamanca	37,8	FWI*	0,12	
Ávila	39,07	FWI**	0,34	
Madrid	45,5	n.s	0	
Guadalajara	39.0	FWI***	0,62	
Cuenca	43,9	FWI***	0,62	
Albacete	39,6	FWI***	0,53	
Toledo	46,4	FWI**	0,23	
Ciudad Real	46,2	FWI**	0,26	
Cáceres	42.0	FWI**	0,31	
Badajoz	44,2	n.s	0	
Huelva	41.0	n.s	0	
Sevilla	43,7	n.s	0	
Córdoba	45,7	n.s	0	
Jaén	45,5	n.s	0	
Cádiz	38,6	n.s	0	
Málaga	38,3	n.s	0	
Granada	42,4	FWI* -SPEI08*	0,21	0,07
Almería	44,2	FWI*	0,17	



Figura

3.2.2. Observaciones y ajuste de modelos lineales entre el área quemada (ha) y el FWIm para distintas provincias españolas.

3.2.2.2 Relaciones clima-fuego a nivel regional

Al agregar los datos provinciales a nivel de región se obtuvieron modelos más robustos para las tres variables del régimen de incendios analizadas en el pico de verano (junio-septiembre): el número de incendios, número de incendios mayores de 100ha y el área quemada (Tabla 3.2.5). De nuevo el FWIm fue el mejor predictor y sólo en algunos casos el +SPEI03 y -SPEI08 explicaron parte de la varianza, aunque de forma muy residual.

La varianza explicada por los mejores modelos osciló entre 0,20-0,67 para el número de incendios, 0,11-0,60 para los grandes incendios y 0,28-0,74 para el área quemada. Los peores ajustes se obtuvieron en la región Sur (Andalucía), mientras que en otras regiones los modelos mostraron ajustes muy buenos, con R² mayores de 0,60 destacando: las regiones Norte y Noreste para el número de incendios, la región Noreste para el número de grandes incendios, las regiones Noreste, Centro norte y Centro sur para el área quemada. En la Figura 3.2.3 se muestran los gráficos con las observaciones y los modelos ajustados para el área quemada para las distintas regiones.

Tabla 3.2.5. Resultados de los modelos para el número de incendios, número de grandes incendios y el área quemada (ha) en verano para las distintas regiones españolas.

MODELOS DEL PICO DE VERANO (JUNIO-SEPTIEMBRE, 1985-2011)							
Regiones	Número de incendios		Número de incendios ≥ 100ha		Área quemada		
	FWIm	Mejor modelo	R ² (p)	Mejor modelo	R ² (p)	Mejor modelo	R ² (p)
	Norte (N)	17,0	FWI** - SPEI08**	0,67 (***)	FWI**	0,25 (**)	FWI***
Noroeste (NO)	21,7	FWI***	0,44 (***)	FWI**	0,34 (**)	FWI***	0,46 (***)
Noreste (NE)	27,7	FWI***	0,76 (***)	FWI***	0,60 (***)	FWI*** - SPEI08*	0,75 (***)
Este (E)	31,5	FWI***	0,53 (***)	FWI** - SPEI08*	0,47 (***)	FWI**	0,28 (**)
Centro norte (CN)	33,0	FWI***	0,56 (***)	FWI***	0,55 (***)	FWI***	0,67 (***)
Centro sur (CS)	43,4	FWI***+ SPEI03*	0,43 (***)	FWI***	0,55 (***)	FWI***	0,74 (***)
Sur (S)	42,8	FWI*	0,20 (*)	FWI*	0,11 (*)	n.s.	

Nota: niveles de significación *(p<0.05) **(p<0.01) ***(p<0.001),

ns: no significativo.

FWIm: Fire Weather Index medio, SPEI03/SPEI08: SPEI de Mayo para 3-meses/8-meses

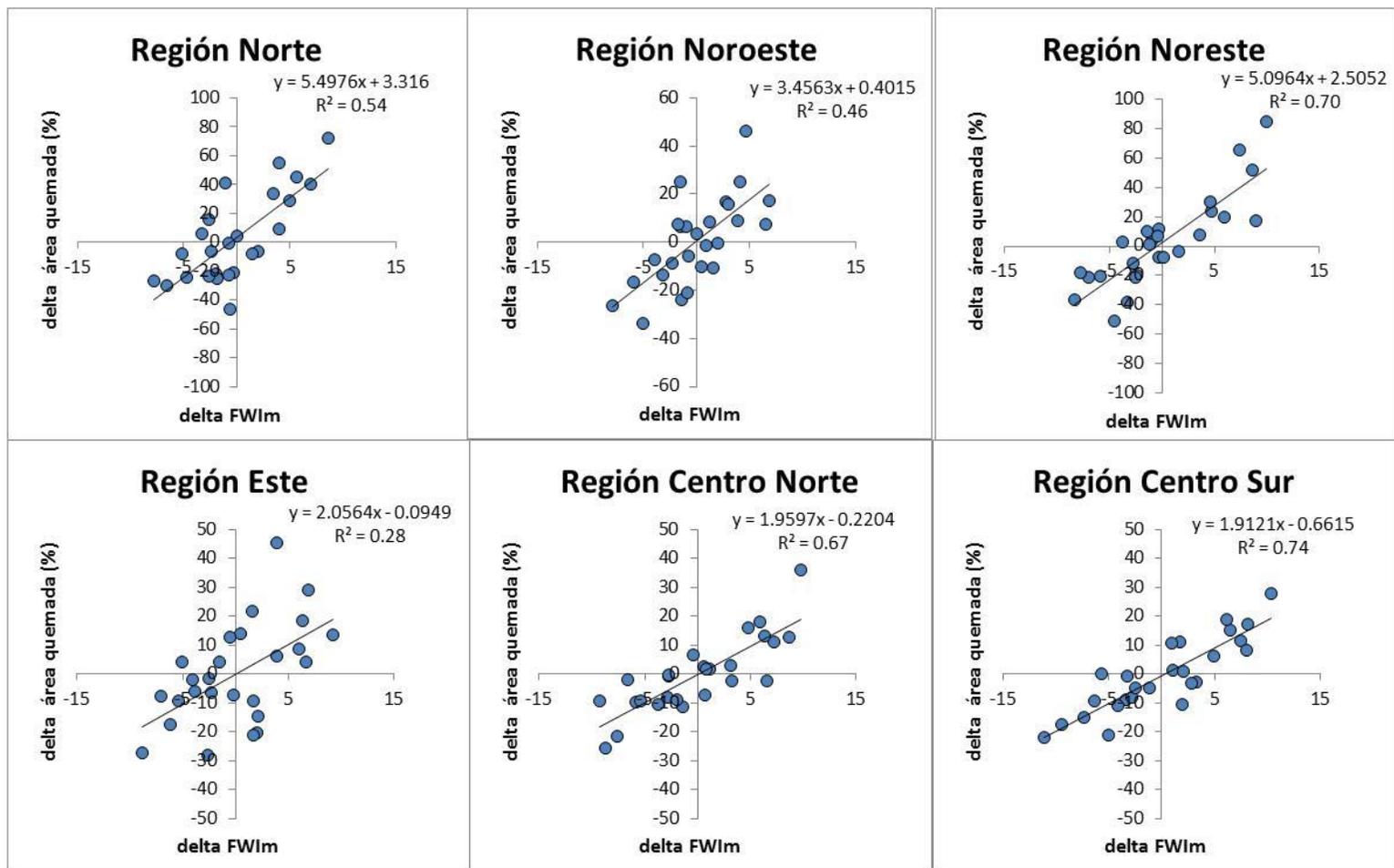


Figura 3.2.3. Observaciones y ajuste de modelos lineales entre el área quemada (ha) y el FWIm para las regiones españolas.

3.2.3 Discusión

A las dos escalas de análisis, tanto a nivel de provincia como de región, las tres variables del régimen de incendios analizadas, el número de incendios, número de incendios mayores de 100 ha y el área quemada total estuvieron relacionadas con el FWI medio de la estación. Las condiciones del balance de agua en el suelo de los meses previos al verano pueden ser determinantes para la posterior ocurrencia de incendios (Gudmundsson et al. 2014, Marcos et al. 2015); sin embargo en nuestro estudio las condiciones precedentes al verano no fueron tan determinantes.

Los modelos mostraron que años con valores de FWI medios más altos fueron años con mayor número de incendios totales, así como con mayor superficie quemada. Los modelos que relacionaban FWIm con los grandes incendios resultaron ser menos robustos. Se obtuvieron R^2 más altas, es decir, relaciones más estrechas y con mayor poder predictivo, en el pico del verano que en el de primavera. Los modelos fueron más robustos a escala de región, probablemente por el efecto de la agregación de los datos, explicando más de un 60% de la varianza en las regiones Norte, Noreste, Centro norte y Centro sur. Otros predictores testados en los modelos múltiples, como las condiciones extremas de FWI (percentil 90 de FWI y el número de días por encima de FWI90) no resultaron ser significativos, si bien en muchas ocasiones estaban positivamente correlacionados con FWIm; es decir, años con condiciones medias más altas también fueron años con condiciones más extremas. Las condiciones climáticas previas al verano a corto (3 meses, SPEI03) y medio plazo (8 meses, SPEI08) mejoraron algunos modelos puntualmente para ciertas provincias y regiones sin seguir ningún patrón concreto.

3.2.4 Conclusiones

El FWI medio de la estación de incendios puede considerarse un buen predictor de la ocurrencia de incendios en España, particularmente del número de incendios y del área quemada total. Las condiciones de sequía/lluvia previas al verano pueden ser importantes puntualmente en algunos territorios. Estas relaciones son importantes de cara a las proyecciones del peligro de incendio en el futuro bajo diferentes escenarios que se presentan en la siguiente sección, ya que utilizan como indicador climático el FWI. La incidencia de incendios podrá aumentar de manera importante asumiendo que las relaciones entre clima, incendios y otros factores se mantienen en el futuro.

3.3 PELIGRO DE INCENDIO FUTURO EN ESPAÑA

José Manuel Gutiérrez y Joaquín Bedia

3.3.1 Escenarios de cambio climático

En esta sección se analiza el peligro futuro de incendio en España para el siglo XXI mediante el análisis de la proyección del índice FWI basado en modelos de clima futuro. La fuente de información primaria en los estudios de cambio climático se basa en las simulaciones de los modelos climáticos globales (GCMs, acrónimo del inglés). Dichos modelos simulan la dinámica global de las diferentes componentes del sistema climático (la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y la criosfera) así como sus interacciones, considerando para ello diferentes forzamientos o escenarios de emisión (Räisänen 2007), tanto observados históricamente, como bajo diferentes escenarios futuros fundamentados en diversas hipótesis sobre la evolución futura. Los GCMs se basan en la resolución de sistemas de ecuaciones que representan las leyes físicas que gobiernan los flujos de materia y energía en la atmósfera (conservación de la masa, la energía y el momento). Estas ecuaciones se resuelven en mallas discretas que dividen la atmósfera vertical y horizontalmente en celdas de resolución variable. En los últimos años, se ha producido un notable aumento de la resolución vertical y horizontal de esta malla, debido a los avances en la capacidad de cómputo de los ordenadores de última generación. En los experimentos más recientes, que han dado lugar a las proyecciones con las que se ha elaborado el IPCC AR5 (5th Assessment Report of the Intergovernmental Panel for Climate Change), se han incorporado simulaciones de diversos ciclos biogeoquímicos importantes dentro del sistema climático, particularmente la modelización de los flujos de carbono entre las diferentes componentes del sistema, que “cierran” el ciclo del carbono de los modelos (Taylor et al. 2011). Estos GCMs de última generación, se conocen más específicamente como modelos del sistema terrestre (o Earth System Models, ESMs), y son los que se utilizan en el presente informe (Tabla 3.3.1).

Los escenarios de cambio climático previamente existentes (CMIP3, fase 3), que datan en torno al año 2000, incluyen 24 modelos procedentes de 17 centros de modelización diferentes repartidos en 12 países (Meehl et al. 2007). No obstante, la nueva generación de ESMs reemplaza ahora esta base de datos con información actualizada, referente a la evolución de la economía en los últimos lustros, las tecnologías emergentes y las nuevas observaciones de factores ambientales tales como los usos y cobertura del suelo (Moss et al. 2010). Toda esta información se encuentra recogida y sintetizada en los llamados RCPs (Representative Concentration Pathways), descritos en la Tabla 3.3.2. En particular, en este informe se consideran los RCPs 4.5 y 8.5, que abarcan un rango amplio de la incertidumbre asociada a la evolución futura del forzamiento radiativo. La elección de estos RCPs se debe además a limitaciones en la disponibilidad de datos la base de datos de CMIP5 en el momento de realizar la descarga de los datos, habiendo pocos datos disponibles para el cálculo del FWI basado en el RCP 2.6.

3.3.2 Clima observado

Las observaciones de referencia usadas en esta sección corresponden a una rejilla de observaciones de amplia utilización en estudios de impacto conocida como WFDEI (The Watch Forcing Dataset ERA-Interim), generada en el marco del proyecto Europeo WATCH (2007-2011, www.eu-watch.org). Este dataset se ha generado utilizando una metodología similar a la utilizada por su antecesor (WFD, Watch Forcing Dataset, Weedon et al 2011, basado en el reanálisis ERA40), pero basándose en los datos del reanálisis ERA-Interim (Dee et al. 2011), más reciente y de mayor resolución espacial (Weedon et al. 2014). En este sentido, cabe destacar la mayor idoneidad de ERA-Interim con respecto de su antecesor ERA-40 (en el que se basa WFD), para la caracterización del FWI en España, como se pone de manifiesto en Bedia et al. 2012. Una comparativa de ambos (WFD y WFDEI) en términos de FWI se presenta como material suplementario en Bedia et al. 2014

Tabla 3.3.1. ESMs (Earth System Models) utilizados para general el conjunto de proyecciones multi-modelo presentado en esta sección. El número de miembros de dicho conjunto ($n = 5$), se ve limitado debido a la disponibilidad de las variables en superficie necesarias para el cálculo de FWI con la resolución sub-diaria requerida en el momento de realizar el análisis, así como a la disponibilidad de simulaciones para los dos escenarios futuros (RCPs 4.5 y 8.5), que permitieran analizar el rango de variabilidad de las proyecciones asociado a este factor.

Nombre del ESM	Referencia	Centro de modelización	Resolución horizontal (grados decimales)
ACCESS-1.0	Bi et al. 2012	Bureau of Meteorology and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	1.875×1.25
GFDL-ESM2G	Dunne et al. 2010	NOAA Geophysical Fluid, Dynamics Laboratory	1.5×2
IPSL-CM5A-MR	Dufresne et al. 2013	Institut Pierre-Simon Laplace	1.5×1.27

MIROC-ESM	Watanabe et al. 2011	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies	2.8 × 2.8
MRI-CGCM3	Yukimoto et al. 2011	Meteorological Research Institute	1.125 × 1.125

Tabla 3.3.2. Descripción de los diferentes escenarios de forzamiento radiativo (RCPs). Se resaltan en gris los RCPs considerados en este informe.

Nombre	Descripción
RCP 8.5	Vía ascendente del forzamiento radiativo, dando lugar a un valor de 8.5 W/m ² en 2100
RCP 6	Vía de estabilización sin rebasar los 6 W/m ² de forzamiento radiativo después de 2100
RCP 4.5	Vía de estabilización sin rebasar los 4.5 W/m ² de forzamiento radiativo después de 2100
RCP 2.6	Pico de forzamiento radiativo a 3 W/m ² antes de 2100, y posterior decaimiento

La base de datos WFDEI consta de 8 variables meteorológicas con una resolución 3-horaria, para toda la superficie terrestre del globo (a excepción de la Antártida) abarcando el periodo 1979-2012. Gracias a la disponibilidad de variables no siempre disponibles para dominios extensos (p. ej. humedad del aire en superficie) y su alta resolución temporal, este dataset reúne las condiciones para poder ser utilizado para el cálculo del FWI, tanto por la disponibilidad de las variables de entrada para su cómputo, como para la estimación del “mediodía local” mediante el cálculo de la radiación solar global incidente (ver Sección sobre el FWI).

3.3.3 Método de cálculo de las proyecciones futuras

Es ampliamente conocido que las salidas de los GCMs no pueden ser directamente utilizadas en el ámbito de estudios de impacto en la mayor parte de ocasiones, debido a los sesgos que éstas presentan. Éstos proceden, entre otras causas, de las diferentes físicas y parametrizaciones que intervienen en la resolución de estos modelos. Por ello, se suele recurrir a diversas técnicas de calibración, o corrección del sesgo, que requieren la disponibilidad de series históricas observadas y simulaciones de control para el mismo

periodo, que permitan realizar este proceso local/regionalmente y para una variable(s) de interés (ver p.ej Maraun et al. 2010).

Alternativamente, se suele aplicar también el conocido como método delta (ver p.ej.: Winkler et al. 1997; Zahn and von Storch 2010), que permite extraer la señal de cambio climático del modelo aliviando en gran medida los problemas inherentes a los sesgos del mismo (Räisänen 2007). Ello se consigue mediante el cálculo de la diferencia entre los valores del GCM para una variable de interés en un periodo futuro (p. ej. 2081-2100), y los valores para un periodo histórico de referencia (p. ej. 1981-2010) resultantes de la simulación de control del mismo GCM. Este cálculo de la anomalía (o delta, y de ahí la denominación del método) se realiza para cada punto de rejilla del modelo, de modo que se obtiene una señal de cambio, que puede ser después sumada a los valores de referencia actuales, de acuerdo con las observaciones disponibles, en cada punto de la rejilla, obteniéndose la climatología del periodo futuro. Debido a que tanto los valores del periodo de referencia como los de la proyección futura corresponden al mismo GCM, los posibles sesgos quedan cancelados. Sin embargo, por su propia definición, el método delta sólo puede ser aplicado sobre periodos temporales extendidos (varias décadas) sobre los que calcular las climatologías. Este método ya se ha aplicado previamente para el cálculo de proyecciones futuras con FWI (ver p.ej. Bedia et al 2014,2015).

3.3.4 Análisis de la incertidumbre

Las proyecciones resultantes considerando un único GCM no son suficientes, sin embargo, para dar una idea plausible de los impactos que pudieran derivarse. Es necesario recurrir a conjuntos multimodel (o ensembles) que permitan evaluar las incertidumbres asociadas a las proyecciones (ver p. ej. Collins et al. 2006). Esto conlleva la selección de un conjunto (ensemble) de modelos, que a menudo difieren en su representación de los diferentes procesos, y evaluar sus salidas para un rango de escenarios futuros. En este estudio, por lo tanto, se combinan los resultados de un conjunto de cinco GCMs diferentes (Tabla 3.3.1) y dos escenarios futuros (Tabla 3.3.2), para poder abarcar un rango de incertidumbre adecuado.

En este informe, hemos analizado tanto la magnitud de las anomalías del FWI respecto de la climatología observada, como el grado de acuerdo en el mismo por los diferentes GCMs considerados. Con el fin de evitar una representación espacial engañosa de las anomalías en áreas con una señal débil (es decir, próxima a cero tanto por la derecha como por la izquierda, ver p. ej.: Tebaldi et al. 2011), se han discretizado las anomalías en intervalos, estando el intervalo central centrado en cero. El acuerdo entre miembros del multimodelo se ha cuantificado como la proporción de miembros que caen dentro del mismo intervalo de anomalía con respecto del total.

Finalmente, se indica que de las resoluciones espaciales diversas de las diferentes fuentes de datos utilizadas (observaciones WFDEI y diferentes GCMs de la Tabla 3.3.1), todos los datos se han interpolado a una rejilla común de carácter regular con una resolución intermedia de 1.5°.

3.3.5 Resultados

3.3.4.1 Climatología del FWI de referencia y simulación histórica

La climatología observada del FWI (1981-2010), tal y como queda representada por el dataset de referencia WFDEI, muestra las áreas mediterráneas caracterizadas por

un mayor peligro de incendios, y que en este caso, excluyendo el norte de África, se producen tanto en Turquía y Grecia en el Mediterráneo Oriental, como muy notablemente en el centro y sur de la Península Ibérica, en el Mediterráneo Occidental. Para estas zonas, el valor medio del FWI durante la estación de incendios (JJAS) alcanza valores en el entorno de 40-50, e incluso puntualmente mayores (Figura 3.3.1a).

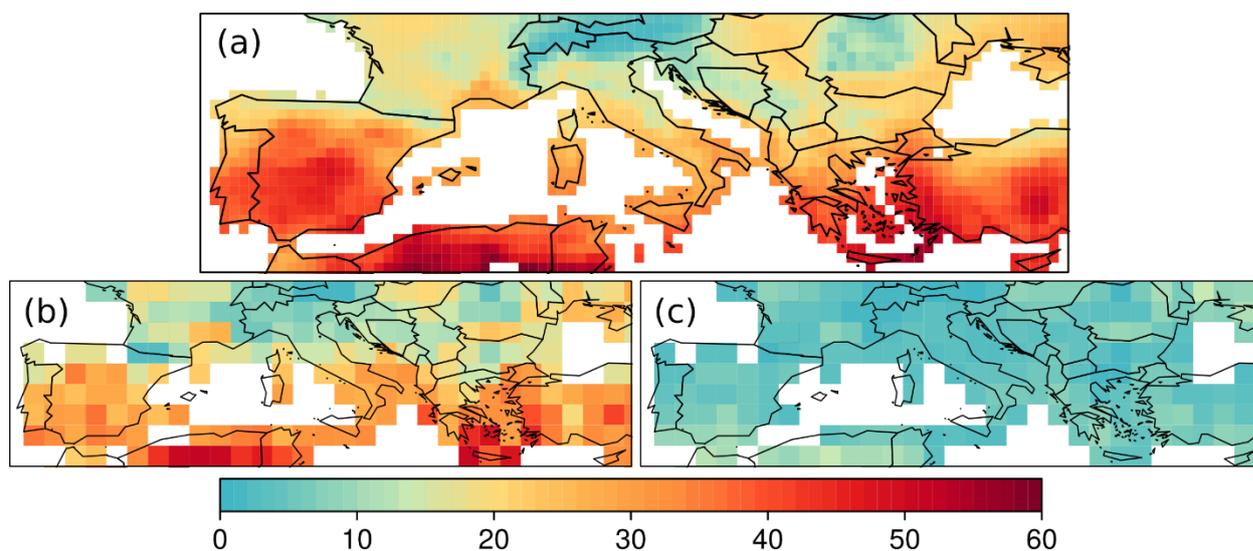


Figura 3.3.1. Valor climatológico medio del FWI para la estación de incendios en la región EU-Mediterránea para el periodo de referencia 1981-2000, de acuerdo con (a) la rejilla de observaciones WFDEI (resolución original, 0.5°) y (b) simulación histórica del multimodelo de GCMs (Tabla 3.3.1) utilizado para las proyecciones, para el mismo periodo. En (c) se representa la dispersión de las proyecciones del multimodelo (desviación típica).

El escenario histórico del multimodelo de GCMs describe un patrón similar al de las observaciones, salvando las diferencias de resolución espacial (nótese que la Figura 3.3.1a preserva la resolución original del dataset WFDEI, mientras que la Figura 3.3.1b se encuentra representada sobre la rejilla regular de referencia a 1.5°, es decir aprox 150 Km de resolución). Estas diferencias de resolución acentúan el efecto de la máscara de tierra, ya que existen numerosos puntos de tierra que son considerados como mar por los modelos. Además, el multimodelo muestra un claro sesgo negativo en los valores medios del FWI para la estación, lo cual es lógico dada su resolución espacial mucho más grosera. Sin embargo, y como ya se ha apuntado, el patrón geográfico general de la climatología simulada coincide con el observado. Además, la dispersión del multimodelo, que mide el grado de disparidad que diferentes modelos pueden tener en la representación del FWI, se mantiene bajo. Éste queda representado por la desviación típica de la media multimodelo, en la Figura 3.3.1c.

Por lo tanto, el multimodelo seleccionado demuestra ser potencialmente útil para analizar las proyecciones futuras del FWI, dada su aceptable capacidad de representar las observaciones para el periodo histórico de referencia. Un análisis más detallado del comportamiento de un multimodelo similar se presenta, a escala global, en Bedia et al 2015 (nótese que estos autores realizan una evaluación de estos 5 ESMs más otros dos para los que existen simulaciones históricas, aunque no proyecciones futuras, analizando además

la habilidad del multimodelo para simular cada una de las 4 variables de entrada del FWI, además del propio FWI).

3.3.4.2 Proyecciones futuras

Los resultados obtenidos se presentan para dos periodos futuros (uno cercano, 2026-2046 y otro para finales de siglo 2081-2100), así como para los dos RCPs anteriormente indicados (moderado, RCP 4.5 y extremo, RCP 8.5, Tabla 3.3.2).

En todos los casos (en ambos periodos y escenarios), las proyecciones del multimodelo apuntan a un incremento del FWI medio en España y la Península Ibérica, en consonancia con lo proyectado para toda la cuenca Mediterránea sin excepciones (Figura 3.3.2). El escenario más moderado (RCP 4.5) anticipa anomalías importantes en la Península Ibérica (en el rango 2.5-7.5) tanto para el futuro más cercano (2026-2046) como para el último periodo del S XXI (nótese que este escenario habla de una estabilización del forzamiento radiativo para finales del S XXI). Además, el nivel de acuerdo entre los diferentes GCMs que componen el ensemble, particularmente para el centro-sur de España en este primer periodo y escenario, otorgan un elevado nivel de certidumbre a las proyecciones. La misma tónica general tiene lugar en todo el arco Mediterráneo, y únicamente las regiones montañosas (Pirineos, y más notablemente los Alpes), presentan una anomalía nula (es decir, las proyecciones se mueven en el entorno de 0).

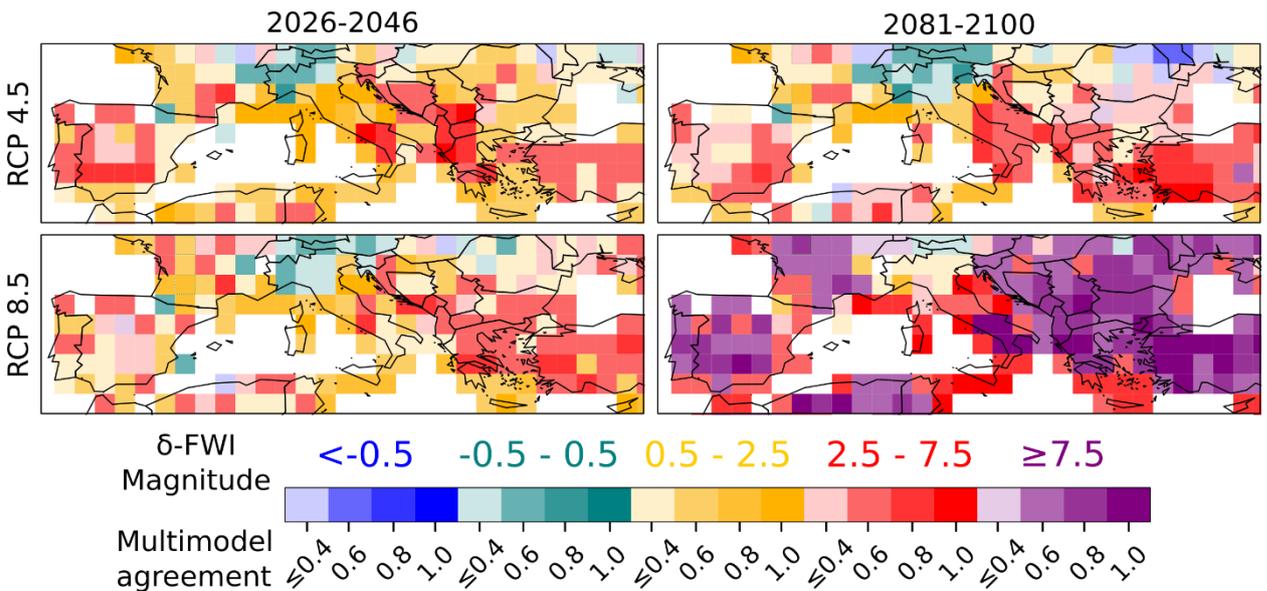


Figura 3.3.2. Anomalías de FWI proyectadas (δ -FWI) por el multimodelo (Tabla 3.3.1) para la estación de fuegos actual (JJAS) en el Mediterráneo, considerando dos periodos futuros (cercano, 2026-2046) y lejano (2081-2100), y dos escenarios de forzamiento radiativo (moderado, RCP 4.5) y extremo (RCP 8.5). La magnitud (y signo) de las anomalías queda representada por los tonos de color (divididas en 5 intervalos), mientras que el nivel de transparencia indica el nivel de acuerdo entre modelos, expresado como la fracción del número total de modelos cuya anomalía proyectada coincide en el mismo intervalo.

En el caso del escenario más extremo (RCP 8.5), los resultados para el primer periodo son similares en cuanto a la magnitud de las anomalías proyectadas, aunque es notable el poco nivel de acuerdo entre los miembros del ensemble, por lo que en este caso existe una incertidumbre mayor, si bien no en cuanto al signo positivo de las anomalías,

sí en cuanto a su magnitud. Cuando se considera el RCP 8.5 para el último periodo del S XXI, los resultados adquieren un acuerdo entre modelos casi unánime en la mayor parte del área de estudio, y en particular en la Península Ibérica, con fuertes anomalías positivas (por encima de 7.5), que indican un dramático aumento de las condiciones de peligro de incendios. Estos incrementos son mucho más tibios únicamente en la región Alpina, donde la discrepancia entre modelos es grande, siendo la zona de mayor incertidumbre en este sentido. Con respecto a estas proyecciones del RCP 8.5 para el último periodo, se hacen una serie de observaciones en el siguiente apartado de discusión que conviene tener en cuenta, y que sugieren cautela en la valoración de estos resultados.

Cabe destacar que anomalías en principio pequeñas en diversas zonas del Mediterráneo, y en particular en España, podrían tener efectos locales grandes, teniendo en cuenta que la resolución grosera de los GCMs no permite analizar los efectos a escala local, que pudieran en ocasiones verse multiplicados. Por otra parte, un aumento relativamente pequeño de las condiciones medias de peligro de incendios podría redundar en un incremento proporcionalmente mucho mayor de los impactos de los incendios en estas áreas, como resultado de una mayor frecuencia de los incendios o de eventos extremos, como resultado de los cambios en la función de densidad de probabilidad asociadas a las proyecciones (ver p.ej. Bedia et al. 2015 para el caso particular de proyecciones de FWI).

3.3.6 Discusión

Hay que tener en cuenta que la extrapolación de estas proyecciones al último periodo del siglo ha de ser hecha con especial cautela. Como hemos visto, estamos calculando proyecciones para la estación de fuegos aproximada en el Mediterráneo (JJAS), la cual se corresponde con las condiciones actualmente observadas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que uno de los efectos anticipados del cambio climático es la alteración de la estacionalidad. En particular, se ha demostrado que la estación de fuegos cambiará, y ha cambiado ya, debido a los cambios que están operando en las últimas décadas en el clima global (Jolly et al. 2015), y por lo tanto es esperable que la estación de incendios se desplace en el futuro, y no coincida con la actual. Mientras que la extrapolación al primer periodo (2096-2041) parece plausible, dado que no se encuentra demasiado alejada en el tiempo, cabe suponer que la estación de incendios haya sufrido un importante desplazamiento en el último periodo de siglo (2081-2100) al ritmo actual de cambio, y por lo tanto estos resultados deben ser considerados con mayor cautela.

Del mismo modo, y habida cuenta de la importante interacción entre el clima y la vegetación que determina la actividad de los incendios (ver p.ej. Archibald et al. 2009; Krawchuk y Moritz 2010), cabe esperar una alteración de la cobertura vegetal en el área mediterránea debido al cambio climático. Las proyecciones presentadas, que apuntan a un mayor peligro de incendios en España y en general en toda la cuenca Mediterránea, se encuentran en línea con un creciente número de estudios que apuntan a la transición de las áreas mediterráneas de su régimen de incendios actual, en el que son las sequías las que determinan la actividad de los incendios, a un tipo de régimen característico de zonas áridas, donde la escasez de vegetación (combustibles), limita en gran medida esta actividad (ver p. ej. Pausas y Fernández-Muñoz 2012; Batllori et al. 2013). Ello se debe a que el incremento de la aridez que experimentan las zonas mediterráneas del mundo como consecuencia del cambio climático, sobra cada vez mayor protagonismo, limitando la producción primaria y por lo tanto produciendo una limitación en la disponibilidad de combustibles. De continuar esta tendencia, es probable que el gran aumento del FWI

proyectada para finales del S XXI (particularmente para el RCP 8.5), no esté aparejado de un incremento de la actividad de incendios “lineal”, sino que efectos de retroalimentación clima-combustibles reduzcan la actividad global de los mismos, o como se ha indicado anteriormente, produzcan un desplazamiento de la estación de incendios.

Es reseñable el hecho de que estos resultados están de acuerdo con los estudios previos realizados en la región Mediterránea (Bedia et al. 2013,2014) y España (Bedia et al. 2013), salvando las distancias en cuanto a resolución espacial, en lo referido tanto a la magnitud como al signo de las anomalías de FWI proyectadas, habiendo sido los estudios anteriormente señalados realizados con un set independiente de GCMs (y sus correspondiente modelos regionales anidados), pertenecientes al tercer experimento de intercomparación de modelos (CMIP3, Meehl et al. 2007), es decir, a la generación anterior de GCMs anteriores al desarrollo de los nuevos ESMs considerados en este estudio (ver Sección Escenarios de cambio climático). Este hecho pone de manifiesto la consistencia de la información actualmente disponible sobre el peligro futuro de incendios en España y el Mediterráneo, que se ve ratificada con el empleo de los modelos de última generación.

3.3.7 Conclusiones

Se ha investigado el peligro futuro de incendios en la Península Ibérica teniendo en cuenta un contexto más amplio, como es el de la región Euro-Mediterránea en su conjunto. Para ello, se ha considerado un multimodelo de 5 GCMs de última generación (conocidos como ESMs) correspondientes a la quinta fase del proyecto de intercomparación de modelos acoplados (CMIP5, Moss et al. 2010). En particular, se ha utilizado como indicador climático del peligro de incendios el Fire Weather Index (FWI) del sistema canadiense del mismo nombre (van Wagner 1987), habiendo sido probada en anteriores estudios su idoneidad para caracterizar el peligro real de incendios en el Mediterráneo en general, y en España en particular, y su estrecha relación con la actividad de los mismos.

Los resultados obtenidos anticipan un incremento de las condiciones de peligro, para todos los escenarios y periodos considerados. Por tanto, todo indica que, asumiendo que las relaciones entre clima e incendios se mantienen (aspecto ya comentado en la discusión), la incidencia de incendios puede aumentar de manera importante, tanto mayor cuanto mayor sea el calentamiento global como consecuencia de un mayor nivel de emisiones, si bien este mayor calentamiento trae aparejada una mayor incertidumbre en cuanto a la magnitud del cambio, como se ha visto. Aunque sin cuantificar, sí parece más probable que el aumento de la severidad media de la estación de incendios traiga aparejada una mayor frecuencia de situaciones extremas (Bedia et al. 2013, 2014b, 2015), que redundarán en una mayor probabilidad de ocurrencia de grandes incendios, con un potencial devastador mucho mayor que los incendios ordinarios.

Estas conclusiones, soportadas por las proyecciones calculadas y por numerosos estudios anteriores, implican que el cambio climático deberá ser considerado de forma sistemática en la planificación de la gestión y lucha contra incendios. Las administraciones y agencias de protección deberán estar dotadas de los recursos suficientes para hacer frente a situaciones adversas que serán previsiblemente cada vez más frecuentes, y que se generalizarán a lo largo de prácticamente todo el territorio. La utilización de técnicas de regionalización permitirá poder evaluar el peligro futuro en ámbitos geográficos más localizados, al proporcionar información localmente adaptada.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Grupo de Trabajo de Modelización Acoplada del Programa de Investigación Climática Mundial (WCRP), responsable del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP), así como a los equipos de modelización recogidos en la Tabla 3.3.1, por producir y hacer públicamente disponibles las simulaciones utilizadas en este estudio.

3.3.8 Bibliografía

- Akaike, H. 1992. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *Breakthroughs in Statistics* ed S Kotz and N Johnson (New York: Springer) pp 610–24.
- Amatulli, G., Camia, A., San-Miguel-Ayanz, J., 2013. Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Science of the Total Environment* 450–451, 209–222.
- Andrews, P.L., Loftsgaarden, D.O., Bradshaw, L.S., 2003. Evaluation of fire danger rating indexes using logistic regression and percentile analysis. *Int. J. Wildland Fire* 12, 213–226.
- Archibald, S., Roy, D.P., Van WILGEN, B.W., Scholes, R.J., 2009. What limits fire? An examination of drivers of burnt area in Southern Africa. *Global Change Biology* 15, 613–630. doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01754.x
- Batllori, E., Parisien, M.-A., Krawchuk, M.A., Moritz, M.A., 2013. Climate change-induced shifts in fire for Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography* 22, 1118–1129. doi:10.1111/geb.12065
- Bedia, J., Herrera, S., Camia, A., Moreno, J.M., Gutiérrez, J.M., 2014. Forest Fire Danger Projections in the Mediterranean using ENSEMBLES Regional Climate Change Scenarios. *Clim Change* 122, 185–199. doi:10.1007/s10584-013-1005-z
- Bedia, J., Herrera, S., Gutiérrez, J.M., 2014a. Assessing the predictability of fire occurrence and area burned across phytoclimatic regions in Spain. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 14, 53–66. doi:10.5194/nhess-14-53-2014
- Bedia, J., Herrera, S., Gutiérrez, J.M., Benali, A., Brands, S., Mota, B., Moreno, J.M., 2015. Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: Implications for climate change. *Agr. Forest Meteorol.* 214–215, 369–379. doi:10.1016/j.agrformet.2015.09.002
- Bedia, J., Herrera, S., Gutiérrez, J.M., Zavala, G., Urbieto, I.R., Moreno, J.M., 2012. Sensitivity of fire weather index to different reanalysis products in the Iberian Peninsula. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 12, 699–708. doi:10.5194/nhess-12-699-2012
- Bi, D., Dix, M., Marsland, S.J., O’Farrell, S., Rashid, H., Uotila, P., Hirst, A., Kowalczyk, E., Golebiewski, M., Sullivan, A., others, 2013. The ACCESS coupled model: description, control climate and evaluation. *Aust. Meteorol. Oceanogr. J* 63, 41–64.
- Bradstock, R.A., 2010. A biogeographic model of fire regimes in Australia: current and future implications. *Global Ecology and Biogeography* 19, 145–158. doi:10.1111/j.1466-8238.2009.00512.x

- Briggs, C., Price, R., Pearce, G., 2005. Spatial prediction of wildfire hazard across New Zealand (Landcare Research Contract Report No. LC0506/014). New Zealand Fire Service, Christchurch, New Zealand.
- Carracedo, V., Diego Liaño, C., García Codrón, J.C., Rasilla Álvarez, D.F., 2009. Clima e incendios forestales en Cantabria: evolución y tendencias recientes. *Pirineos* 164, 33–48. doi:10.3989/pirineos.2009.v164.28
- Collins, M., Booth, B., Harris, G., Murphy, J., Sexton, D., M, W., 2006. Towards quantifying uncertainty in transient climate change. *Climate Dynamics* 27, 127–147.
- de Groot, W.J., Goldammer, J.G., Keenan, T., Brady, M.A., Lynham, T.J., Justice, C.O., Csiszar, I.A., O'Loughlin, K., 2006. Developing a global early warning system for wildland fire. *Forest Ecology and Management* 234, S10.
- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E.V., Isaksen, I., Kjaallberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.J., Park, B.K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N., Vitart, F., 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q J R Meteorol Soc* 553–597.
- Dufresne, J.-L., Foujols, M.-A., Denvil, S., Caubel, A., Marti, O., Aumont, O., Balkanski, Y., Bekki, S., Bellenger, H., Benschila, R., Bony, S., Bopp, L., Braconnot, P., Brockmann, P., Cadule, P., Cheruy, F., Codron, F., Cozic, A., Cugnet, D., Noblet, N. de, Duvel, J.-P., Ethé, C., Fairhead, L., Fichet, T., Flavoni, S., Friedlingstein, P., Grandpeix, J.-Y., Guez, L., Guilyardi, E., Hauglustaine, D., Hourdin, F., Idelkadi, A., Ghattas, J., Joussaume, S., Kageyama, M., Krinner, G., Labetoulle, S., Lahellec, A., Lefebvre, M.-P., Lefevre, F., Levy, C., Li, Z.X., Lloyd, J., Lott, F., Madec, G., Mancip, M., Marchand, M., Masson, S., Meurdesoif, Y., Mignot, J., Musat, I., Parouty, S., Polcher, J., Rio, C., Schulz, M., Swingedouw, D., Szopa, S., Talandier, C., Terray, P., Viovy, N., Vuichard, N., 2013. Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5. *Clim Dyn* 40, 2123–2165. doi:10.1007/s00382-012-1636-1
- Dunne, J.P., John, J.G., Adcroft, A.J., Griffies, S.M., Hallberg, R.W., Shevliakova, E., Stouffer, R.J., Cooke, W., Dunne, K.A., Harrison, M.J., Krasting, J.P., Malyshev, S.L., Milly, P.C.D., Phillipps, P.J., Sentman, L.T., Samuels, B.L., Spelman, M.J., Winton, M., Wittenberg, A.T., Zadeh, N., 2012. GFDL's ESM2 Global Coupled Climate–Carbon Earth System Models. Part I: Physical Formulation and Baseline Simulation Characteristics. *J. Climate* 25, 6646–6665. doi:10.1175/JCLI-D-11-00560.1
- Flannigan, M., Cantin, A.S., de Groot, W.J., Wotton, M., Newbery, A., Gowman, L.M., 2013. Global wildland fire season severity in the 21st century. *Forest Ecology and Management* 294, 54–61. doi:10.1016/j.foreco.2012.10.022
- Flannigan, M., Logan, K., Amiro, B., Skinner, W., Stocks, B., 2005. Future area burned in Canada. *Clim. Change* 72, 1–16. doi:10.1007/s10584-005-5935-y
- Fugioka, F.M., Gill, A.M., Viegas, D.X., Wotton, B.M., 2009. Fire Danger and Fire Behavior Modeling Systems in Australia, Europe, and North America, in: Bytnerowicz, A., Arbaugh, M., Riebau, A., Andersen, C. (Eds.), *Developments in Environmental Science*. Elsevier B.V., The Netherlands.

- Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., Goodess, C.M., 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 degrees C global warming. *Global and Planetary Change*. doi:10.1016/j.gloplacha.2009.06.001
- Groisman, P.Y., Sherstyukov, B.G., Razuvaev, V.N., Knight, R.W., Enloe, J.G., Stroumentova, N.S., Whitfield, P.H., Forland, E., Hannsen-Bauer, I., Tuomenvirta, H., Aleksandersson, H., Mescherskaya, A.V., Karl, T.R., 2007. Potential forest fire danger over Northern Eurasia: Changes during the 20th century. *Global and Planetary Change* 56, 371–386. doi:10.1016/j.gloplacha.2006.07.029
- Gudmundsson, L., Rego, F.C., Rocha, M., Seneviratne, S.I., 2014. Predicting above normal wildfire activity in southern Europe as a function of meteorological drought. *Envir. Res. Lett.* 9, 84008. doi:10.1088/1748-9326/9/8/084008
- Hennessy, K., Lucas, C., Nicholls, N., Bathols, J., Suppiah, R., Ricketts, J., 2005. Climate change impacts on fire-weather in south-east Australia. CSIRO Marine and Atmospheric Research and Bushfire CRC and Australian Bureau of Meteorology, Australia.
- Herrera, S., Bedia, J., Gutierrez, J.M., Fernandez, J., Moreno, J.M., 2013. On the projection of future fire danger conditions with various instantaneous/mean-daily data sources. *Clim. Change* 118, 827–840. doi:10.1007/s10584-012-0667-2
- Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J., Bowman, D.M.J.S., 2015. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* 6, 7537. doi:10.1038/ncomms8537
- Koutsias, N., Arianoutsou, M., Kallimanis, A.S., Mallinis, G., Halley, J.M., Dimopoulos, P., 2012. Where did the fires burn in Peloponnisos, Greece the summer of 2007? Evidence for a synergy of fuel and weather. *Agricultural and Forest Meteorology* 156, 41–53. doi:10.1016/j.agrformet.2011.12.006
- Koutsias, N., Xanthopoulos, G., Founda, D., Xystrakis, F., Nioti, F., Pleniou, M., Mallinis, G., Arianoutsou, M., 2013. On the relationships between forest fires and weather conditions in Greece from long-term national observations (1894–2010). *Int. J. Wildland Fire* 22, 493–507.
- Krawchuk, M.A., Moritz, M.A., 2010. Constraints on global fire activity vary across a resource gradient. *Ecology* 92, 121–132. doi:10.1890/09-1843.1
- Loepfe, L., Rodrigo, A., Lloret, F., 2014. Two thresholds determine climatic control of forest fire size in Europe and northern Africa. *Reg Environ Change* 14, 1395–1404. doi:10.1007/s10113-013-0583-7
- Maraun, D., Wetterhall, F., Ireson, A.M., Chandler, R.E., Kendon, E.J., Widmann, M., Brienen, S., Rust, H.W., Sauter, T., Themeßl, M., Venema, V.K.C., Chun, K.P., Goodess, C.M., Jones, R.G., Onof, C., Vrac, M., Thiele-Eich, I., 2010. Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. *Reviews of Geophysics* 48, n/a–n/a. doi:10.1029/2009RG000314
- Marcos, R., Turco, M., Bedia, J., Llasat, M.C., Provenzale, A., 2015. Seasonal predictability of summer fires in a Mediterranean environment. *International Journal of Wildland Fire* 24, 1076–1084. doi:10.1071/WF15079
- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J., Zhao, Z.-C., 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth

- Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.
- Millán, M.M., Estrela, M.J., Badenas, C., 1998. Meteorological Processes Relevant to Forest Fire Dynamics on the Spanish Mediterranean Coast. *J. Appl. Meteor.* 37, 83–100. doi:10.1175/1520-0450(1998)037<0083:MPRTFF>2.0.CO;2
- Moreno JM, Vázquez A, Vélez R (1998) Recent history of forest fires in Spain. En: Moreno JM, editor. *Large forest fires*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. pp. 159-185.
- Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C., Corte-Real, J., 2006. Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate Research* 31, 85–95.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756. doi:10.1038/nature08823
- Pausas, J., 2004. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Clim. Change* 63, 337–350. doi:10.1023/B:CLIM.0000018508.94901.9c
- Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S., 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change* 110, 215–226. doi:10.1007/s10584-011-0060-6
- Pereira, M., Trigo, R., da Camara, C., Pereira, J., Leite, S., 2005. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology* 129, 11–25. doi:10.1016/j.agrformet.2004.12.007
- Piñol, J., Terradas, J., Lloret, F., n.d. Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain. *Climatic Change* 38, 345–357. doi:10.1023/A:1005316632105
- R Development Core Team 2013. *R: a Language and Environment for Statistical Computing* (Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing) (<http://R-project.org/>)
- Räisänen, J., 2007. How reliable are climate models? *Tellus A* 59, 2–29.
- Rasilla, D.F., García-Codron, J.C., Carracedo, V., Diego, C., 2010. Circulation patterns, wildfire risk and wildfire occurrence at continental Spain. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Classifications of Atmospheric Circulation Patterns – Theory and Applications* 35, 553–560. doi:10.1016/j.pce.2009.09.003
- Recent history of forest fires in Spain [WWW Document], n.d. URL <https://www.frames.gov/fedb/11000/11215.html> (accessed 10.21.16).
- Rothermel, R.C., 1972. *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. Ogden, Utah, USA.
- San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J.M., Camia, A., 2013. Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management* 294, 11–22. doi:10.1016/j.foreco.2012.10.050

- San-Miguel-Ayanz, J., Schulte, E., Schmuck, G., Camia, A., 2013a. The European Forest Fire Information System in the context of environmental policies of the European Union. *Forest Policy and Economics* 29, 19–25. doi:10.1016/j.forpol.2011.08.012
- Stocks, B.J., Lawson, B.D., Alexander, M.E., Van Wagner, C.E., McAlpine, R.S., Lynham, T.J., Dube, D.E., 1989. The Canadian Forest Fire Danger Rating System - An Overview. *For. Chron.* 65, 450–457.
- Taylor, K.E., Stouffer, R.J., Meehl, G.A., 2011. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 93, 485–498. doi:10.1175/BAMS-D-11-00094.1
- Taylor, S., Alexander, M., 2006. Science, technology, and human factors in fire danger rating: the Canadian experience. *Int. J. Wildland Fire* 15, 121–135. doi:10.1071/WF05021
- Tebaldi, C., Arblaster, J.M., Knutti, R., 2011. Mapping model agreement on future climate projections. *Geophys. Res. Lett.* 38, n/a-n/a. doi:10.1029/2011GL049863
- Trigo, R.M., Pereira, J.M.C., Pereira, M.G., Mota, B., Calado, T.J., DaCamara, C.C., Santo, F.E., 2006. Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology* 26, 1741–1757.
- Turco, M., Llasat, M.C., von Hardenberg, J., Provenzale, A., 2013. Impact of climate variability on summer fires in a Mediterranean environment (northeastern Iberian Peninsula). *Clim. Change* 116, 665–678. doi:10.1007/s10584-012-0505-6
- Urbietta I.R., Zavala G., Bedía J., Gutiérrez J.M., San Miguel-Ayanz J., Camia A., Keeley J.E., Moreno J.M. 2015. Fire activity as a function of fire–weather seasonal severity and antecedent climate across spatial scales in southern Europe and Pacific western USA. *Environmental Research Letters* , 10: 114013. doi: 10.1088/1748-9326/10/11/114013
- van Wagner, C.E., 1987. Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index (Forestry Tech. Rep. No. 35). Canadian Forestry Service, Ottawa, Canada.
- Vázquez, A., Moreno, J.M., 1993. Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. *Landscape Urban Planning* 129–142.
- Verdú, F., Salas, J., Vega-García, C., 2012. A multivariate analysis of biophysical factors and forest fires in Spain, 1991 - 2005. *International Journal of Wildland Fire* 21, 498. doi:10.1071/WF11100
- Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I. 2010 A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index—SPEI. *Journal of Climate* 23, 1696–718
- Watanabe, S., Hajima, T., Sudo, K., Nagashima, T., Takemura, T., Okajima, H., Nozawa, T., Kawase, H., Abe, M., Yokohata, T., Ise, T., Sato, H., Kato, E., Takata, K., Emori, S., Kawamiya, M., 2011. MIROC-ESM 2010: model description and basic results of CMIP5-20c3m experiments. *Geoscientific Model Development* 4, 845–872. doi:10.5194/gmd-4-845-2011
- Weedon, G.P., Gomes, S., Viterbo, P., Shuttleworth, W.J., Blyth, E., Österle, H., Adam, J.C., Bellouin, N., Boucher, O., Best, M., 2011. Creation of the WATCH Forcing Data and Its Use to Assess Global and Regional Reference Crop Evaporation over Land during the Twentieth Century. *J. Hydrometeor* 12, 823–848. doi:10.1175/2011JHM1369.1
- Weedon, G.P., Balsamo, G., Bellouin, N., Gomes, S., Best, M.J., Viterbo, P., 2014. The WFDEI meteorological forcing data set: WATCH Forcing Data methodology

applied to ERA-Interim reanalysis data. *Water Resour. Res.* 50, 7505–7514. doi:10.1002/2014WR015638

Williams, A., Karoly, D., Tapper, N., 2001. The sensitivity of Australian fire danger to climate change. *Clim. Change* 49, 171–191.

Xystrakis, F., Kallimanis, A.S., Dimopoulos, P., Halley, J.M., Koutsias, N., 2014. Precipitation dominates fire occurrence in Greece (1900–2010): its dual role in fuel build-up and dryness. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 14, 21–32. doi:10.5194/nhess-14-21-2014

Zahn, M., von Storch, H., 2010. Decreased frequency of North Atlantic polar lows associated with future climate warming. *Nature* 467, 309–312.

4. PREVENCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIOS EN ESPAÑA Y COSTES DE EXTINCIÓN

4.1 REVISIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE PREVENCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIO

Carolina Quesada Cortés, Mónica María Fernández Ramiro,
Francisco Rodríguez y Silva, Juan Ramón Molina Martínez

4.1.1 Introducción

Las administraciones o agencias responsables de la prevención de incendios forestales desarrollan planes de gestión o prevención periódicos. Dichos planes fundamentan sus decisiones tanto en la capitalización de la experiencia como en herramientas informatizadas de predicción del comportamiento del fuego, con objeto de la identificación espacio-temporal de los puntos débiles y críticos del fuego. La definición de incendios de diseño o tipo para cada área geográfica, en base a la capitalización de la experiencia, permite la identificación del patrón dominante en la propagación del fuego, así como de las oportunidades de extinción. En grandes incendios, los simuladores de comportamiento del fuego facilitan la elaboración de Planes de Operaciones, alcanzando la máxima eficiencia de acuerdo a la capacidad de extinción del dispositivo. En este sentido, se parte de la hipótesis de que la propagación de un incendio en unas condiciones topográficas y de combustibilidad determinadas será similar al de otro de similares características, a excepción de la mayor o menor intensidad generada en base a la disponibilidad del combustible.

El escenario pronosticado por los modelos de cambio climático se caracteriza por un empeoramiento general de las condiciones meteorológicas que influyen en la ocurrencia de incendios forestales. Así, se prevé un aumento de las temperaturas máximas, periodos más largos de sequía y olas de calor más frecuentes, lo que tendrá como consecuencia lógica un aumento del riesgo de incendio, mayor duración de las épocas de riesgo alto y una mayor frecuencia de ocurrencia de incendios extremos. Además, la tendencia a aumentar la fragmentación de la interfaz urbano-rural (en adelante RUI, Rural-Urban Interface) complica aún más el escenario futuro.

Ante estas previsiones, la adaptación de los planes de prevención y lucha contra incendios forestales a las nuevas características del medio y del entorno resulta imprescindible para lograr una eficaz gestión de los incendios forestales en el futuro.

4.1.2 Planes de prevención de incendios

Los incendios de causa desconocida o por rayo no se pueden evitar, aunque sí todos los referentes a causas humanas. Cualquier política de prevención debe hacer énfasis en la prevención social, enfocada a escala local o comarcal en función de un análisis de causalidad. Es imposible acabar con todos los incendios, por lo que la labor de prevención debe realizarse también mediante un correcto manejo del combustible forestal y con la disposición de las infraestructuras destinadas a tal fin: tratamientos selvícolas, pistas forestales y láminas de agua. Toda política de prevención no sólo se ha de aplicar en los

montes públicos pues es necesario contar con los propietarios de terrenos forestales ya que alrededor del 70% de estos son de propiedad particular.

La selvicultura preventiva está fundamentada en la consideración de que el inicio o la propagación de un incendio forestal depende, en gran medida, de la estructura espacial y composición de la vegetación que puede verse afectada, y que determinarán las condiciones de comportamiento y propagación dinámica del fuego. Por otra parte, no hay que olvidar que la seguridad y eficacia en los rendimientos de los medios que intervienen en los trabajos de extinción dependen, en gran medida, de la ejecución en las áreas forestales de las acciones de prevención, de gran importancia para la planificación de las tácticas y estrategias a aplicar en la extinción y suponen un importante apoyo para los combatientes como líneas de defensa y control.

4.1.2.1 Contenidos actuales de los planes de prevención que se verán afectados por el cambio climático

Los planes de prevención de incendios forestales llevan a cabo un detallado análisis del riesgo de incendio en el territorio de que son objeto, con el fin de obtener una distribución espacial y una distribución temporal de dicho riesgo. A partir de la distribución espacial –apoyada también por el estudio de la vulnerabilidad del territorio– se planifican y se ubican en el terreno las distintas medidas preventivas propuestas por el plan. La distribución temporal del riesgo permitirá el establecimiento de las diferentes épocas de riesgo de incendio con las que se define una determinada regulación de usos para el territorio, así como las campañas de concienciación.

De entre todos los aspectos que actualmente se consideran y analizan para la elaboración de los planes de prevención, se mencionan a continuación aquellos susceptibles de verse afectados por el cambio climático:

- Meteorología. Riesgo meteorológico e Índice de riesgo diario de incendio.

Resulta evidente que los cambios meteorológicos pronosticados por el cambio climático modificarán (incrementándolos) los valores de riesgo meteorológico y riesgo diario.

- Combustibilidad. La menor humedad relativa de los combustibles forestales ocasionada por el cambio climático y la mayor abundancia de modelos de combustible de matorral xerófilo (mejor adaptado a las condiciones creadas por el cambio climático) producirán un incremento de la combustibilidad en los terrenos forestales.
- Estadística de incendios forestales. Los escenarios pronosticados por el cambio climático contemplan la ocurrencia de un mayor número de incendios y, además, de un mayor número de incendios extremos o grandes incendios.
- Riesgo de ignición y riesgo de propagación. La previsible mayor presencia de especies inflamables y de mayor combustibilidad en el combustible forestal ocasionará un incremento de los riesgos de ignición y de propagación.
- Épocas de peligro. Las nuevas condiciones meteorológicas, con periodos de sequía más largos y temperaturas máximas más altas, modificarán este factor haciendo que sea también más larga la época de peligro alto de incendios.

4.1.2.2 Puntos débiles/críticos de los planes de prevención actuales para su adaptación al cambio climático

Utilizando como fuente de información la revisión de numerosos planes de prevención y lucha contra incendios forestales (algunos de ellos elaborados por Tragsatec para distintas administraciones), se identifican los siguientes puntos clave para la adaptación de los planes de prevención y lucha a los escenarios futuros de cambio climático:

- Periodos de vigencia de los Planes. Sería recomendable reducir los actuales periodos de validez de los planes de prevención de incendios forestales para lograr una mejor adaptación de los mismos a los cambios producidos en los escenarios de fuego por el cambio climático.
- Carencia de indicadores. Actualmente, los planes carecen de indicadores que permitan el control del funcionamiento de los mismos en una doble vertiente:
 - Control del grado de ejecución de las propuestas de actuación de los planes durante su periodo de vigencia.
 - Evaluación del grado de efectividad de las medidas propuestas, tanto durante la vigencia del plan como al final de la misma.
- Falta de un apartado específico para prevención de incendios en la RUI. Este tipo de zonas de interfaz evoluciona muy rápidamente, tendiendo cada vez más a una mayor fragmentación, por lo que el escenario futuro previsto en las mismas debido al cambio climático es altamente peligroso desde el punto de vista de los incendios forestales.
- Datos meteorológicos y análisis. Actualmente, muchas zonas carecen de series históricas completas y suficientemente largas de datos meteorológicos. Y además, los planes suelen carecer de análisis exhaustivos de las variables climáticas.
- Falta de incorporación de las nuevas tecnologías. La mayoría de los planes actuales no tienen en cuenta, ni incorporan, los resultados de programas de simulación de incendios que ya existen en el mercado, y que permitirían predecir el comportamiento probable del fuego y con ello adecuar las medidas de prevención que se propongan.

4.1.2.3 Cambios requeridos en la planificación de la prevención para la adaptación al cambio climático

Los principales cambios que la planificación de la prevención de incendios en España debe afrontar para hacer posible su adaptación a los nuevos escenarios generados por el cambio climático pueden agruparse en seis grandes bloques temáticos:

1. Ámbito institucional y político

- Dotación económica. Es necesario dotar de un mayor presupuesto y de subvenciones a la prevención de incendios forestales. Pese a la concienciación creciente sobre la necesidad de prevenir, los mayores esfuerzos económicos continúan centrándose en la extinción, debido fundamentalmente a la mayor repercusión mediática que ésta tiene. Es esta una tendencia que es necesario revertir para lograr una prevención más eficaz. Además, para implementar en la prevención de incendios todas las mejoras necesarias para adaptar los planes y programas a los nuevos escenarios previstos por el cambio climático, es necesario invertir seriamente en ella, ya que sin inversión no puede haber mejoras.
- Coordinación institucional y concienciación política. Es necesario mejorar la coordinación y la colaboración entre las distintas instituciones y organismos

implicados en la prevención de incendios. Para mejorar la eficiencia del sistema de prevención y adaptarlo al nuevo nivel de exigencia debido al cambio climático es preciso alcanzar los siguientes objetivos:

- Que exista una definición clara de las responsabilidades y atribuciones de cada organismo implicado en la prevención
- Que la colaboración, coordinación y comunicación entre dichos organismos e instituciones sea efectiva
- Que exista verdadera concienciación y voluntad política
- Propietarios forestales. Se precisan cambios legislativos destinados a obligar a los propietarios forestales a asumir la responsabilidad de la prevención de incendios en sus terrenos. Concretamente, se deben establecer normas que obliguen al propietario forestal a llevar a cabo los tratamientos selvícolas establecidos en los correspondientes planes de prevención, y localizados en los terrenos de su propiedad, destinados a disminuir el riesgo de incendio mediante la disminución de la carga de combustible.
- Sanciones y vía penal. Deben endurecerse las sanciones y las penas contra quienes ocasionen intencionadamente un incendio, así como asegurar el efectivo cumplimiento de las mismas. Para ello es preciso avanzar en la investigación de causas de los incendios, de forma que la determinación de la causa intencionada de un incendio sea certera.

2. *Sensibilización de la población*

- Habitantes de la RUI. Los habitantes de las zonas de interfaz urbano-forestal deben ser conscientes del elevado riesgo de incendio al que están sometidos por la estructura del lugar en el que viven y comprender los enormes efectos positivos que para la reducción de dicho riesgo tienen los tratamientos de reducción de combustible que se contemplan en los planes de prevención. En las futuras condiciones pronosticadas por el cambio climático esta toma de conciencia es aún más importante y es fundamental que la población de estas zonas asuma su responsabilidad en la gestión del combustible forestal. Para ello es necesario realizar:
 - Campañas de sensibilización, específicas y frecuentes, con la implicación directa de las instituciones, organismos oficiales, agrupaciones de vecinos, organismos encargados de la extinción, etc.
 - Diseño de estrategias de prevención a escala local o comarcal. Dada la heterogeneidad espacio-temporal de las causas, se recomienda que todos los dispositivos dispongan de un técnico de prevención social durante todo el año. Resulta clave el seguimiento de la problemática nivel local, en colaboración con las administraciones, propietarios, fuerzas de seguridad y asociaciones de vecinos y voluntarios, tendiendo a planes o medidas de protección conjuntas o a nivel de urbanización. Esta labor debe ser fundamental en la interfaz urbano-forestal, tanto para los propietarios como para todas las empresas que desarrollen trabajos, con idea de disminuir o mitigar la casuística asociada a las negligencias. De igual modo, se debe promover no sólo la realización de los Planes Locales de Emergencias, Planes de Prevención y Planes de Autoprotección sino su ejecución y mantenimiento. Este último punto es muy delicado, puesto que en muchas ocasiones no se cuenta con una buena periodicidad en el mantenimiento,

siendo las medidas aportadas en el documento ineficaces ante la llegada del fuego.

- Agricultores y población en general. Se debe concienciar a la población sobre el peligro que supone un uso inadecuado del fuego y establecer una regulación adecuada de las actividades de riesgo (quema de rastrojos, uso de maquinaria, barbacoas, etc...) -tanto en el tiempo como en el espacio- que permita minimizar el riesgo de ocurrencia de incendios causados por el hombre. En concreto se propone:
 - Diseño de estrategias para la prevención en zonas de influencia forestal (a menos de 400 m de terreno forestal) con presencia de cultivos leñosos potenciales de generación de residuos de poda, o que requieran de quemas de la hojarasca (castaños). Se hará especial hincapié en las medidas de seguridad y en la prohibición de quema bajo unas condiciones meteorológicas, e incluso en la recomendación de adelantar la poda del olivar, dado el anticipo de las condiciones de disponibilidad del combustible contiguo y la presencia en auge del cultivo ecológico (con pastizal entre calles).
 - Concienciación a los propietarios de terrenos de cereal y a los responsables de maquinaria cosechadora de los riesgos del trabajo en la zona de influencia forestal. Se concienciará incidiendo en la importancia del mantenimiento periódico de la maquinaria y de un sistema preventivo de trabajo, en el cual a las horas centrales del día la maquinaria se encuentre trabajando alejada del monte. El trabajo comenzaría a primera hora de la mañana en las zonas más cercanas al monte, alejándose progresivamente del mismo.

3. *Planes de prevención de incendios forestales*

- Reducción del periodo de vigencia. La rápida evolución de las condiciones climáticas pronosticadas por el cambio climático hace necesario que los planes de prevención de incendios forestales sean revisados con mayor frecuencia. Para ello, el horizonte temporal de los mismos, que actualmente es de unos 5-10 años, debe reducirse. Se considera que un horizonte temporal inferior a los 5 años puede ser adecuado.
- Sistema de indicadores de control de la ejecución del Plan. Para la adaptación de los planes de prevención al cambio climático sería muy interesante implementar en los mismos un sistema de indicadores que permitiera:
 - Controlar el grado de ejecución de las medidas propuestas en el mismo mediante indicadores como densidad de selvicultura preventiva existente, densidad viaria, transitabilidad de los caminos, tiempos de llegada de medios terrestres, densidad hídrica, etc. evaluados a mitad y al final del periodo de vigencia del Plan.
 - Controlar o evaluar el nivel de eficacia de dichas medidas.

Para ello, podrían utilizarse indicadores sencillos, como número de incendios, superficie forestal afectada, superficie media afectada por incendio o similares, medidos también a la mitad y al final del periodo de vigencia del Plan.

- Apartado específico de prevención en la RUI. Considerando el elevado nivel de riesgo al que se ven sometidas estas zonas de interfaz y la previsión creciente del mismo debido al cambio climático (mayor concentración de combustible forestal, peores condiciones meteorológicas y además una interfaz aún más dispersa) resulta

imprescindible que los planes de prevención de incendios contengan un apartado específico dedicado a la prevención de incendios forestales en las mismas.

Este apartado debería ser prácticamente un plan de prevención en sí mismo y contener, al menos, los siguientes aspectos:

- Cartografía detallada de la RUI
- Análisis de combustibilidad y riesgo de incendio
- Cartografía de zonas concretas en las que es necesario reducir la carga de combustible forestal
- Regulación de usos específica

Estos planes específicos para la RUI deben tener gran capacidad de adaptación y flexibilidad, periodos de vigencia cortos (2-3 años) y elevada frecuencia de revisión para adaptarse a los cambios que, de forma rápida, se producen en este tipo de zonas.

- Análisis de las variables climáticas. Resulta lógico pensar que para una adecuada adaptación al cambio climático, los planes de prevención de incendios deben prestar especial atención al análisis de las variables climáticas, incluyendo un exhaustivo análisis de las mismas, si es posible en periodos de tiempo inferiores al año. Para ello, es necesario mejorar la disponibilidad y la calidad de los datos de entrada, con series más completas y de periodos de tiempo suficientemente largos disponibles para todo el territorio.
- Incluir la evaluación de riesgo diario de incendio como factor decisivo para proponer medidas de prevención adecuadas.
- Utilización de nuevas tecnologías. Los planes de prevención deben utilizar las nuevas tecnologías disponibles –simuladores de incendio, imágenes de satélite, etc.- para mejorar la información de partida disponible a partir de la cual se proponen las medidas de actuación. La utilización de simuladores que permitan predecir el comportamiento del fuego con y sin, o bien con diferentes opciones y localizaciones, de las actuaciones preventivas suponen una herramienta muy potente para la adaptación de los planes a los nuevos escenarios de cambio climático porque permite anticipar el resultado de la aplicación de diversas medidas y por tanto elegir las más eficientes.

4. *Investigación sobre el fuego*

- Mejorar la calidad y exactitud de los datos de entrada para los modelos de riesgo de incendio.
- Estadística de incendios forestales. Sería muy conveniente establecer un sistema común de toma de datos de incendios pasados, y sobre todo de grandes incendios e incendios de especial virulencia, que permita recabar información sobre temperatura, viento, humedad relativa, perímetro del fuego y patrones de propagación de los mismos.
- Cartografía de la RUI. Resulta de gran interés avanzar en la investigación para la definición de una metodología óptima para cartografiar la RUI de la forma más detallada posible y además localizar las áreas de mayor riesgo de incendio dentro de la misma.

- Transferencia de conocimiento entre científicos y gestores. Para que los avances científicos en la investigación de incendios tengan repercusión en la prevención de los mismos es necesario que la comunicación entre científicos y gestores sea fluida. Tender puentes entre ellos y favorecer una comunicación “de ida y vuelta”, de manera que los científicos escuchen las necesidades de los gestores y éstos, a su vez, sean conocedores de los avances de la comunidad científica, reportará grandes beneficios para la adaptación de los planes de prevención al cambio climático.

5. *Selvicultura preventiva*

- La ordenación preventiva del combustible mediante la creación de discontinuidades horizontales y/o verticales es efectiva para la mitigación de la velocidad de propagación y longitud de llama, disminuyendo el potencial de los focos secundarios, principalmente en incendios de viento y topográficos. La adaptación al cambio global se debe fundamentar en:
 - Potenciación del aprovechamiento de biomasa como medio de evitar el abandono de los terrenos forestales. La biomasa a costes competitivos implicaría el aprovechamiento únicamente del arbolado de diámetros comerciales, modificando la estructura del dosel arbóreo y, en consecuencia, la velocidad de propagación por las copas, aunque no el comportamiento del fuego de superficie y la transición a las copas. Se requiere de fórmulas mixtas de gestión aprovechamientos-prevención de incendios, para las cuales sería necesaria la eliminación de los residuos forestales y/o la disminución de la carga de combustible superficial.
 - Empleo del fuego prescrito como herramienta de desbroce de la vegetación en los Puntos Estratégicos de Gestión (PEG), con objeto de la reducción de costes y, en consecuencia, una mayor cantidad de superficie tratada o con una menor rotación en el mantenimiento de los mismos.
 - Empleo del fuego controlado como herramienta para la regeneración de pastizales, en puntos de riesgo histórico asociado a esta casuística. La ejecución del mismo correría a cargo de los profesionales de la administración o agencias responsables, siempre a tenor de un proyecto previo y de las pertinentes autorizaciones medioambientales. Una vez asentado el uso del fuego, se podría plantear dar cabida a la realización de las quemas por empresas privadas, siempre y cuando disponga de personal altamente cualificado, las medidas de prevención necesarias y el proyecto de quemas aprobado con sus pertinentes autorizaciones.
 - Potenciación de actuaciones preventivas primarias, independientemente de la propiedad pública o privada del terreno. Se debe tender a planes de prevención comarcales, en los que un tratamiento preventivo disponga de continuidad espacial y se encuentre anclado a la infraestructura presente. Para este fin, se debe concienciar a todos los implicados en el bien conjunto de la continuidad de un área preventiva o cortafuegos.
 - Incorporación de avanzadas técnicas de planificación y ordenación del combustible forestal en el marco conceptual del paisaje, con la identificación y selección de áreas con capacidad de extinción garantizadas en función de los comportamientos potenciales de las propagaciones. Adaptación, transformación y mantenimiento de estas áreas para la gestión segura y eficiente de las operaciones de extinción.

- Necesidad de la agrupación de pequeños propietarios para la prevención de incendios, con objeto de la disminución de costes y la mayor eficacia de la misma. Se dispondrá de un plan conjunto, en donde se identifiquen los puntos críticos del fuego. Todos los propietarios aportarían un capital para la implementación de las medidas de protección, independientemente a que las mismas se encuentre en su parcela catastral o no.
- Identificación de la combustibilidad asociada a las zonas de influencia forestal. Se deberá realizar un redimensionamiento de la red preventiva perimetral a los montes, principalmente en aquellos lugares donde se ha producido un abandono de tierras agrícolas debido a su bajo rendimiento. En estos casos, la combustibilidad original (zona no combustible o pastizal) ha pasado a ser una zona de pastizal-matorral, originando una mayor intensidad a su llegada al perimetral.
- Seguimiento técnico y en campo de los Planes de Autoprotección, con objeto de su cumplimiento. Se recomendarán actuaciones conjuntas en fondos de barrancos o zonas perimetrales, así como en las parcelas abandonadas del interior de las urbanizaciones. También, se prestará especial interés a la ejecución de labores de limpieza junto a la vía de evacuación, por si ésta fuese requerida por el Director de Extinción.
- Creación de barreras verdes. Fomento de la utilización de especies de menor inflamabilidad en las zonas de interfaz urbano-forestal y en zonas de ribera, con objeto de la creación de un paisaje con una combustibilidad en mosaico, que adopte una mayor posibilidad para el éxito de las labores de extinción.

6. Otras medidas preventivas

- Promoción de la defensa pasiva de las edificaciones situadas en las zonas de interfaz urbano-forestal. En los casos que sea viable, de acuerdo al Plan de Autoprotección, y mediante la correcta selección y empleo de los materiales constructivos, decorativos y de la intermix o mezcla de la vegetación natural y ornamental, se potenciará esta técnica de defensa. Se podría requerir un estudio del calor radiado a las edificaciones para determinar la viabilidad del confinamiento.
- Eficiencia en las labores de restauración post-fuego. Dada la predicción de mayor virulencia de los incendios, lo que indudablemente conlleva un incremento de los impactos ecológicos y económicos, se deberán ejecutar planes de restauración eficientes de acuerdo a la alta severidad del fuego. Se deberá incidir en la corta del arbolado muerto (con objeto de disminuir el combustible muerto ante otro siniestro), iniciando la corta por el arbolado que tienen parte de la copa verde (menos de un tercio) dada su mayor atracción de escolítidos. Además, en zonas de alta severidad se debe evitar la saca con una condición del suelo húmedo y limitar la creación de vías de saca. El desembosque se recomienda con la madera suspendida (autocargador) hasta cargaderos. Se puede optar, si la madera no dispone de beneficio industrial por el triturado y esparcido de restos sobre el suelo, disminuyendo la erosión del terreno quemado.

4.1.3 Planes y protocolos de extinción de incendios

4.1.3.1 Generaciones de incendios

La ocurrencia de grandes incendios forestales, entendidos como incendios que mantienen de forma sostenida en el espacio y el tiempo una velocidad de propagación y una intensidad fuera de la capacidad de extinción, se ha visto incrementada debido a las políticas de exclusión total del fuego, a la acumulación de combustible debido a los nuevos paradigmas socioeconómicos y a la acentuación del cambio climático. El régimen de fuego (intensidad, severidad, frecuencia, extensión y estacionalidad) en el medio mediterráneo se ha visto modificado apareciendo con mayor asiduidad Grandes Incendios Forestales (GIF), o incendios de extensión superior a las 500 ha. Los cambios socioeconómicos y el abandono de las actividades tradicionales se han traducido en modificaciones del paisaje mediterráneo, y en consecuencia, en el cambio del patrón de propagación de los grandes incendios forestales. Estos cambios no sólo se aprecian a escala regional o estatal, sino también a escala mundial (USA, Chile, Argentina, Portugal, Grecia, Israel, Francia, Rusia, etc.), apareciendo rasgos comunes de los GIF, denominados generaciones de incendios. Una generación de incendios viene definida por un escenario donde existe un factor que limita la capacidad de extinción (Costa et al., 2011):

- Primera generación o grandes incendios por continuidad de combustible: la propagación está condicionada por la disponibilidad de combustible superficial. Los incendios son de media intensidad y grandes velocidades de propagación, principalmente con el viento como patrón de propagación, generando grandes perímetros. Las oportunidades de extinción se centran en la construcción de líneas de defensa y en la disponibilidad de caminos y puntos de agua.
- Segunda generación o grandes incendios por la velocidad de propagación: la propagación del fuego es más rápida que la apertura de líneas de defensa. Generalmente, se corresponden con incendios con el viento y/o la topografía como patrón de propagación, y gran incidencia de focos secundarios. Este tipo de incendios se acentúan en pastizales y/o modelos con gran cantidad de combustible muerto fino. Las oportunidades de extinción se centran en la efectividad del primer ataque y en el ataque combinado de medios aéreos y terrestres.
- Tercera generación o grandes incendios por la intensidad: su propagación extrema supera los límites de extinción. El incendio ofrece pocas oportunidades para la extinción, con cambios bruscos y rápidos del fuego. Generalmente, se corresponden con incendios activos o pasivos de copas, con incidencia de fenómenos de vientos locales o convectivos y salto masivo de focos secundarios a largas distancias. Este tipo de incendios se acentúa en masas arboladas densas en estado latizal sin tratamientos selvícolas intermedios. Las oportunidades de extinción se dirigen al ataque combinado medios aéreos-terrestres, al empleo del fuego técnico y al confinamiento del incendio.
- Cuarta generación o grandes incendios forestales atravesando la interfaz urbano-forestal: el fuego se propaga por la zona intermedia (intermix) de vegetación forestal y ornamental. Son incendios que nacen, crecen o mueren dentro de la interfaz. La velocidad de propagación y la intensidad aumenta la vulnerabilidad estructural de las viviendas, priorizando recursos para su protección. Los medios de extinción se concentran en la protección de las personas y los bienes inmuebles y no en el combate del frente del incendio. En este tipo de incendios adquiere gran importancia la logística

en el puesto de mando, con objeto del seguimiento de los medios y la priorización de actuaciones.

- Quinta generación o simultaneidad de grandes incendios atravesando la interfaz urbano-forestal (megafuegos): el fuego se propaga rápidamente y con un comportamiento muy virulento atravesando las zonas urbanas. Cada urbanización, grupo de viviendas o edificación es una emergencia, y la simultaneidad de emergencias supera al número de recursos, por lo que es imposible el desplazamiento de medios a todas ellas. En esta generación de incendios adquiere gran importancia la priorización de actuaciones de protección y la incorporación del fuego técnico en las directrices del plan de ataque.

En estos últimos años, la situación en la Península Ibérica tiende hacia la “quinta generación de incendios”, con incendios por todo el territorio, de forma simultánea, afectando zonas de interfaz urbano-forestal. La virulencia de los mismos se ha traducido en una afectación creciente de viviendas y, en consecuencia, un incremento de los impactos provocados por el fuego. Los dispositivos de extinción deben dividir sus esfuerzos ante incendios simultáneos, generalmente acontecidos en los días de condiciones meteorológicas extremas, disminuyendo las posibilidades de contención de la progresión. A modo de ejemplo, se pueden destacar los incendios de 2015 en Andalucía o los incendios del año 2016 en Galicia, Valencia y Extremadura.

4.1.3.2 Protocolos de extinción de incendios forestales y plan genérico de actuación ante incendios forestales

La propagación de un incendio forestal es compleja, y depende tanto de las condiciones meteorológicas, topográficas y de combustibilidad de la vegetación como de la interacción de todas ellas. En un incendio fuera de la capacidad de extinción, el incremento de medios, tanto aéreos como terrestres, o el uso de medios aéreos con mayor capacidad de descarga, resultan insuficientes para la lucha contra el fuego debido al comportamiento extremo del mismo. En estas situaciones, tan sólo se puede mitigar su comportamiento en puntos débiles del fuego, con empleo de carruseles de medios aéreos y fuego técnico. Las oportunidades de extinción se fundamentan en la anticipación al fuego en estos puntos débiles o Puntos Estratégicos de Gestión (PEG) a tenor de los patrones de propagación dominantes y el tiempo de llegada del fuego.

El “Generic Standard Operating Procedure” (GSOP) o “Plan Genérico de Actuación ante Incendios Forestales” se estructura en distintas fases o etapas de planificación de acuerdo al grado de emergencia o nivel de planificación necesario. El “Incident Command System” (ICS) y el “Sistema de Manejo de Emergencias por Incendios Forestales” (SMEIF) incorporan fases o tareas necesarias para la toma de decisión y para la ejecución de dichas decisiones (Fig. 4.1.1), con objeto de la identificación de la máxima eficacia y efectividad en el plan de ataque, bajo las pautas de seguridad de los combatientes.

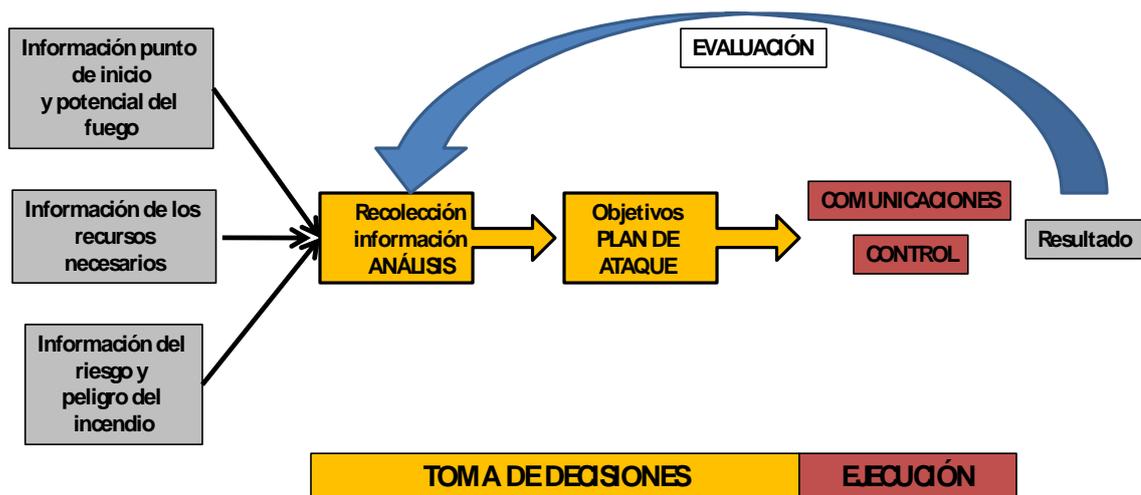


Figura 4.1.1. Protocolo de toma de decisiones en la ejecución de un Plan de Ataque

- Fase 1: Movilización, despacho autónomico. Esta fase incluye seis tareas:
 - Llamada de emergencia
 - Evaluación del potencial del incidente
 - Análisis de las condiciones meteorológicas
 - Identificación de la movilización apropiada de recursos
 - Información específica del punto de ignición en ruta
 - Notificación de la emergencia.
- Fase 2: Llegada y recolección in-situ de información. Esta fase incluye ocho tareas:
 - Confirmación de la emergencia
 - Identificación de puntos críticos del fuego
 - Evaluación de riesgos y peligros e implementación de medidas de control
 - Acordonamiento del incidente
 - Comunicación con instituciones involucradas en la emergencia
 - Evaluación del riesgo sobre las viviendas e infraestructuras
 - Estimación de los recursos requeridos
 - Implementación del Sistema de Manejo de Emergencias.

Muchos incendios requieren de una investigación posterior de las causas que lo originaron. Es importante que los equipos de extinción preserven el lugar de inicio del fuego en la medida de lo posible.

- Fase 3: Definición del Plan de Ataque. *Grosso modo* se puede hablar de cuatro tipologías de escenarios:
 - Escenarios donde existe un pequeño potencial de propagación y el fuego es contenido y extinguido rápidamente.
 - Escenarios donde existe un pequeño potencial de propagación y el fuego es contenido rápidamente, pero las labores de extinción se prolongan en el tiempo debido al tiempo de residencia de las llamas.

- Escenarios donde existe un gran potencial de propagación, pero que pueden ser contenidos a través de un primer ataque o ataque ampliado.
- Escenarios donde existe un gran potencial de propagación y que no pueden ser contenidos por los medios disponibles, debiendo esperar a un punto débil del fuego.

La definición de un Plan de Ataque conlleva dos tareas:

- Identificación y priorización de objetivos
- Desarrollo del plan de ataque
- Fase 4: Implementación del plan de ataque. Esta fase incluye cinco tareas:
 - Implementación efectiva de las operaciones de combate
 - Comunicación del Plan de Ataque
 - Incorporación de información a tiempo real en el Plan de Ataque
 - Comunicación con otros organismos
 - Control del Plan de Ataque
- Fase 5: Evaluación del plan de ataque. El plan de ataque requiere una revisión permanente de sus prioridades y objetivos, por lo que la evaluación requiere de las siguientes tareas:
 - Evaluación de la efectividad del Plan de Ataque
 - Toma de decisiones expertas
 - Evaluación de la seguridad de los trabajadores
 - Evaluación del cumplimiento de los objetivos del Plan de Ataque
- Fase 6: Finalización de la emergencia. En esta fase se debe realizar un inventario de los medios empleados y un vuelo de reconocimiento para la estimación del perímetro y superficie afectada por las llamas, recopilando toda la información que se estime necesaria para el informe final. La fase final requiere de las siguientes tareas:
 - Remate de las operaciones de los medios de extinción
 - Puesto de Mando de la emergencia
 - Listado de incidentes
 - Capitalización de la experiencia
 - Consideraciones del incidente
 - Preparación de informes y documentos post-fuego

Aunque cada patrón de propagación (viento, topográfico y convección) presenta singularidades, en todos los casos es necesario identificar unos límites a partir de los cuales los dispositivos de extinción no tienen capacidad de extinción. Los parámetros que limitan la capacidad de extinción son la velocidad de propagación y/o la intensidad de la llama. Generalmente, los fuegos dominados por vientos superiores a 30 km/h se encuentran fuera de la capacidad de extinción hasta que se alcanzan puntos débiles o se produce la pérdida de alineación (viento, pendiente y exposición). En incendios topográficos, la velocidad de propagación y las dificultades operacionales vendrán determinadas por la caída de focos secundarios que atraen al frente principal, provocando una aceleración en la progresión

energética del fuego. Por su parte, en incendios convectivos la velocidad de propagación se encuentra directamente relacionada con la cantidad de combustible disponible para arder. Generalmente, las mayores dificultades de extinción se asocian a fuegos de copa activos. En estos casos, las posibilidades de extinción se reducen a técnicas de ataque indirecto en puntos débiles del fuego (junto viales, cambio de divisorias, etc.) y/o a un cambio en las condiciones meteorológicas. La presencia de masas arboladas indefendibles, dadas sus condiciones topográficas y dasométricas y, en consecuencia, su gran potencial expansivo, requiere del empleo de fuego técnico, con el consiguiente sacrificio de una importante área arbolada, con objeto de la salvaguarda del resto y la mitigación del riesgo para los medios terrestres de extinción.

4.1.3.3 Incendios conducidos por viento

Consideraciones generales

El viento es el factor meteorológico de mayor influencia en la propagación del fuego. Mientras variaciones en la temperatura y la humedad no tienen mayor repercusión en el comportamiento del fuego, leves variaciones en la velocidad y dirección del viento tienen una influencia directa en las labores de extinción. Con rachas de viento, la longitud de llama se inclina en la misma dirección que el terreno, incrementando la trasmisión de calor por radiación y convección sobre el material adyacente. La columna de humo es un buen indicador del patrón de conducción por viento, apareciendo tumbada en la dirección de propagación. La propagación principal del fuego es previsible por los medios de extinción, siempre y cuando se identifiquen los fenómenos locales del viento (viento de media ladera, viento de fondo de valle, brisa marina, etc.), y se disponga de formación y experiencia en la interpretación de cambios en la disposición y estructura de la columna de humo.

La velocidad de propagación depende de la velocidad del viento, la disponibilidad del combustible y la interacción de la dirección del viento en la orografía. La columna de humo indica el grado de interacción o fuerza de estos tres elementos. El viento, al ser un fluido, se desplaza con facilidad por los lugares que no oponen resistencia como son los valles y divisorias, incrementando la velocidad de propagación. En este sentido, facilita tanto la transición de fuego de superficie a fuego de copas como la propagación por éstas. La propagación es muy rápida, progresando la zona quemada longitudinalmente y no latitudinalmente, por lo que adquieren morfología alargada y estrecha. El salto de focos secundarios es habitual, incrementándose en número cuando el fuego progresa por combustible fino y muerto, y en distancia horizontal de salto en modelos con combustibles más gruesos, con mayor tiempo de residencia. Los focos secundarios se generan por delante del frente principal, en la misma dirección del viento, provocando una aceleración por succión del foco inicial y el secundario.

Estrategias de combate

Se pueden utilizar diferentes estrategias en base al ensanchamiento de la cabeza, la velocidad y dirección del viento y la existencia de puntos débiles en el terreno. El uso del contrafuego, con velocidades de viento elevadas, se encuentra muy limitada, siendo las estrategias de combate más habituales:

- Ataque directo en la cabeza del incendio con medios terrestres apoyados por el ataque en tijera de los medios aéreos: se emplea cuando el fuego es incipiente y/o la cabeza es estrecha
- Ataque directo envolvente de medios terrestres con apoyo de medios aéreos: se utiliza principalmente en escenarios llanos con buena accesibilidad, con velocidades del viento bajas o moderadas y puntos de anclaje definidos

- Ataque directo por el flanco más desfavorable mediante línea a dos pies, con objeto de evitar reproducciones por cambio de viento: se utiliza en incendios con potencial de apertura de un flanco y/o zonas con frecuentes cambio de viento
- Ataque directo en pinza desde la cola a la cabeza, con posibilidad de apoyo de medios aéreos para incrementar la velocidad de control del perímetro: se utiliza cuando la cabeza del incendio se encuentra fuera de la capacidad de extinción pero la cola y los flancos se encuentra dentro de la capacidad de extinción, ayudados por la dirección del viento general
- Ataque paralelo desde la cabeza a la cola o en sentido contrario a la dirección del viento: se utiliza en los flancos largos de incendios de conducción favorable por la topografía y las velocidades moderadas o altas del viento
- Confinamiento de la cabeza y ataque indirecto con medios aéreos para la ampliación de la línea de defensa y/o el apoyo de las labores de quema de los medios terrestres en los puntos débiles del fuego (alineaciones favorables): se utiliza en incendios con cabeza o flancos fuera de la capacidad de extinción
- Confinamiento de la cabeza y ataque indirecto con retardante de largo plazo en la cabeza: se utiliza en incendios con grandes velocidades de propagación y/o intensidad, fuera de la capacidad de extinción, con objeto de mitigar el comportamiento del fuego y el salto de focos secundarios en la cabeza

La capitalización de la experiencia permite identificar como estrategia general, para los incendios de viento en escenarios llanos, el cierre de los flancos con objeto del estrechamiento de la cabeza. Si la velocidad del viento no disminuye, existen oportunidades para el ataque en cabeza en estrechamientos debido a la presencia de una ladera con vientos locales (contravientos), la presencia de zonas agrícolas, la discontinuidad de combustibilidad o la confluencia de valles. En este último caso, la velocidad de propagación disminuye pero la confluencia puede ensanchar el frente e incrementar el salto de focos secundarios. En los incendios conducidos por viento en zonas con relieve o por viento terral se debe, no sólo cerrar los flancos, sino también confinar la cabeza. Existe una primera oportunidad de reducir el potencial de la cabeza, antes de la afección completa de los vientos locales del relieve, mediante el ataque a los flancos.

Generalmente, la cabeza se escapa afectando otra ladera, debiendo dirigir los esfuerzos a que el flanco no alcance la divisoria secundaria, que puede generar nuevas carreras alineadas con el viento. El flanco se abre aunque continúa succionando hacia la cabeza (contravientos). Las condiciones orográficas, la continuidad del combustible y el humo limitan las operaciones de combate a pesar de los contravientos. La oportunidad de combate se encuentra en las divisorias, donde se crean fenómenos de contraviento al otro lado de la misma, limitando su propagación. No obstante, los trabajos deben realizarse a sotavento por debajo de la divisoria, debido a las turbulencias generadas en la misma divisoria, que pueden generar un gran número de focos secundarios.

4.1.3.5 Incendios conducidos por la topografía

Consideraciones generales

La propagación de un incendio está dominada por tres factores principales: orientación de la ladera, dirección del viento y pendiente, dos de los cuales se encuentran en relación directa con la topografía. El patrón de propagación de esta tipología de incendios es dinámica en base a los cambios espaciales y temporales de los tres factores. En este sentido, la cola, cabeza y flancos del incendio se van intercambiando sus roles. Este efecto se acentúa con el

cambio de las condiciones diurnas y nocturnas, debido a movimiento de las masas de aire por la radiación solar o calentamiento. Durante el día los vientos de media ladera y fondo de valle son ascendentes y las brisas marinas del mar a la tierra. Por la noche, los vientos de ladera son descendentes y las brisas marinas de la tierra al mar.

El ámbito de combate de los medios de extinción es la cuenca hidrológica, donde se encuentre el incendio, incluyendo el torrente principal y los nudos de barrancos o torrentes secundarios, que constituyen carreras secundarias con gran potencial en alineación de viento general en la divisoria.

Estrategias de combate

Se pueden utilizar diferentes estrategias en base a la topografía, el fenómeno de vientos locales, el momento del día de ocurrencia del incendio y la existencia de puntos débiles en el terreno. Las laderas de exposición sur y oeste son los de mayor potencial debido a su alineación con la dirección de máxima pendiente y el viento. Las estrategias de combate más habituales son:

- Ataque directo en pinza desde la cola a la cabeza: se emplea cuando el fuego es incipiente y/o la topografía es suave o existen discontinuidades del combustible
- Ataque directo por el flanco de mayor potencial con apoyo de medios aéreos para evitar su alineamiento con el viento general
- Ataque indirecto del flanco de mayor potencial mediante el empleo de retardante de largo plazo: se emplea en zonas abruptas o inaccesibles en el flanco de mayor potencial debido a su alineación con el viento general
- Ataque paralelo para evitar la apertura de los flancos y estrechar la cabeza del incendio: se emplea cuando el fuego tiene envergadura y no permite el ataque directo y se dispone de líneas o puntos de anclaje
- Ataque indirecto de la cabeza del incendio con retardante de largo plazo: se emplea cuando existe gran potencial de generación de focos secundarios, con objeto de disminuir dicho potencial que puede generar una segunda cabeza de incendio y una succión del frente principal
- Ataque indirecto de la cabeza o los flancos del incendio empleando los medios aéreos para crear una línea de defensa química o una ampliación de una línea ya existente: el ataque indirecto de la cabeza por medios terrestres es muy peligroso por el potencial de deflagración, que pone en peligro a los combatientes. Se utiliza con objeto de evitar que el incendio alcance un fondo de valle o nudo de barrancos.

La capitalización de la experiencia permite identificar como estrategia general, el cierre de los flancos, con prioridad en el flanco con mayor potencial para la alineación con el viento en divisoria. Generalmente, el mayor potencial se encuentra en la ladera insolada o de mayor combustibilidad. El trabajo se centra en el combate conjunto de medios terrestres y aéreos para el cierre del flanco, aunque generalmente la velocidad de propagación no permite el cierre completo del mismo antes de su apertura, sólo la parte inferior. En los puntos débiles, como caminos en sotavento por debajo de la divisoria, se proceden a maniobras de ataque indirecto, como quemas de ensanche favorecidas por el contraviento, para la estabilización de la cabeza. Esta estrategia exige un correcto cumplimiento del protocolo de seguridad operacional OCELA (observación, comunicación, rutas de escape, zonas seguras y anclaje de las actuaciones) y un apoyo de los medios aéreos, puesto que los focos secundarios pueden caer por debajo del lugar de trabajo de los combatientes. Si el fuego progresa por cabeza se buscarán nuevos puntos débiles en zonas agrícolas, caminos

de fondo de valle, dehesas, etc., realizando nuevas maniobras de ataque indirecto con ayuda de los medios aéreos. En los flancos, con ayuda de los helicópteros, para rebajar la intensidad de las llamas e incrementar la velocidad de cierre del perímetro, se procede, de cola a cabeza, a un tendido de mangueras y ataque directo con herramientas manuales.

4.1.3.7 Incendios conducidos por la convección

Consideraciones generales

La denominación de incendio convectivo se encuentra en relación con el movimiento vertical del aire en altura y la dinámica de circulación de vientos en el entorno del incendio. En este sentido, los incendios convectivos son incendios dominados por la cantidad de combustible disponible y la inestabilidad atmosférica en altura y grado de humedad en las capas superiores de la atmósfera. En un incendio convectivo se pueden distinguir cuatro fases:

- Inicio: rápido desarrollo de la columna convectiva en las capas bajas motivado por la inestabilidad en relación al gradiente de temperatura y la alta disponibilidad del combustible
- Crecimiento: a medida que el incendio se desarrolla la columna de convección absorbe el viento a media llama, acelerando el proceso de combustión, y generando un incremento exponencial de la actividad del fuego
- Sustentación: la columna de convección y la disponibilidad del combustible mantienen la propagación del incendio
- Finalización: el fuego se mitiga por la disponibilidad del combustible o la aparición de inversiones térmicas

En cuanto a las labores de extinción, estos incendios son muy peligrosos e impredecibles, ya que se generan una gran cantidad de focos secundarios desde la columna de convección en todas las direcciones. Los focos secundarios cercanos al frente son succionados por la circulación del viento de superficie, que es favorecida por el desarrollo de la columna y/o las corrientes descendentes de aire seco. Esta succión del frente en situaciones de inestabilidad atmosférica da lugar a torbellinos de fuego y a un comportamiento errático del mismo, con el consiguiente peligro para el atrapamiento de los combatientes.

Estrategias de combate

Se pueden utilizar diferentes estrategias en base a la inestabilidad atmosférica y la velocidad del viento. Son incendios muy virulentos e impredecibles, con una columna de humo desarrollada y caída de focos secundarios en todas las direcciones. Las estrategias de combate más habituales son:

- Ataque directo en cola o flancos para evitar su apertura y la generación de nuevas carreras en dirección a la cabeza del incendio: el ataque debe anclarse en zonas de seguridad de acuerdo al protocolo OCELA, siendo la más apropiada dado el potencial del incendio, la zona quemada, siempre y cuando no exista potencial de retorno
- Ataque paralelo de los flancos con ayuda de los medios aéreos para evitar la generación de nuevas carreras: se realizará con el empleo de medios aéreos, apoyado por unidades de tierra y con el empleo de fuego técnico desde la cola a la cabeza, con la máxima precaución por el salto de focos secundarios a la espalda de los combatientes

- Ataque indirecto de flancos mediante retardante de largo plazo: se emplea en zonas de orografía abrupta y/o inaccesible de gran potencial de apertura y dificultad de extinción debido a que los medios terrestres no deben acceder por el potencial de deflagración del incendio
- Ataque indirecto de la cabeza del incendio con retardante de largo plazo: se emplea cuando existe gran potencial de generación de focos secundarios, con objeto de disminuir dicho potencial que puede generar una segunda cabeza de incendio y romper la dinámica de propagación mediante succión de los focos secundarios por el frente
- Ataque indirecto en la cabeza del incendio en puntos débiles mediante la ampliación de una línea de defensa, existente o construida con medios mecánicos, con ayuda de los medios aéreos. El ataque debe realizarse fuera de la zona de influencia de la columna de convección, ya que el frente del incendio absorberá por succión a los focos secundarios y puede provocar el atrapamiento de los combatientes
- Ataque indirecto en la cabeza del incendio en puntos débiles mediante la defensa de una línea de control ante el salto masivo de focos secundarios: se emplea cuando los medios terrestres se encuentran desarrollando tareas de apertura de líneas de defensa o de fuego técnico para la estabilización del fuego

Los incendios convectivos son incendios de gran virulencia, por lo que el ataque a la cabeza es muy peligroso y poco efectivo. El ataque debe fundamentarse en un cambio de las condiciones meteorológicas, en la alineación de las fuerzas o en la disponibilidad del combustible. La estrategia general de ataque se centra en el anclaje de la cola y el cierre de los flancos por su parte inferior, donde se produce la retroalimentación del incendio, debido a la entrada del aire limpio. Cuando las condiciones son más favorables y/o existen puntos débiles, el ataque en cabeza debe realizarse en zonas sin combustible, a modo de zona de seguridad, puesto que existe gran potencial de salto de focos secundarios a la espalda de los combatientes, que pueden ser atraídos por la columna de convección. En incendios convectivos con formación de pirocúmulo, el lanzamiento de focos secundarios es errático, siendo frecuente la ignición en los flancos, lo cual provoca el crecimiento de la cabeza, y nuevas carreras, que pueden terminar convirtiéndose en cabeza del incendio.

4.1.4 Puntos débiles/críticos de los planes y protocolos de extinción actuales para su adaptación al cambio climático

Los planes y protocolos de extinción de incendios forestales presentan, al igual que los planes de prevención, ciertas carencias o debilidades que suponen puntos críticos en los que incidir para lograr su adaptación a las condiciones previstas por el cambio climático. A continuación se resumen estos aspectos críticos, algunos de los cuales coinciden con los ya comentados para el caso de los planes de prevención:

- Dificultad de coordinación de las comunicaciones cuando intervienen medios y recursos de diferentes regiones o comunidades autónomas. Esto se debe en parte a la utilización, en estos casos, de las distintas lenguas oficiales del estado y a la no existencia de un mando único unificado que asuma la dirección de la extinción.
- Frecuentemente, la terminología empleada en los planes no está normalizada, utilizándose diferentes términos para referirse a la misma cuestión, o al contrario, en los distintos planes de extinción, lo que complica su entendimiento.

- Muchos planes de extinción no son revisados con la frecuencia que sería deseable para resultar eficaces.
- Los planes de extinción carecen de indicadores que permitan evaluar el funcionamiento de los mismos.
- Falta transferencia de conocimiento entre la investigación (científicos) y la gestión (organismos, instituciones y personal encargados de la extinción).
- Existe una importante demora en disponer de las imágenes de satélite a nivel nacional.
- Actualmente no hay legislación ni recomendaciones específicas de extinción en la RUI
- Con frecuencia, los protocolos no se cumplen en el momento de la extinción, debido a que no están hechos de manera realista. Al no ser acordes a la situación real del territorio y de los medios y recursos disponibles, a la hora de la verdad se procede de forma diferente a la especificada en el plan de extinción.
- La menor humedad del combustible y la mayor disponibilidad del combustible vivo proporcionan un escenario de virulencia para la progresión energética del fuego. Independientemente del escenario climatológico utilizado, la velocidad de propagación, la longitud de llama, la intensidad del frente de llama y el calor por unidad de fuego, se verán afectados en mayor o menor medida. Se recomienda incidir en los siguientes aspectos relativos a la extinción:
 - El incremento de la velocidad de propagación provocará que gran cantidad de los incendios originados en zona de influencia se conviertan en incendios forestales. Dado el tiempo de respuesta en despacho automático de las brigadas y que el fuego avanza muy rápidamente por este modelo, aún sin grandes rachas de viento, los fuegos llegarían con una gran virulencia al terreno forestal, no siendo efectiva su contención en el cortafuegos perimetral.
 - El incremento en la longitud de llama facilitaría la transición del fuego de superficie a fuego de copas, incrementando la virulencia de las llamas. Es esperable, en base a los escenarios meteorológicos considerados, un incremento de fuego de copas y, en consecuencia, de las dificultades de las labores de extinción y los impactos ecológicos y socioeconómicos provocados por el fuego.
 - El incremento de la intensidad del frente de llamas dará lugar a cambios en las estrategias de combate. En muchos escenarios actuales (modelo de combustible + meteorología + topografía), donde se ha trabajado en ataque directo en el límite de las posibilidades de los medios terrestres de extinción, se deberá optar por técnicas de ataque indirecto.
 - El incremento en el potencial de retorno de incendios forestales. En algunas ocasiones, e incluso accidentes, el fuego se ha propagado por la superficie, e incluso de forma pasiva, pero no ha consumido la totalidad de las copas, o viceversa; existiendo la posibilidad de ante un cambio en la dirección del viento retornar o volver sobre lo quemado parcialmente. Este fenómeno, dada la mayor disponibilidad del combustible, puede dar lugar a fenómenos de atrapamiento. Especial cuidado habrá que disponer en la noche, con la modificación de los vientos locales y la acentuación de las condiciones de temperatura y humedad por el cambio climático.

- La mayor facilidad de reproducción de incendios. La menor humedad del combustible predicha, tanto del vivo como del muerto, facilitará la reavivación del incendio ante rachas fuertes de viento. Este hecho puede ser más frecuente a medida que se acentúen los cambios meteorológicos, tal como se ha puesto de manifiesto en los últimos años.
- El incremento de incendios convectivos. El cambio global derivado del cambio climático y la mayor presencia de combustible disponible a arder provocará que gran cantidad de incendios con un patrón de conducción inicial de viento y/o topográfico modifiquen su patrón hacia una conducción por convección.
- Incremento de la potencialidad de desplome de las columnas de convección. Dada la mayor disponibilidad del combustible y la inestabilidad atmosférica y la mayor previsión de siniestros convectivos, se estima un incremento de la probabilidad de colapso de la columna de convección, provocando el descenso del aire caliente seco con pavesas a la base de la columna, propagándose en todas las direcciones.

4.1.5 Cambios requeridos en la planificación de la prevención para la adaptación al cambio climático

- Mejorar la coordinación y las comunicaciones entre comunidades autónomas para el caso de incendios que afecten a más de una resulta básico para que el plan de extinción resulte eficaz. Este aspecto debe ser mejorado para lograr la adaptación de los protocolos al futuro escenario de cambio climático.
- Establecer de forma clara un mando único responsable de dirigir la extinción cuando intervengan agentes de distintas regiones. La falta de un mando único, que asuma la responsabilidad de dirigir la extinción, se traduce en falta de coordinación entre los distintos organismos implicados en la misma y por tanto disminuye su eficacia, además de poder llegar a poner en peligro a las personas que trabajan directamente en la extinción.
- Mejorar la transferencia de conocimiento científico a la extinción de incendios.
- Crear planes y protocolos de extinción específicos para la RUI, que tengan en consideración las especiales características de este tipo de zonas -elevada dispersión, elevada vulnerabilidad poblacional, dificultades de acceso para los medios terrestres...- que las convierten en especialmente complejas desde el punto de vista de la extinción de incendios.
- Necesidad de formación específica en incendios ocurridos en las interfaces urbano-forestal, puesto que es un incendio que no coincide en muchos aspectos con los peligros de un incendio forestal. Los incendios de interfaz requieren la adaptación y optimización de los medios disponibles a las circunstancias. La defensa de las estructuras dispone de tres tácticas principales: contención completa, contención parcial y contención imposible. La flexibilidad y la capacidad de movimiento de los medios, el uso adecuado de agua y otros recursos y una identificación efectiva de la táctica resultan fundamentales para las labores de extinción.
- Plantear periodos de vigencia menores para los protocolos de extinción. Estos deberían ser sometidos a una revisión parcial anual y siempre tras la ocurrencia de un siniestro grave.

- Los planes y protocolos de extinción deben contener cartografía de riesgo de incendio y de vulnerabilidad de territorio suficientemente precisa, actualizada y adaptada al objetivo que persiguen (la extinción de incendios). Para ello, sería recomendable introducir el riesgo diario de incendio como un factor a considerar en la determinación del nivel de riesgo y dar un peso importante a la vulnerabilidad poblacional.
- Especificar épocas de riesgo en función del riesgo diario de incendio, pero que éstas puedan ser modificadas según condiciones meteorológicas del momento. Por ejemplo, podrían definirse no de manera “estática” por fechas, sino de forma más dinámica en función del índice de riesgo diario (por ejemplo cuando sea mayor que un determinado valor y los X días siguientes).
- Normalización de la terminología empleada en ellos, para un mejor entendimiento y homogeneización.
- Incluir isócronas terrestres y aéreas. La cartografía de isócronas, especialmente las terrestres, resulta extremadamente útil en los planes de extinción, por lo que su inclusión obligada en los mismos es una medida positiva para adaptarlos a las peores condiciones esperables con el cambio climático. Además sería de gran utilidad que éstas fueran actualizables según la posición real de los recursos de extinción en cada momento.
- Dotar a los planes y protocolos de un sistema de indicadores para evaluar su correcto desarrollo y nivel de eficacia. Podrían utilizarse indicadores como tiempo de llegada de medios terrestres, número de recursos materiales y humanos empleados, duración total de la extinción, horas trabajadas por el personal de extinción...Esto permitirá evaluar el funcionamiento de los planes y establecer las acciones necesarias para mejorar los mismos y adaptarlos a la nueva situación definida por el cambio climático.
- Utilizar las nuevas tecnologías y recursos disponibles: simuladores incendios (FARSITE), programa LIDAR, simuladores de viento, estudios del CO₂ emitido, visores cartográficos de posicionamiento de medios que facilitan la posición de los medios de extinción en tiempo real, aplicaciones para la gestión de recursos que permiten el intercambio de posiciones de medios aéreos y terrestres entre distintas administraciones o CCAA en tiempo real para mejorar la adaptación de los protocolos a la realidad del territorio y hacer de ellos una herramienta más dinámica, capaz de adaptarse a distintas situaciones.
- Establecer mecanismos concretos y específicos para la extinción rápida de los grandes incendios, ya que se prevé que éstos sean más frecuentes con el cambio climático.
- Se recomienda incidir en los siguientes aspectos relativos a la extinción:
 - Incremento de la anchura de las líneas de defensa o línea a dos pies, dada la mayor intensidad del fuego. La apertura de líneas de defensa, dada su mayor anchura, requerirá de una mayor cantidad de tiempo, o se acudirá al empleo de quemas de ensanche para conseguir la anchura necesaria, en cuyo caso será necesaria una capacitación en quemas de las brigadas.
 - Incremento de los golpes de calor y de las caídas a consecuencia del cansancio y la fatiga. Dadas las mayores temperaturas, menores humedades relativas y la mayor transferencia del calor del frente de llama (radiación y convección), las

brigadas de combate trabajaran en unas condiciones de mayor riesgo de sufrir estos percances.

- Incremento de los atrapamientos dada la mayor intensidad, focos secundarios y fenómenos eruptivos. Las condiciones meteorológicas y la mayor inestabilidad atmosférica inducirán a saltos masivos de pavesas, a deflagraciones a fenómenos erráticos del fuego. Se debe prestar especial hincapié en la formación y cumplimiento del protocolo OCELA, principalmente cuando se trabaje en:

- ✓ Trabajos de extinción bajo una tormenta eléctrica
- ✓ Trabajos de extinción junto a líneas eléctricas, centros de transformación, parques fotovoltaicos, parques eólicos o catenarias
- ✓ Terrenos abruptos con gran cantidad de fondos de barrancos (fenómenos eruptivos)
- ✓ Fuegos descendentes conducidos por el viento (salto masivo de focos secundarios)
- ✓ Trabajos de control a media ladera en incendios conducidos por viento y/o topografía
- ✓ Fuegos conducidos por viento y/o topografía, donde se prevea la caída de la columna (incendio convectivo)
- ✓ Fuegos convectivos con viento o formación de pirocúmulo

- Necesidad de la creación de zonas de seguridad o de la aplicación de las ya existentes. Dada la mayor intensidad de los incendios se requerirán zonas de seguridad de mayor tamaño (en base al viento y el modelo de combustible circundante) y cercanía, para lo cual el Director de Extinción, deberá asumir perder alguna brigada de las labores directas de extinción con objeto de la creación de estas zonas para ella y el resto de cuadrillas asignadas a un sector.

- Necesidad de formación específica en maniobras de autoprotección (autobombas, refugios ignífugos, etc.), dado el mayor riesgo de atrapamiento inherente al nuevo régimen de fuego. Sería conveniente que los vehículos autobomba dispongan de una cantidad de agua en el depósito (300-500 l), ante la necesidad de realización de técnicas de autoprotección. En el caso de las brigadas terrestres, se debe proceder a la formación para la preparación de helisuperficies eventuales y extracción con helicóptero, para lo cual la quema de ensanche puede ser la herramienta de seguridad más adecuada.

- Incrementar el número de recursos disponibles en zonas con gran número de incendios simultáneos. Se ha comprobado que dotar de mayor número de recursos a aquellas zonas del territorio que sufren incendios simultáneos mejora la capacidad de extinción en ellas. Y puesto que en el escenario previstos por el cambio climático se prevé un aumento de este tipo de zonas (con gran número de incendios que ocurren a la vez) es lógico pensar que dotar a estas zonas de más recursos resulta una buena medida para adaptar los planes de extinción al cambio climático.
- Necesidad de una mayor cantidad de técnicos de coordinación aérea. Dados los incrementos exponenciales en el número y cantidad de horas voladas por los medios aéreos y el número de aeronaves motivados por el cambio en el régimen del fuego, se requerirá la formación específica de nuevos técnicos con objeto de que puedan abarcar sin fatiga incendios simultáneos o de quinta generación.

- Adaptación de los procedimientos de coordinación aérea a la mayor cantidad de medios simultáneos. Se deben atender a la mayor eficiencia en la coordinación tierra-aire mediante la sectorización aérea. Esta sectorización, en base al número de aeronaves y del tamaño del incendio, podría plantearse mediante un coordinador de medios aéreos dentro de la Sección de Planificación del Sistema de Manejo de Emergencias por Incendios Forestales (SMEIF), con un sub-coordinador de medios aéreos en cada sector (un técnico de operaciones podría adoptar este rol). Este sistema de organización podría mejorar la eficiencia en el ataque coordinador de los medios aéreos y los medios de tierra.
- Aumentar la dotación económica para medios terrestres, que son en realidad los que terminan extinguiendo el incendio.

4.1.6 Conclusiones

Los retos del futuro en relación con la adaptación al cambio climático no son fáciles y requieren de importantes compromisos de alta repercusión técnica y política. El cambio climático conllevará la generación de unos escenarios que darán lugar a fuegos virulentos y de mayores dimensiones que los actuales, cuyos efectos podrán reducirse tras una adaptación de la planificación contra incendios existente, tanto a nivel de prevención como a nivel de extinción.

En lo que respecta a la prevención, todo pasa por conseguir reducir la carga de combustible existente en el monte, para lo cual se han de tomar medidas a todos los niveles, no sólo de silvicultura preventiva, sino también políticas (e.g., ayudas a los propietarios forestales, sanciones, etc.), de concienciación ciudadana, económicas (revalorización del monte), de investigación o de infraestructuras.

En esencia, la prevención de los incendios ha de iniciar un proceso decisivo de cara a la reducción de la incertidumbre operacional. En la actualidad, los medios de extinción son potentes y la madurez y profesionalidad adquirida a lo largo del último decenio requieren de un mejor conocimiento de las oportunidades operacionales que el paisaje ofrece. Por tal motivo, es necesario modernizar las capacidades de interpretación de las dificultades operacionales en el territorio en función de los escenarios reales y potenciales. Además, ello viene obligado por limitaciones presupuestarias que, con más intensidad y necesidad, requieren del soporte y ayuda de modelos económicos de ayuda a la toma de decisión.

De igual forma, la extinción deberá adaptarse a un nuevo tipo de incendios, anticipándose a ellos en los puntos débiles o puntos estratégicos de gestión, mejorando las comunicaciones y coordinación, valiéndose de las nuevas tecnologías, de la profesionalización de los medios, o diversificando los mismos, entre otras acciones.

La complejidad del paisaje obliga a reconsideraciones importantes en la búsqueda de los emplazamientos donde sean garantizadas las capacidades de extinción en términos de seguridad y eficiencia operacional. La ordenación del combustible ha de ser enfocada a ofrecer oportunidades de extinción y garantizar la protección de propiedades y habitantes.

4.2 ANÁLISIS DE COSTES Y EFICIENCIA EN LA INTERVENCIÓN CONTRA INCENDIOS

Francisco Rodríguez y Silva y Juan Ramón Molina Martínez

4.2.1 Introducción

Los escenarios actuales de cambio climático, están generando especiales situaciones que conllevan alteraciones en los procedimientos operacionales de supresión y extinción de incendios forestales. Los ambientes meteorológicos altamente xéricos derivados de las modificaciones climáticas, están influyendo de forma importante en la constitución de entornos de trabajo sujetos a severas condiciones de extrema sequedad en los combustibles muertos y fuerte estrés hídrico en los combustibles forestales vivos.

En este sentido y por efecto de estas influencias altamente desecantes, la disponibilidad de biomasa muerta se encuentra en un proceso de crecimiento continuado. Por otra parte, la frecuencia y relativa facilidad con la que se produce la penetración de corrientes de masas de aire subsaharianos, debido en parte al estancamiento de centros de altas presiones en las Azores, está produciendo durante los meses de verano, una fuerte inercia de influencia sinóptica caracterizada por muy altas temperaturas (del entorno de los 43°C), con muy baja humedad relativa, (en algunos casos inferior al 10%) y velocidades del viento de moderadas a elevadas.

Estos episodios, cuando se producían en los tres últimos decenios, su duración en el tiempo no era acusada, a lo más dos o tres días. Sin embargo, en el último decenio, se viene observando y registrando una mayor frecuencia y permanencia temporal sobre la península ibérica de estas “olas de calor”. La coincidencia de estas situaciones de extremas condiciones meteorológicas, con el desarrollo de acontecimientos de propagación de fuegos en incendios forestales, conduce a la generación de escenarios de compleja dificultad operacional en términos de extinción bajo condiciones de seguridad.

Además de la severidad meteorológica anteriormente mencionada, concurren otras circunstancias que de igual modo vienen a generar incrementos en la dificultad de extinción. Entre las más importantes, se pueden citar las emergencias derivadas de los incendios que evolucionan en entornos de carácter urbano-forestal, y el incremento de las cargas de combustibles disponibles tanto en superficie como en el dosel arbóreo.

La coincidencia en el espacio y en el tiempo de los factores indicados anteriormente, hace que los dispositivos de extinción desarrollen protocolos de intervención que vienen a estar caracterizados por modelos basados en actuaciones contundentes, caracterizados por la masificación de medios despachados. Con bastante frecuencia estas intervenciones, aun estando constituidas por un elevado número de medios de extinción, se encuentran fuera de capacidad de extinción, dado el potencial energético de las propagaciones de fuego en curso. En todo caso, y sin menoscabo del efecto de protección que la numerosa presencia de medios de extinción representa en emergencias caracterizadas por este tipo de escenarios de propagación, surge de inmediato la reflexión sobre los resultados esperados de la alta concentración de medios que intervienen, máxime cuando las oportunidades de extinción pueden estar limitadas comprometidas en sus resultados finales, y el despacho de los medios implica un fuerte incremento en los costes de extinción.

Con independencia de la contabilidad de costes en escenarios de alta severidad meteorológica anteriormente indicados, es importante manifestar que todo estudio que sobre costes de extinción sea necesario acometer sujeto a una determinada temporalidad comparada, encuentra dificultades por la carencia de datos que permitan elaborar las correspondientes series. En este sentido la información disponible en la bases de datos estadísticos de incendios forestales que gestiona el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), relacionada con los costes de extinción es escasa y no existe una tradición documental por parte de la administraciones responsables de la defensa contra incendios forestales en las Comunidades Autónomas que incluyan en sus correspondientes formularios o partes de incendios, la posibilidad de registrar dicha información. En todo caso y de forma ocasional, cuando un determinado incendio ha podido generar un especial impacto, puede que fuese considerado en su momento y en el proceso de elaboración documental del mismo, la inclusión de los costes de extinción generados, no siendo por consiguiente una práctica habitual. Obviamente este proceder, conlleva limitaciones cuando se quiere realizar un estudio de detalle a lo largo del tiempo.

Aun considerando los inconvenientes actuales, para poder disponer de información de calidad para abordar los estudios evolutivos con relación al tiempo y los costes de extinción. Se ha podido elaborar a partir de datos disponibles de los incendios registrados en Andalucía, un análisis a partir de la reconstrucción de un número determinado de siniestros registrados en los años 90 del siglo XX y en el último quinquenio del siglo XXI. A partir de la información generada, se ha podido realizar un estudio comparativo que muestra como el incremento de la severidad climática, viene a guardar una relación creciente con los costes de extinción.

La contabilización de costes de extinción, no puede ser entendida como una simple formulación aritmética, resultado de la integración combinada de los tiempos de actuación y los precios unitarios por hora de intervención de los medios intervinientes. Necesariamente hay que realizar los estudios de costes en base a la determinación previa de las influencias que sobre los costes unitarios, ejercen, la complejidad de las operaciones de extinción, la influencia de las condiciones de peligro meteorológico, la disponibilidad de medios, las implicaciones del comportamiento del fuego y finalmente las dificultades impuestas por los escenarios de trabajo en términos de protección civil. La contabilidad bajo la influencia de dichos factores, proporciona una evaluación ajustada a la realidad de los acontecimientos vividos.

4.2.2 Comportamiento de los costes de extinción en dos situaciones temporales

El estudio de carácter histórico-comparativo realizado en los incendios ocurridos en Beas (1993), Cázulas-Otívar (1999), Sierra de Lújar (2000), Mijas (2011) y Coín-Marbella (2012) (tabla 4.2.1). Los cuatro incendios seleccionados han proporcionado una importante información. Los costes de extinción han sufrido un fuerte incremento en los dos últimos decenios. En efecto desde el incendio de 1993 (Beas de Granada) que alcanzó el valor de 180.658.75 euros, hasta el incendio del año 2012 (Coín) con un valor de 510.017,13 euros, los costes totales de extinción se han visto incrementado en un 182%. Observando los datos de la tabla 4.2.1, en la que aparecen desglosados los costes parciales en medios de extinción terrestres y medios de extinción aéreos, se comprueba que los costes en medios terrestres se han incrementado en un 163% en este período, mientras que los medios aéreos lo han hecho un 478%. El mayor incremento experimentado en los costes de los medios aéreos responde tanto al mayor número de aeronaves empleadas en las operaciones de extinción, como a un fuerte incremento en el número de horas voladas

en cada uno de los períodos operacionales correspondientes a los incendios analizados. Sin duda, los ratios obtenidos ponen de manifiesto el incremento en la dificultad de extinción que se ha producido en las operaciones de extinción de grandes incendios forestales en los últimos veinte años.

Tabla 4.2.1. Costes de grandes incendios entre los años 1993 y 2012. (A) Beas, (B) Cázulas-Otívar, (C) Sierra de Lújar, (D) Mijas, (E) Coín-Marbella.

Costes incendio	A	B	C	D	E
Superficie total (ha)	6.176,00	2.258,00	1.207,00	1.704,50	8.226,00
Superficie/hora (ha/h)	108,35	42,60	23,67	47,35	195,86
Horas de extinción	57,00	53,00	51,00	36,00	42,00
M. Terrestres (€)	115.749,44	118.489,00	123.940,72	103.654,72	134.659,26
M. Aéreos (€)	64.909,31	176.912,48	111.863,98	239.222,10	375.357,87
Coste Total (€)	180.658,75	295.401,48	235.804,70	342.876,82	510.017,13
Coste por ha (€/ha)	3.169,45	5.573,61	4.623,62	9.524,36	12.143,27

Representando en un gráfico los costes incluidos en la tabla 4.2.1, se puede observar la fuerte pendiente de la curva que muestran los costes alcanzados en cada uno de los incendios analizados (registrados en las provincias de Granada y Málaga entre los años 1993 y 2012), así como la fuerte tendencia en el crecimiento de los mismos en los dos últimos decenios (Fig. 4.2.1).

Como ha quedado indicado anteriormente, se observa en la actualidad una especial dificultad operacional en la gestión operacional de las acciones de extinción. Se puede indicar que predominan situaciones de clara incertidumbre en las respuestas de propagación de los frentes de fuego, que están generando la adopción de soluciones tácticas basadas en la respuesta contundente en el despacho de medios. La masiva concentración de medios tanto terrestres como aéreos, proporciona inicialmente márgenes de confianza en los responsables de la dirección estratégica de las emergencias.

Si estas conductas, pueden ser entendidas como una respuesta al temor derivado de un fuerte incremento de la afectación superficial, las consecuencias directas de las mismas, son las de una elevada contabilidad de costes con frecuencia desde los estadios iniciales. Esta elevada concentración de medios, no suele contemplar una desmovilización progresiva, sino más bien una continuidad en el tiempo incluso más allá de la fase de estabilización de perímetros. Esta forma de minimizar la incertidumbre operacional, implica una elevación de los costes de extinción.

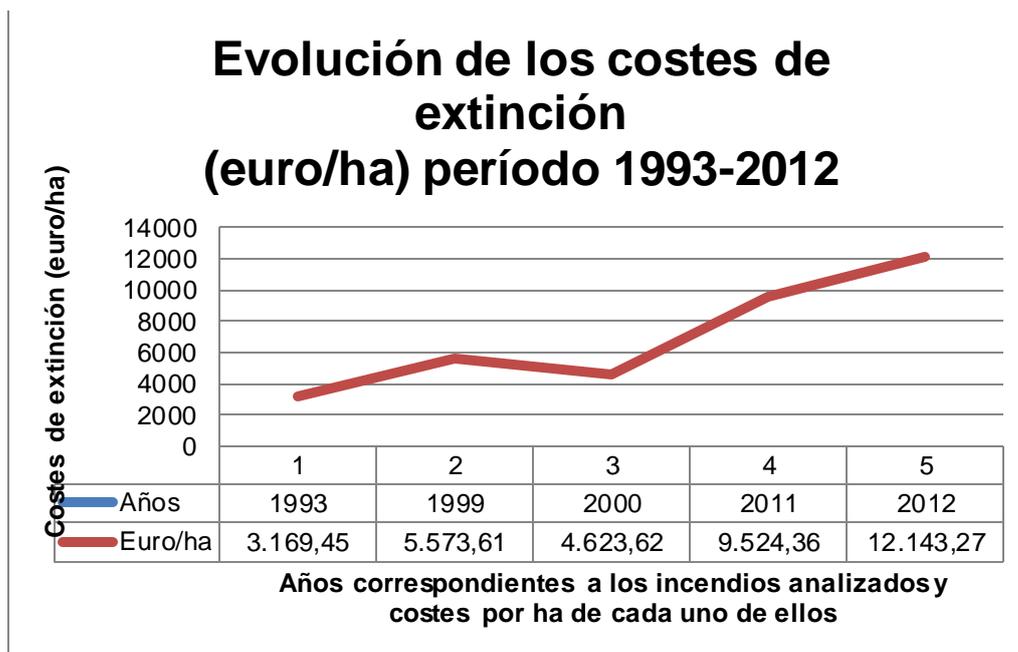


Figura 4.2.1. Gráfico de evolución histórica de los costes de extinción. Período 1993-2012.

Los protocolos que imperaban en la década de los ochenta y noventa del siglo XX, se caracterizaban por una movilización progresiva de los medios según el grado de complejidad de los escenarios de extinción. El proceso de transición ataque inicial hacia el ataque ampliado, permitía una secuencia progresiva en la incorporación de medios de extinción, con ello los costes generados eran consecuencia del estado evolutivo de las propagaciones.

Ésta marcada diferencia en los procedimientos de despacho y movilización de los medios de extinción, más la complejidad de los escenarios de trabajo (fuerte incremento de la biomasa disponible para el fuego, severidad meteorológica y condicionantes por emergencias de protección civil de poblaciones y propiedades), constituyen entre otros, los factores responsables de la continuada elevación en los costes de extinción.

Esta situación viene siendo observada de igual forma en otros países con elevada tecnología en las acciones operacionales asociadas con la extinción de incendios. En efecto, en una reciente publicación, John M. Díaz manifiesta que en estudios comparados entre registros de incendios correspondientes al año 1998 en Florida y 2003 en California, se viene observando un cambio en la escala dimensional y en la duración temporal de los incendios que surgen. Con ello las propagaciones se desarrollan generando mayor severidad en el impacto y los costes incurridos, al igual que lo analizado en España, muestran un incremento continuado en el tiempo. En dicho trabajo se recoge un comparativo entre 1998 y 2003.

Para el primer año, con un total de superficie de 199.600 ha afectadas en Florida, los costes de extinción se situaron en cien millones de dólares y el impacto económico total fue evaluado en 880 millones de dólares. Para el año 2003 en el condado de San Diego (California), la superficie afectada alcanzó el valor total de 150.400 ha, siendo los costes de extinción generados 43 millones de dólares, en tanto que la contabilidad total del impacto de los incendios registrados, fue contabilizado en 2.450 millones de dólares (Díaz John M. 2012).

Se puede manifestar que de forma general se observa una mayor tendencia en la generación y desarrollo de incendios catastróficos que arrojan elevadas cantidades en la evaluación económica de los impactos ocasionados. Al igual que en Estados Unidos, en España se viene observando un incremento en la generación de incendios de alta severidad, con un patrón de comportamiento complejo y que con frecuencia presenta una extraordinaria capacidad de consumo. En el año 2012, tuvo lugar el gran incendio de Coín (Málaga), que en 24 horas llegó a afectar a una superficie de 8.225,75 ha, las consecuencias económicas fueron las siguientes, los costes de extinción ascendieron a 510.00 euro y el impacto económico de las pérdidas tanto en recursos tangibles como intangibles alcanzó el valor de 38 millones de euro (Fig. 4.2.2). Recientes herramientas de evaluación inmediata, permiten la obtención del impacto económico sobre los recursos naturales (tangibles e intangibles) afectados por las propagaciones del fuego.

De esta forma, análisis potenciales del alcance de las pérdidas económicas, pueden proporcionar información de carácter estratégico para la toma de decisión en la planificación defensiva del paisaje forestal frente a los incendios. Dicha herramienta integra algoritmos de evaluación del cambio neto en el valor de los recursos dependiente del nivel de intensidad del fuego, conjuntamente con el simulador gráfico de la propagación espacial del fuego, ambos motores de cálculo conforman con carácter principal el programa Visual-Seveif, desarrollado por el Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Córdoba (LABIF-UCO) (Rodríguez y Silva et al. 2013, 2014). De igual forma los estudios de costes han de ser abordados con un enfoque de mayor profundidad econométrica, en este sentido los análisis de eficiencia operacional en términos de productividad, sin duda puede ayudar a revisar la trayectoria evolutiva en el análisis de los costes de extinción, sin dejar de considerar los valores económicos de los recursos naturales (tangibles e intangibles) que se han conseguido salvar en función de las decisiones operacionales trazadas (Rodríguez y Silva y González-Cabán, 2016). Esta metodología ofrece interesantes oportunidades de investigación en relación con las adaptaciones al cambio climático.



Figura 4.2.2. Panorámica del incendio de Coín, 2012 (Málaga).

En un reciente documento publicado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (2015), se recoge una interesante información que proporciona sin duda alguna, un dato altamente significativo en relación con el cambio global y los incendios forestales. En el año fiscal de 1995 el presupuesto destinado por la agencia federal a la defensa contra

incendios forestales representó el 16% del presupuesto total asignado por el Congreso al Servicio Forestal. En el año fiscal 2015, dicho porcentaje subió hasta un 52% y con la escalada de necesidades presupuestaria observada entre ambos períodos inter-temporales, ha sido realizada una proyección para el año 2025, estimándose que el porcentaje se podría situar en el entorno del 67% (USDA, 2015). En definitiva, se detecta un fuerte incremento de necesidades presupuestarias para hacer frente a la complejidad creciente en las operaciones de extinción de los incendios forestales, en los ambientes que vienen a generar los escenarios de cambio climático.

No es tarea fácil, abordar estudio de carácter económico en relación con los costes de extinción, evaluación económica de los impactos y asignaciones presupuestarias. La información no se encuentra centralizada y predomina la dispersión de datos entre agencias e instituciones. A veces la información no es precisa y presenta vagas generalidades que sin duda alguna representa serias dificultades para poder realizar análisis de tendencias. Con todo y con ello y con carácter puntual, se pueden encontrar oportunidades que permiten realizar estudios de carácter local, de los que se pueden extraer interesantes consecuencias que ayudan a comprender los efectos que las implicaciones del cambio climático, representan en el aspecto cuantitativo de los estudios de costes.

El análisis estratégico de las necesidades presupuestarias, requiere de la integración de variables que evalúen de forma total las necesidades de los programas de defensa contra incendios forestales. Para ello es necesario acometer el reconocimiento comarcalizado del paisaje forestal, incorporando el régimen histórico de incendios, el valor económico de los recursos naturales existentes, el cambio neto en el valor de los mismos por efecto de los incendios potenciales, el costes de los medios de extinción, sus rendimientos operacionales y las combinaciones de medios que puedan conformar las soluciones estratégicas de extinción (Rodríguez y Silva y González-Cabán, 2016).

Si a lo anterior se incorporan los factores económicos relacionados con la mayor o menor resiliencia de los recursos afectados, se puede obtener una información presupuestaria completa y su respuesta en la defensa de la comarca objeto del programa. Sin duda este proceder proporciona herramientas de gestión presupuestaria en el marco de la adaptación al cambio climático.

4.2.3 Conclusiones

La complejidad operacional de las acciones de extinción, sin duda, es creciente. Lecciones aprendidas en los últimos años ponen de manifiesto la hostilidad de los escenarios de supresión de los incendios forestales. La confluencia de los factores responsables del cambio global está conformando episodios en los que la dificultad en las operaciones de extinción se hace creciente. Las probabilidades de trabajar frente a incendios escapados a las capacidades de extinción es cada vez mayor. Esta realidad está representando un efecto directo en el incremento de los costes de extinción. Ahora bien, el reto ante este incremento de consumo presupuestario obliga a profundizar con responsabilidad en los estudios de eficiencia del gasto requerido. En este sentido, el análisis de los costes de extinción no puede ser tratado como una simple contabilidad aritmética de los gastos incurridos.

Es necesario cualificar el volumen del gasto realizado y en este sentido, las herramientas basadas en la *eficiencia y productividad* permiten abordar el análisis y seguimiento avanzado de los costes generados por incendio en función del cambio neto en el valor de los recursos afectados. Con ello se consigue una importante

retroalimentación que pone en valor las decisiones estratégicas de cómo fueron consideradas las acciones de extinción por cada incendio extinguido.

Con la experiencia y profesionalidad actual en los medios de actuación, los avances en la mejor gestión presupuestaria dedicada a las operaciones de extinción necesitan de importantes cambios en los enfoques de gestión. La anticipación a los acontecimientos complejos pasa por la reducción de la incertidumbre operacional, lo que implica la necesidad de acometer, con detalle y profundidad de conocimientos, la identificación de los escenarios potenciales de extinción y en base a ello, y de forma conjunta con la valoración económica de los recursos afectables, determinar las oportunas estrategias de combate que minimicen los costes y las pérdidas, consiguiéndose con ello maximizar la eficiencia operacional.

El análisis estratégico de las necesidades presupuestarias requiere de la integración de variables que evalúen de forma total las necesidades de los programas de defensa contra incendios forestales. Para ello es necesario acometer el reconocimiento comarcalizado del paisaje forestal, incorporando el régimen histórico de incendios, el valor económico de los recursos naturales existentes, el cambio neto en el valor de los mismos por efecto de los incendios potenciales, los costes de los medios de extinción, sus rendimientos operacionales y las combinaciones de medios que puedan conformar las soluciones estratégicas de extinción. Si a lo anterior se incorporan los factores económicos relacionados con la mayor o menor resiliencia de los recursos afectados, se puede obtener una información presupuestaria completa y su respuesta en la defensa de la comarca objeto del programa. Sin duda, este proceder proporciona herramientas de gestión presupuestaria en el marco de la adaptación al cambio climático.

4.2.4 Bibliografía

- Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M. & Kraus, P. D. 2011. Prevention of large wildfires using the fire types concept. Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya: Barcelona, Spain.
- Díaz John, M. 2012. Economics impacts of wildfire. Southern Fire Exchange. SFE Fact Sheet 2012-7. http://fireadaptednetwork.org/wp-content/uploads/2014/03/economic_costs_of_wildfires.pdf
- Rodríguez y Silva, F., Molina, J.R. & González-Cabán, A. 2010. "SINAMI": a tool for the economic evaluation of forest fire management programs in Mediterranean ecosystems. *International Journal of Wildland Fire* 19, 927-936.
- Rodríguez y Silva, F., Molina, J.R., Herrera, M.A. & Rodríguez, J. 2013. Visual-Seveif, a tool for integrating fire behavior simulation and economic evaluation of the impact of wildfires. USDA Forest Service, General Technical Reports PSW 245. Proceedings of the fourth international symposium on fire economics, planning and policy: climate change and wildfires.
- Rodríguez y Silva, F., Molina, J.R. & Rodríguez, J. 2014. The efficiency analysis of the fire control operations using the VISUAL-SEVEIF tool. *Advances in Forest Fire Research*. http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_210
- Rodríguez y Silva, F. & González-Cabán, A. 2016. Contribution of suppression difficulty and lessons learned in forecasting fire suppression operations productivity: A

methodological approach. *Journal of Forest Economics* 25 (2016) 149–159.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfe.2016.10.002>

United States Department of Agriculture. Forest Service (USDA). 2015. The rising cost of wildfires operation: effects on the Forest Service's non-fire work.
<http://www.fs.fed.us/sites/default/files/2015-Fire-Budget-Report.pdf>

Vélez, R. et al. 2009. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Mc. Graw Hill.

5. PLANIFICACIÓN FORESTAL EN ESPAÑA ANTE LOS INCENDIOS FORESTALES - NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Juan Ramón Molina Martínez, Francisco Rodríguez y Silva, Carolina Quesada Cortés,
Mónica María Fernández Ramiro

5.1 INTRODUCCIÓN

La respuesta ante las consecuencias del cambio global y su acentuación por efecto de las alteraciones climáticas, ha de estar fundamentada en el establecimiento de instrumentos de planificación forestal basados en oportunidades de adaptación. En este sentido se hace necesario cometer la revisión de los protocolos de gestión, identificando los diferentes aspectos que manifiestan una clara insuficiencia en proporcionar soluciones tradicionales a problemas generados por los efectos del cambio global.

La determinación de las fortalezas y debilidades de los ecosistemas mediterráneos, ante la presión de los factores asociados al cambio global, proporciona una importante información de partida para la definición de las estrategias que ayuden a mitigar los impactos. Sin duda, la reconsideración y revisión de los modelos de gestión, es necesaria para poder definir las oportunidades de adaptación de los paisajes mediterráneos al cambio.

El análisis previo, necesario para la determinación y definición de las estrategias de adaptación, ha de estar basado en la integración del conjunto de perspectivas que identifican a los comportamientos de todos los agentes implicados. La evolución de la actual cobertura vegetal y sus alteraciones bióticas y abióticas, la presión antrópica en el uso del paisaje, así como las necesidades socioeconómicas derivadas del uso del territorio, componen de forma resumida las bases sobre las que ha de establecerse el cambio de paradigmas que ayude a la incorporación de avanzadas herramientas que permitan la adaptación de los ecosistemas mediterráneos al cambio global. La planificación de la gestión forestal del siglo XXI, ha de garantizar el uso múltiple del monte bajo los escenarios de cambio climático, desarrollando protocolos operacionales que proporcionen vitalidad en los ecosistemas y fortaleza para resistir y mitigar las perturbaciones derivadas del cambio climático.

5.2 REVISIÓN DE LOS SUPUESTOS CLIMÁTICOS DE PLANIFICACIÓN FORESTAL Y DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos del cambio climático y la variabilidad del clima en los ecosistemas naturales son evidentes en toda la geografía mundial, conduciendo al establecimiento de protocolos y planteamientos internacionales, como la reciente Cumbre del Clima (Francia, 2016). El cambio global, integrado a todos los niveles (climatológico, social, económico, cultural, tecnológico...) de forma interrelacionada, puede ser atribuible en

gran medida a la actividad humana. Sin lugar a dudas, el ámbito climático ha sido el aspecto de mayor divulgación por los medios de comunicación, debido a sus graves y directos efectos a corto y medio plazo.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con objeto de asesorar sobre todos los aspectos del cambio climático, fundaron en 1988 el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Hasta la fecha, el IPCC ha publicado cinco informes generales (1990, 1996, 2001, 2007 y 2014), haciendo énfasis en que el cambio del sistema climático alterará fuertemente el funcionamiento de los sistemas naturales.

Los cambios varían entre regiones geográficas, siendo algunas zonas geográficas más vulnerables que otras. A modo de ejemplo y, a grandes rasgos, se podría dividir Europa en cuatro áreas bioclimáticas o de afección del cambio climático: mediterránea, templado continental, templado oceánica y boreal. Aunque en el área boreal el cambio podría conllevar algún efecto positivo, como el aumento del rendimiento agrícola, en la Cuenca Mediterránea se esperan los efectos sean más acentuadas y de índole negativa. En el plano forestal, se espera un descenso en la productividad o existencias de madera, en el crecimiento anual medio, en la producción de productos no madereros y una mayor vulnerabilidad frente a las perturbaciones, lo que debe conllevar a una revisión de la planificación forestal.

5.2.1 Planificación forestal ante el cambio climático

Los sistemas forestales mediterráneos, situados en una zona de transición o ecotono climático, se encuentran fuertemente amenazados a causa del cambio global (IPCC, 2014). Aunque dentro de la Península Ibérica también se podría realizar una priorización de las zonas de mayor vulnerabilidad ecológica y/o socioeconómica, a nivel estatal cabe destacar los siguientes efectos:

- Cambios en los usos del suelo: la baja rentabilidad de terrenos agrícolas situados en zonas de baja productividad (precipitación anual, mala accesibilidad y fuerte pendiente), está conllevando a un abandono paulatino de tierras agrícolas, conduciendo a una matorralización de los mismos y, en consecuencia, a una transformación de suelo agrícola en suelo forestal (en cuanto a la vegetación no a la categorización de suelo se refiere) (Figura 5.1).

EL PAISAJE FRENTE A LOS GRANDES CAMBIOS. CAMBIOS CLIMATOLÓGICOS

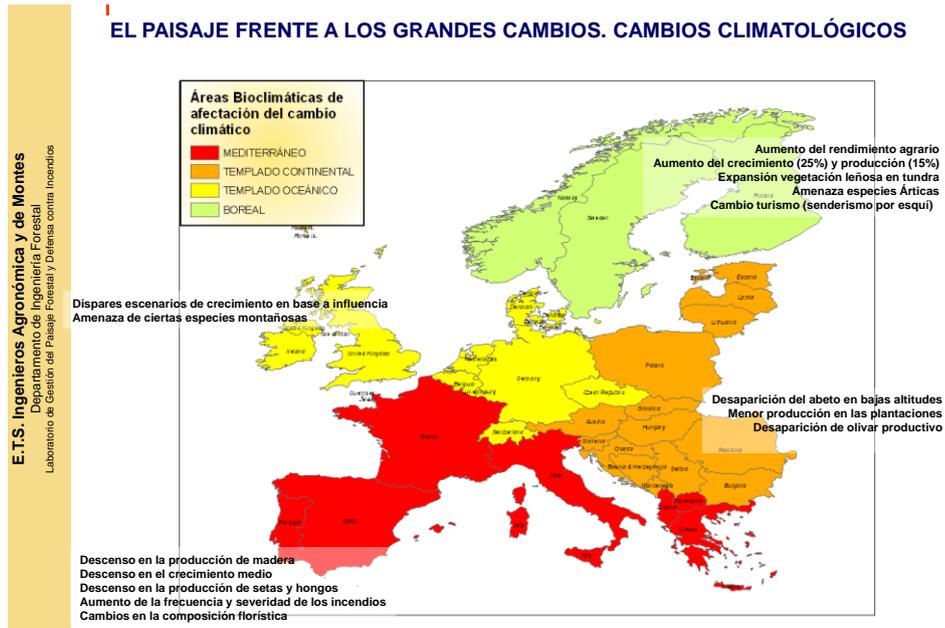


Figura 5.2.1. Distribución de las áreas bioclimáticas de afectación del cambio climático

- Cambios en la productividad forestal: la acentuación del estrés hídrico de la vegetación conllevaría un descenso en la calidad de las estaciones forestales, traducida en una disminución del volumen por unidad de superficie (prácticamente en la totalidad de la superficie) y, en consecuencia, en la rentabilidad de las operaciones de cosecha forestal.
- Cambios en la biodiversidad de flora y fauna: las condiciones meteorológicas y el estrés hídrico pueden dar lugar a problemas de desaparición de especies de ciertos ecosistemas, o desplazamiento de éstas, dado que se encontraban en el límite de su hábitat potencial (Figura 5.2).
- Cambios en la dinámica del ecosistema: los cambios en las condiciones de establecimiento de las plántulas pueden favorecer la colonización de otras especies en el estado de regenerado de la masa arbórea, dificultando la regeneración natural de los bosques, o al menos condicionándola espacio-temporalmente.
- Cambios en el régimen de perturbaciones bióticas (plagas y enfermedades), dada la mayor vulnerabilidad de la vegetación y, en consecuencia, una mayor mortalidad de la vegetación, principalmente arbórea (Figura 5.3).



Figura 5.2.2. Abandono de tierras agrícolas en Sierra de Filabres (Almería). Según el estudio de Herrera et al. (2010) se ha producido un abandono del 15% de las tierras agrícolas en este sector dada su baja rentabilidad. Estas tierras progresivamente van evolucionando hacia áreas matorralizadas. Este cambio provoca que zonas que pudiesen ser consideradas puntos débiles del fuego ante la ocurrencia de un gran incendio, ahora no lo sean tanto dada su combustibilidad.



Figura 5.2.3. La desertificación está avanzando sin control en el sureste peninsular, provocando cambios y pérdida en la vegetación. La Junta de Andalucía (2010) estima una afectación del 28% del territorio andaluz y un 84% de la provincia de Almería

- Cambios en la mortalidad del arbolado, como consecuencia del decaimiento generalizado del arbolado, a raíz de factores predisponentes, incitantes y contribuyentes (Figuras 5.4 y 5.5).

- Cambios en el régimen (frecuencia, intensidad y período de ocurrencia) de ocurrencia de grandes incendios forestales motivados por una mayor disponibilidad de la vegetación a arder y una mayor actividad humana.
- Cambios en la vulnerabilidad ecológica y socioeconómica de los ecosistemas al fuego dado el nuevo régimen de fuego del siglo XXI.
- Cambios en los protocolos de emergencias en el medio forestal, principalmente dirigidos a las emergencias en situaciones en la interfaz urbano-forestal, o lugares ocupados por segundas residencias o viviendas de recreo en época estival en el interior del bosque.



Figura 5.2.4. La procesionaria está afectando a grandes masas arbóreas, incluso en áreas que no habían padecido esta plaga. La enfermedad conlleva la defoliación del arbolado, pudiendo ocasionar mortalidad si el árbol se encuentra en mal estado; pero también conlleva una mayor disponibilidad del arbolado para la transición del fuego de superficie a fuego de copas.



Figura 5.2.5. La seca de los Quercus está afectando a gran cantidad de superficie, de forma acentuada en las dehesas del suroeste peninsular. Este decaimiento general del

arbolado responde a factores incidentes, predisponentes y contribuyentes. Dentro de los factores predisponentes, el cambio climático es probablemente el factor de mayor peso.

El paisaje forestal mediterráneo se caracteriza por una gran diversidad de condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas (estaciones forestales), que engloban una altísima biodiversidad (es considerado un hot-spot según Myers et al., 2000), y una gran cantidad de posibilidades para el uso multifuncional. Sin embargo, no se debe obviar la alta vulnerabilidad de estos bosques a un cambio en el régimen actual de las perturbaciones, principalmente ante incendios forestales (Pausas, 2012). Es previsible, que la vegetación sea capaz de conseguir paulatinamente un grado de adaptación al nuevo régimen de fuego, aunque ello puede conllevar la desaparición o desplazamiento de algunas especies y la colonización de otras. No obstante, la sociedad puede verse afectada de forma directa por el impacto sobre alguno de los servicios ambientales, que a día de hoy no es capaz de valorar, como el agua o la calidad del aire. El régimen de fuego puede dar lugar a graves problemas de erosión, sedimentación de pantanos, e incluso contaminación de acuíferos. Esta problemática ya se encuentra implícita en los impactos de los incendios de las Montañas Rocosas (Estados Unidos). De ahí la importancia de una gestión, a todos los niveles institucionales, que permita la identificación y mitigación de los impactos de las perturbaciones potenciales sobre las funciones y servicios que prestan los bosques mediterráneos, y la concienciación de la sociedad a los nuevos escenarios y a la convivencia con los mismos.

5.3.2 La planificación forestal ante los incendios forestales

La planificación forestal ante los incendios forestales incluye la propuesta de una serie de medidas de distinta índole destinadas a prevenir la ocurrencia y minimizar, en su caso, los daños ocasionados por los mismos. De forma general estas medidas pueden clasificarse en:

- Medidas de selvicultura preventiva. Estas están destinadas a lograr una estructura de masa con menor combustibilidad y mayor resistencia a la propagación del fuego. Esto se logra diversificando la masa, disminuyendo la carga de combustible forestal, favoreciendo la presencia de modelos de combustible de menor peligrosidad y creando discontinuidades lineales en la misma.
- Adecuación y mejora de la infraestructura viaria. La red viaria en el territorio objeto de protección debe asegurar –por longitud y por transitabilidad– el acceso seguro a cualquier parte del monte, de forma que pueda utilizarse para tareas de vigilancia móvil, para desplazamiento de los medios de extinción y como apoyo para creación de líneas de defensa.
- Adecuación de la red hídrica. La disponibilidad de agua en el monte, para su uso en la extinción, es fundamental para prevenir incendios de gran tamaño. Una adecuada distribución de la red de puntos de agua, asegurar el acceso a ellos por parte de los medios de extinción y un buen mantenimiento de los mismos, son las medidas frecuentemente propuestas en la planificación forestal contra incendios.
- Sistema de vigilancia y detección. Un sistema de puntos fijos y patrullas móviles de vigilancia que cubra la mayor parte del territorio resulta básico para la pronta detección de los incendios y para realizar labor disuasoria.
- Sistema de extinción. Asegurar que la distribución espacial de los recursos de extinción sea la adecuada para lograr tiempos de llegada al incendio suficientemente cortos.
- Medidas específicas de protección de la interfaz urbano-forestal (RUI).

5.2.3 Nuevos retos en la planificación de los sistemas forestales

La planificación forestal ha perdido el objetivo primario de antaño, fundamentándose en una visión multifuncional, con una alta incidencia en los productos forestales no madereros y los bienes paisajísticos. La sociedad valora en gran medida los servicios ambientales proporcionados por los montes, si bien su lógica económica sigue diseñada en base a los principios tradicionales insuficientes por si mismos para asegurar la sostenibilidad de las masas. La nueva planificación forestal se debe caracterizar por:

- Dinamicidad a corto y medio plazo en las alternativas de gestión.
- Adaptación a largo plazo de acuerdo a la planificación a corto y medio plazo y a la menor disponibilidad de recursos.
- Puesta en valor del aprovechamiento de biomasa forestal sostenible.
- Planificación en Puntos Estratégicos de Gestión (PEG) con objeto de la reducción de la vulnerabilidad ecológica y socioeconómica de los bosques mediterráneos.

La implementación de instrumentos eficaces para el desarrollo de una política forestal adecuada a las demandas de la sociedad exige la incorporación de las externalidades y perturbaciones de los sistemas forestales. La restricción de fondos, los cambios socioeconómicos y la presión antrópica hace difícil el mantenimiento de una ordenación de montes acorde a los objetivos tradicionales. En el contexto del cambio global, la planificación forestal tiene y debe dar respuesta a una gestión multifuncional y a una confrontación de intereses y paradigmas. La planificación requiere de un diagnóstico exhaustivo señalando las potencialidades y restricciones de cada rodal a nivel de rodal y a un nivel de escala superior (escala de paisaje u ordenación en mosaico). En este sentido, la flexibilidad del método de ordenación por rodales ha conllevado a un incremento en su implementación, pudiendo asociar o relacionar alguno de los rodales preestablecidos con PEG, integrando la planificación preventiva de incendios en la planificación integral del monte. En una ordenación por rodales, pueden y deben existir una gran variedad de rodales diferente tamaño, composición, densidad... configurando un paisaje en mosaico, con diferentes cargas de combustible, combustibilidad e inflamabilidad, disminuyendo las dificultades de extinción e incrementando los puntos débiles del fuego y, en consecuencia, las posibilidades de extinción.

5.2.4 Determinación de las necesidades de adaptación al cambio climático

La problemática del cambio climático debe ser abordada desde la mitigación (Azpitarte y Ascasibar, 2008; Canadell y Raupach, 2008) y la adaptación (Flannigan et al., 2006; Ribalaygua et al., 2008). Mientras la mitigación tiene por objeto la mitigación de los daños producidos (incremento captación de carbono, minimización de la deforestación y potenciación de las energías renovables, como la biomasa), la adaptación tiene como objeto la minimización del impacto negativo del cambio climático mediante políticas forestales. Las buenas prácticas de gestión forestal deben promover la alineación de ambas estrategias.

5.2.4.1 Necesidades de mitigación

La captura de carbono por los bosques ha suscitado mucho interés como enfoque de mitigación, puesto que se considera un medio relativamente económico para afrontar el cambio climático de forma inmediata. En este sentido, las estrategias en la mitigación

del efecto del cambio climático deben dirigirse a la captura de carbono y la conservación de las reservas forestales de carbono, mediante:

- Prácticas de reforestación, forestación o densificación del dosel arbóreo (Figura 5.6), con objeto de incrementar la superficie forestal arbolada, que son los principales ecosistemas fijadores de carbono.
- Prácticas de forestación de paisajes agrícolas, destinados a incrementar la cubierta forestal en áreas de abandono de los antiguos cultivos agrícolas debido a su baja rentabilidad.
- Prácticas incluidas en los proyectos de ordenación de las masas arbóreas destinadas a aumentar el tamaño del arbolado y, en consecuencia, las reservas de carbono y la capacidad de captura.



Figura 5.2.6. Las actividades de reforestación, densificación, aforestación y forestación deben realizarse de forma eficiente, considerando el efecto del cambio climático para el establecimiento de las plántulas. En este sentido, se recomienda un análisis del hábitat potencial futuro del área de interés mediante programas de simulación del hábitat potencial, como Maxent o GARP, con objeto de una mayor efectividad de las actuaciones. La fotografía muestra como una forestación se estableció en los primeros años, pero a raíz de la acentuación de las condiciones meteorológicas se produjo la mortalidad completa del arbolado

Entre los años 2000 y 2010, unos 13 millones de hectáreas de bosques se convirtieron a otros usos o se perdieron debido a causas naturales, de forma anual (FAO, 2010), y esta cifra puede verse incrementado por la mayor virulencia de los incendios forestales debido a la acentuación del cambio climático. El monitoreo espacial y temporal de las áreas afectadas por fuegos, plagas, enfermedades, huracanes, ... resulta una práctica fundamental a escala nacional y mundial. Dicha identificación debería incluir las superficies afectadas tanto por tipología vegetal como por intensidad de la perturbación, puesto que esta última determina la proporción del sistema forestal afectado.

El carbono medio fijado por los montes andaluces (Agudo et al., 2007), independientemente de su composición específica es de 16,34 t/ha para bosques de

coníferas, 16,41 t/ha para bosques de frondosas, 12,67 t/ha para bosques mixtos y 10,5 t/ha para matorral mediterráneo. A modo de ejemplo, para el incendio de Quesada del año 2015 (9.720 ha) la cantidad de carbono fijado perdido se estima en 100.024 t. No sólo este hecho, sino que el incendio produjo una gran cantidad de emisiones de gases a la atmósfera (se estiman unas emisiones de 153.697 t CO₂), disminuyendo la calidad del aire para las poblaciones circundantes y, en consecuencia, afectando al bienestar social. Dada la mayor predisposición del combustible a arder y la mayor virulencia de los siniestros, fruto del cambio global, se espera que los incendios emitan una mayor cantidad de gases contaminantes a la atmósfera.

5.2.4.2 Necesidades de adaptación

Las estrategias de adaptación se fundamentan en estrategias de fortalecimiento de la capacidad de adaptación de los árboles y los bosques y de las comunidades dependientes de los bosques, mediante:

- Gestión y conservación de la biodiversidad forestal y fomento de las masas mixtas a escala de paisaje, con objeto de la creación de estructuras forestales con mayor resistencia frente al cambio climático y a las perturbaciones generadas directa e indirectamente por éste.
- Mejora de la vitalidad del dosel arbóreo mediante tratamientos de disminución de la competencia por los recursos, principalmente claras y resalveos. Muchas de las especies mediterráneas requieren de espacio para la producción de semilla, la regeneración natural y el establecimiento de las plántulas, que establecería una estructura multicohorte y disminuiría la vulnerabilidad de las masas frente a las perturbaciones.
- Conservación de los recursos genéticos forestales, manteniendo y conservando los enclaves de mayor diversidad y preservando aquellos que se encuentran fragmentados, bien sea por causas antrópicas bien por su localización en el límite de su distribución potencial, agravada por el cambio climático.
- Diversificación de las oportunidades de empleo y los medios de subsistencia del medio forestal mediante el uso multifuncional del monte, enfocando hacia la valoración de los productos no madereros, los servicios ambientales y los bienes paisajísticos.
- Mitigación de la vulnerabilidad ecológica y socioeconómica de las masas forestales, mediante estructuras que limiten la transición del fuego de superficie a fuego de copas y la propagación por éstas. Se debe trabajar a escala de paisaje en Puntos Estratégicos de Gestión (PEG), donde realizar una disminución de la progresión energética del fuego, que posibiliten las labores de extinción de acuerdo a una distribución espacial preestablecida del combustible forestal.
- Concienciación social para el empleo del fuego de baja intensidad (quemadas prescritas) para la gestión preventiva de los sistemas forestales, dificultando la transición a fuego de copas e incrementando la eficiencia y rentabilidad económica de los aprovechamientos forestales, principalmente en lo que se refiere a la partida de eliminación de residuos en aprovechamientos de madera y/o biomasa.
- Planificación y gestión de la zona de influencia o periférica a las urbanizaciones o viviendas situadas en zona de interfaz urbano-forestal, con objeto de la disminución de los riesgos asociados al incremento de la virulencia y frecuencia de los incendios forestales, tanto para las personas como para los bienes inmuebles (Figura 5.7).

- Planificación de actuaciones o estrategias para la defensa de infraestructuras claves, como gaseoductos, refinerías, industrias..., que han visto incrementada su vulnerabilidad frente a perturbaciones, dado el aprovechamiento circundante de la tierra y su localización en área forestal y/o zona de gran presión humana (Figura 8).



Figura 5.2.7. Ejecución de quemas prescritas en las proximidades de viviendas, con objeto de eliminar el riesgo de llegada de un incendio a sus proximidades. Esta práctica se desarrolla en diferentes lugares (vgr., Jaén, Puertollano), fundamentalmente con gran incidencia histórica, si bien se requiere de una gran labor de concienciación social, con ayuda de los medios de comunicación locales. Fuente. GEACAM (2014).



Figura 5.2.8. Ejecución de quemas prescritas en las proximidades de una refinería de petróleo. Dado que se trata de una zona de gran riesgo histórico, se vienen desarrollando actuaciones anuales con objeto de eliminar el riesgo sobre la industria. El número de incendios ha descendido drásticamente a raíz de la ejecución del programa de quemas anual (un 90% de siniestros).

Todos los escenarios de cambio climático, en base al crecimiento demográfico y la cantidad de emisiones, y de distribución futura de especies, en base al hábitat potencial, se encuentran dentro de un marco de incertidumbre y, en consecuencia, bajo un rango de variabilidad. En cualquier caso, es previsible una evolución de los sistemas mediterráneos hacia unas condiciones inferiores en la calidad de estación, con menor producción, mayor competencia inter e intraespecífica y mayor importancia relativa de las especies colonizadoras. Dada la incertidumbre existente, y la mayor o menor afección en base a la localización y composición, será necesaria una gestión adaptativa mediante planes de ordenación completamente dinámicos, que permitan diferentes alternativas de manejo en función de las condiciones anuales y el trabajo a escala de rodal.

A modo de ejemplo, se podría optar por la ordenación de los alcornocales mediante un turno de descorche de 10 años, en contra de los 9 años actuales, con idea de si el corcho no “se da” (no permite descortezado sin hacer daño dadas las condiciones meteorológicas anuales) o no dispone de precios acordes a la rentabilidad del propietario, se disponga de un año más para el descorche, siendo la siguiente saca posible a los 9 ó 10 años respecto de esta primera, dada la dinamicidad propuesta. De igual forma, aprovechamientos no madereros, como el aprovechamiento de piñón de *Pinus pinea*, el cual dada su vecería dispone de una producción muy buena y otra buena cada siete años, requiere de una gestión dinámica para la mejora de las masas (podas, claras...) en el resto de años con baja producción. Incluso, la afección del cambio climático, puede condicionar a un cambio paulatino en la densidad de las masas para una mejora en la producción unitaria de productos forestales.

5.3.2 Medidas propuestas en los planes forestales contra incendios y adaptación de las mismas al cambio climático

En el caso concreto de los incendios forestales, los nuevos escenarios pronosticados por las proyecciones de cambio climático -y caracterizados por una mayor duración de las épocas de peligro alto de incendio, presencia de combustibles forestales más inflamables y mayor frecuencia de ocurrencia de incendios extremos- obligan a adaptar las medidas de planificación forestal contra incendios, de forma que continúen siendo eficaces en la nueva situación.

Para proponer la adaptación de las medidas de planificación forestal contra incendios a las nuevas condiciones consecuencia del cambio climático, se analiza primero cuáles de dichas medidas se prevé que sean más afectadas por el mismo para, a continuación, proponer la adaptación más adecuada.

Dentro de las medidas incluidas en cada uno de los bloques antes descritos existen aspectos concretos especialmente sensibles a las nuevas condiciones definidas por el cambio climático, y que por tanto deberán modificarse para adaptarse al mismo y así mantener su eficacia en los nuevos escenarios pronosticados por el mismo. Estos aspectos son los siguientes:

Actuaciones lineales de selvicultura preventiva: áreas cortafuegos, fajas cortafuegos, líneas de defensa y fajas auxiliares de pista.

Anchura de las actuaciones lineales de selvicultura preventiva

La presencia de modelos de combustible forestal de mayor peligrosidad, el aumento del riesgo de incendio y la mayor ocurrencia de incendios extremos pronosticados por el cambio climático, hacen pensar en la necesidad de adaptar el ancho de las infraestructuras

lineales de defensa contra incendios a esos escenarios futuros. La finalidad de este tipo de actuaciones es, por una parte, establecer discontinuidades en el combustible forestal que fragmenten el territorio y por otra constituir vías de acceso al terreno forestal y líneas de apoyo para posibles tareas de extinción.

Para cumplir estos objetivos, el ancho de estas infraestructuras debe impedir el paso del fuego por radiación y permitir el trabajo seguro de los medios de extinción sin que sufran quemaduras por calor radiante. Tradicionalmente, la anchura se establece en función de la longitud de llama del incendio, que a su vez viene determinada por el modelo de combustible presente en la zona. Por tanto, asumiendo que el cambio climático conllevará condiciones de propagación más peligrosas (con mayor longitud de llama) en esos modelos, es lógico plantear **que la anchura de las actuaciones lineales de defensa contra incendios debe aumentarse para mantener su efectividad en los escenarios propuestos por el cambio climático.**

Superficie protegida por áreas cortafuegos (300 ha- 1.000 ha)

Las redes de áreas cortafuegos se dimensionan y diseñan con el objetivo de dividir el territorio en “bolsas” de tamaño acorde al nivel de prioridad de defensa del mismo, de forma que aseguran así su defensa contra incendios. Estas redes se diseñan de forma jerarquizada, con tres órdenes de áreas cortafuegos –de mayor a menor anchura- que van englobando superficies de más a menos extensas.

Tradicionalmente las áreas de primer orden (mayor anchura) engloban superficies de entre 2.000 y 6.000 ha, las de segundo orden entre 500 y 1.500 ha, y las de tercer orden (las de menor anchura) rodean “bolsas” de entre 100 y 300 ha. Esta fragmentación del territorio resulta muy útil, tanto para la prevención como para la defensa contra incendios forestales. Considerando el escenario de mayor frecuencia de incendios virulentos y extensos (Grandes incendios >500 ha) que pronostica el cambio climático, una adaptación lógica de esta medida de planificación forestal es **reducir el tamaño de las superficies delimitadas por las áreas cortafuegos** con el objetivo principal de reducir la superficie susceptible de ser afectada por este tipo de incendios de consecuencias devastadoras.

Actuaciones superficiales de selvicultura preventiva: clareos, desbroces y podas

Este tipo de actuaciones tienen como finalidad diversificar la vegetación, crear diferencias de inflamabilidad, disminuir la carga de combustible forestal y modificar la estructura de la vegetación de forma que los modelos de combustible resultantes ofrezcan mayor resistencia a la propagación del fuego.

Tamaño de las actuaciones superficiales

Las condiciones pronosticadas por el cambio climático, y especialmente la mayor extensión de modelos de combustible más peligrosos (mayor presencia de matorrales xerófilos), sugieren la necesidad de dar más peso a este tipo de actuaciones en los planes forestales contra incendios. Es obvio que, por razones económicas y ecológicas, estas actuaciones no pueden extenderse a la totalidad de la superficie objeto de protección, pero sí debe contemplarse la posibilidad de que, como adaptación al cambio climático, los **planes contra incendios propongan actuaciones selvícolas superficiales en áreas más extensas que hasta ahora.**

Localización de las actuaciones superficiales

La ubicación de las actuaciones selvícolas superficiales debe planificarse cuidadosamente centrándose en las zonas forestales contiguas a puntos en los que es más probable la ocurrencia de incendios por actividades humanas (quema de pastos o

rastrojos, actividades recreativas, etc...). En un escenario de mayor riesgo, como el pronosticado por el cambio climático, todas **las zonas de monte colindantes con estos puntos de posible foco de incendio por causa antrópica deberán estar adecuadamente tratadas, para ofrecer resistencia a la propagación del fuego.**

Infraestructura viaria

Para asegurar la defensa contra incendios de un determinado territorio, la red viaria en superficie forestal debe ser suficientemente extensa y transitable como para permitir acceder, de forma segura y rápida, a cualquier parte del monte. Los viales deben permitir el acceso seguro de los medios terrestres de extinción, lo que implica que deben cumplir ciertas condiciones de anchura, señalización y estado del firme. Las medidas tradicionalmente propuestas en los planes contra incendios en este aspecto son: apertura de nuevos viales para cumplir con la densidad considerada óptima, adecuación y mejora de viales existentes para mejorar su transitabilidad y señalización de los mismos.

El escenario futuro previsto por el cambio climático pronostica una mayor ocurrencia de incendios virulentos y de grandes dimensiones, que requieren la intervención de numerosos medios terrestres (y también aéreos) de extinción. Por ello, la adaptación al cambio climático de las medidas propuestas en materia de infraestructura viaria debe ir en el camino de facilitar aún más el acceso y la circulación de los medios de extinción por el terreno forestal en caso de incendio. Para ello sería interesante:

- **Aumentar** el valor de **densidad viaria** considerado óptimo para cada nivel de prioridad de defensa.
- **Intensificar** las medidas de **adecuación y mantenimiento** de viales para asegurar su transitabilidad.
- **Mejorar la señalización** de todos los viales.

Infraestructura hídrica

La disponibilidad efectiva de agua en el medio forestal es fundamental para evitar la propagación de un incendio. Por lo tanto, asegurarse de disponer de una red óptima de puntos de agua que puedan ser utilizados por los recursos de extinción y garanticen la protección de los sistemas forestales es una medida que se contempla habitualmente en los planes forestales de prevención y lucha contra los incendios. Los dos criterios utilizados para asegurar la idoneidad de la red hídrica de un determinado territorio son:

- Un indicador cuantitativo de densidad hídrica en superficie forestal: Se utiliza como referencia la “*Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français*” del CEMAGREF (VV.AA., 1990), que plantea un módulo óptimo de 3,75 m³ cada 100 ha de superficie forestal.
- Un indicador cualitativo o de estado, referido a la facilidad de acceso de los medios de extinción a los depósitos y a la conservación de los mismos.

Considerando el empeoramiento de la situación actual pronosticado por el cambio climático, con peores condiciones atmosféricas, mayores acumulaciones de combustible forestal inflamable y mayor ocurrencia de incendios extremos, se plantea la siguiente adaptación de las medidas propuestas hasta ahora en este aspecto:

- **Aumentar la densidad hídrica** considerada óptima en los planes contra incendios. Para ello, deberá proponerse la ubicación de tantos puntos de agua como sea necesario para asegurar la llegada de los medios de extinción en tiempos adecuados.

- Asegurar una **localización adecuada** de los mismos, de forma que el acceso por tierra sea fácil, y una **distribución espacial** que permita cubrir todo el territorio objeto de protección.
- Asegurarse el **mantenimiento** de los mismos, de forma que se encuentren siempre en condiciones de ser utilizados.
- En la medida de lo posible, se instalarán **depósitos polivalentes**, que sirvan tanto para la carga de medios terrestres como aéreos (helicópteros).

Sistema de vigilancia

Un adecuado dispositivo de vigilancia debe asegurar la cobertura de todo el territorio objeto de protección mediante la ubicación de puntos fijos de vigilancia y la realización de vigilancia móvil, muy importante como elemento disuasorio. La rápida detección de un incendio es básica para evitar su propagación y por tanto evitar que el fuego se convierta en un incendio de grandes dimensiones, que supere la capacidad de los medios de extinción, con los riesgos y complicaciones que eso conlleva.

Con los nuevos escenarios pronosticados por el cambio climático esta detección temprana resulta aún más importante, y para lograrla es necesario disponer de un sistema de vigilancia (fija y móvil) que cubra adecuadamente todo el territorio que se pretende proteger. Las medidas que hasta ahora se proponen en este aspecto son:

- Vigilancia fija: instalación de torres de vigilancia en puntos adecuados para cubrir la mayor parte posible del territorio. Superficie visible mayor del 75%.
- Vigilancia móvil: establecimiento de patrullas e itinerarios de vigilancia móvil (con gran poder disuasorio), especialmente en las zonas no visibles y en aquellas con un mayor riesgo de incendio debido a la actividad del hombre.

Para adaptar estas medidas al nuevo escenario pronosticado por el cambio climático resultaría interesante definir Planes específicos de vigilancia preventiva para cada zona objeto de protección. Estos planes conllevarían la realización de las siguientes tareas:

- Establecimiento y revisión anual de una división territorial en función de las necesidades de vigilancia (prioridad de vigilancia).
- Asignación de medios de vigilancia (recursos e itinerarios) adecuados a cada nivel de prioridad, dando especial relevancia a la vigilancia móvil debido a su importante labor disuasoria y de concienciación.
- Revisión y actualización de los recursos disponibles en cada zona, valorando si son adecuados, deficientes o excedentes, de forma que puedan reasignarse a otras zonas.
- Definir un protocolo claro y conciso de actuación en caso de detectarse un incendio.
- Establecer reuniones del personal implicado en la detección con la periodicidad adecuada en función de la época del año para matizar funciones y definir misiones según el riesgo y la causalidad de los fuegos producidos.

Sistema de extinción

La extinción engloba el conjunto de trabajos dirigidos a actuar de manera directa o indirecta sobre el incendio con el fin de sofocarlo. Un adecuado dimensionamiento y planificación del sistema de extinción es fundamental para lograr tal objetivo. En la eficacia de la extinción desempeña un papel trascendental la correcta ubicación de los recursos y la adecuada coordinación entre los distintos organismos intervinientes.

Distribución de los medios de extinción

El tiempo de llegada de los medios de extinción a cualquier punto del territorio es un parámetro fundamental para evaluar la gravedad potencial de los incendios forestales.

Por ello, la planificación de las medidas de extinción debe ir dirigida a la optimización de la organización de los medios y recursos disponibles, estableciendo tanto el número como la disposición más adecuada de éstos de forma que sus tiempos de llegada a cualquier punto del territorio no supere los 25-35 minutos. En España, la mediana de tiempo de llegada de los medios terrestres al incendio es de 20 minutos (según un estudio de CIVIO, con datos procedentes de EGIF del MAGRAMA entre los años 2001 y 2013). Resulta obvio que los tiempos de llegada están, en cada caso, relacionados directamente con la red de viales disponible y su estado de conservación, pero también con la dotación y distribución de los recursos de extinción, que es a lo que hacemos referencia en este apartado.

En el escenario de mayor riesgo y mayor frecuencia de ocurrencia de incendios extremos que prevé el cambio climático resulta fundamental **mantener –o incluso mejorar- estos tiempos de llegada**. Para ello, simultáneamente a las medidas en materia de infraestructura viaria expuestas anteriormente, se plantea la posibilidad de realizar – en el marco de los planes forestales contra incendios- un **análisis previo de la ubicación óptima de los medios de extinción**, de forma que para todo el territorio objeto de estudio se cumplan los tiempos de llegada considerados máximos.

Coordinación de los organismos intervinientes.

El otro aspecto fundamental para lograr tiempos de llegada de medios y tiempos de extinción que eviten la propagación sin control del fuego es la coordinación entre todos los organismos e instituciones que intervienen desde que se detecta un fuego hasta que se da por extinguido. En el caso de los grandes incendios, cuya ocurrencia se prevé más frecuente en los escenarios pronosticados por el cambio climático, esta necesidad de coordinación es todavía más importante, ya que una mala coordinación puede suponer que el incendio supere la capacidad de los medios de extinción y que la superficie afectada sea de enormes dimensiones.

Para mejorar la coordinación de los organismos intervinientes en la extinción pueden plantearse las siguientes cuestiones:

- Crear protocolos claros y exhaustivos, específicos para cada zona, cada época del año y cada nivel de riesgo de incendio.
- Incorporar modelos de gestión y visualización de medios y recursos.
- Mejorar la estadística de incendios, de forma que se disponga de series completas con datos sobre tiempos de llegada de medios, tiempos de extinción, etc.
- Concienciar a las distintas administraciones y organismos de la necesidad de poner en común la información disponible y cooperar de manera organizada, cumpliendo los protocolos establecidos.

5.3 PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA EN LAS ZONAS DE INTERFAZ URBANO-FORESTAL

5.3.1 Introducción

En los últimos años la expansión urbanística en terreno forestal ha entrañado un problema de nueva índole, como son los escenarios de incendio forestal cerca o dentro de poblamientos (Junta de Andalucía, 2011). Dentro de las emergencias, la situación más adversa se produce cuando éstas ponen en peligro la vida de personas y las viviendas. La problemática de la interfaz urbano-forestal (RUI, por sus siglas en inglés) ha obligado a estudiar y proponer medidas adecuadas para la prevención y gestión de emergencias, principalmente en relación a los incendios forestales. La planificación en el entorno de estos asentamientos urbanos debe tener por objeto principal la protección de la población y como objetivos secundarios la conservación y protección de la biodiversidad y la promoción de los usos sociales del bosque.

La gestión de las zonas de interfaz urbano-forestal debe realizarse en base a la planificación (Planes Locales de Emergencias, Planes de Prevención y Planes de Evacuación); la gestión forestal (tratamientos selvícolas, control de plagas, tratamientos preventivos, eliminación de residuos...), la mejora de infraestructuras (camino, hidrantes...) y la formación y sensibilización (charlas, grupo de primer auxilio, asociaciones forestales, simulacros...). Todas estas líneas de trabajo deben ponerse en marcha mediante procesos participativos con los agentes implicados: asociaciones de vecinos, empresas, propietarios forestales colindantes, representantes de la Administración Local, representantes de la Administración Regional, Protección Civil.

De igual importancia a la promoción y ejecución de estas medidas radica su seguimiento, para lo cual se puede acudir al número de planes aprobados o al ratio de éstos con los que no disponen (planificación), número de hectáreas aprovechadas y/o tratadas (gestión forestal), licencias de obra para caminos o mejora del sistema hidráulico o de abastecimiento de aguas (infraestructuras) y número de participantes (formación y sensibilización).

El objetivo de la planificación forestal en áreas con poblamientos o asentamientos urbanos reside en la sostenibilidad, entendida desde los siguientes puntos de vista:

- **Social:** se debe priorizar la integración laboral de los residentes en los trabajos forestales, dado que la consecución de una mayor calidad de vida constituye uno de los pilares básicos del bienestar social.
- **Económico:** se debe tender a la colaboración entre las diversas administraciones y la inversión privada, justificada desde el punto de vista de la seguridad de los residentes, permitiendo la viabilidad de los tratamientos de reducción de la continuidad horizontal y vertical del combustible forestal.
- **Cultural:** se debe intentar concienciar y formar a la ciudadanía hacia el respeto a la naturaleza y los riesgos y deberes de una casa en el interior del bosque. También, es muy importante la concienciación en relación a la convivencia con otras personas, y la necesidad de un trabajo colectivo y no individual, dentro de un poblamiento.

- Ecológico: se debe priorizar la puesta en valor de los recursos intangibles proporcionados por los bosques, tanto servicios ambientales como bienes paisajísticos.

5.3.2 Actuaciones para la adaptación

En lo que respecta a los escenarios previstos por el cambio climático y su impacto sobre este tipo de zonas deben considerarse las siguientes cuestiones:

- Con frecuencia, los incendios en la RUI son incendios grandes y con fuego de copas. Una de las consecuencias previsibles del cambio climático es el aumento de frecuencia de este tipo de incendios, lo que unido a la extensión prevista de las zonas de interfaz plantea un escenario verdaderamente peligroso.
- Los periodos de sequía más prolongados, pronosticados también por el cambio climático, conllevan la presencia en el monte de combustibles forestales más peligrosos. Esto es especialmente preocupante en zonas de interfaz, donde las viviendas y la población se encuentra casi rodeada de superficie forestal.

Por lo tanto, el escenario futuro es que tendremos más zonas de interfaz urbano-forestal y sometidas a un mayor riesgo de incendio. Y ante esta situación es indiscutible la necesidad de adaptar y mejorar las medidas de prevención y defensa contra incendios que actualmente se contemplan para este tipo de áreas, pudiéndose diferenciar entre medidas de carácter general y medidas específicas para la defensa de la RUI en los nuevos escenarios de cambio climático.

5.3.3 Medidas de carácter general para la defensa de la RUI en los nuevos escenarios de cambio climático

- **Aumento del peso de la percepción del riesgo** por parte de la población como factor clave en la prevención. Frecuentemente, las personas que habitan en la interfaz urbano-forestal no perciben el potencial de destrucción de los incendios forestales si no lo han sufrido en experiencias anteriores. Está comprobado que la aceptación de que se está sometido a un determinado riesgo contribuye a tomar decisiones para adaptarse al medio, reducir la vulnerabilidad y afrontar una posible emergencia. En el caso de la RUI estas decisiones suponen para la población asumir la responsabilidad de autoprotección, con la colaboración imprescindible de las administraciones públicas y los servicios técnicos correspondientes. Puede concluirse que una baja percepción del riesgo implica una mayor vulnerabilidad. Para valorar la percepción del riesgo se llevan a cabo encuestas a la población, cuyos resultados deberán trasladarse a la cartografía de vulnerabilidad de cada zona.
- **Concienciación ciudadana sobre el riesgo** al que están sometidos y la vulnerabilidad que sufren por el entorno en el que viven. La información a la población y la toma de conciencia por parte de la misma del nivel de riesgo al que está sometida debe formar parte de la planificación contra incendios. Para ello los planes de defensa deberán contemplar un apartado de concienciación ciudadana que incluya:
 - sesiones informativas
 - material divulgativo sobre tipología de vegetación adaptada a entornos de riesgo, tipología de viviendas más adecuadas, distribución de los elementos de jardinería, medidas preventivas para realización de labores de jardinería y eliminación de restos (Figura 5.9), distancias de protección, normativa de uso del

fuego en la interfaz y las recomendaciones acerca del diseño de las chimeneas y barbacoas privadas.

- Formación específica de la policía municipal en relación a los incendios forestales: identificación de riesgos y peligros, valoración del mismo y propuesta de soluciones reales (Figura 5.10).

El objetivo final es lograr una implicación activa de los propietarios en la defensa contra incendios, de manera que colaboren en la adecuación de sus viviendas, participen en las acciones de protección y tomen las medidas de autoprotección necesarias.



Figura 5.3.1. Folleto divulgativo acerca de las medidas y recomendaciones preventivas en zonas de interfaz redactado por una Administración Local



Figura 5.3.2. Programación del curso práctico impartido a la Policía Local en relación a la aplicación del Plan Local de Emergencias

- **Planificación multidisciplinar de la defensa contra incendios.**

Las características propias de la RUI –viviendas y población más o menos dispersas en un entorno netamente forestal- hacen que la protección contra incendios de estas zonas sea especialmente compleja, ya que obliga a proteger de forma simultánea y en un entorno de alto riesgo de incendio, la vida de las personas, sus bienes y los propios sistemas forestales.

Por ello, se hace necesario un enfoque amplio de la protección y defensa contra incendios de este tipo de zonas. Un enfoque multidisciplinar en el que intervengan de forma activa y coordinada todos los agentes y organismos implicados, tanto en el desarrollo urbanístico (promotores inmobiliarios, arquitectos, planificación urbana, ayuntamientos...) como en gestión forestal y extinción de incendios (consejerías competentes, propietarios forestales, administración, bomberos, protección civil...).

- Disponer de una adecuada y detallada **cartografía de la RUI.**

Para planificar una adecuada defensa contra incendios de cualquier territorio es básico disponer de una cartografía precisa y detallada del mismo. Esto resulta aún más necesario en un territorio como la RUI, caracterizado por la colindancia entre terreno urbano y forestal, y además en constante cambio y crecimiento por la aparición de nuevos desarrollos urbanísticos.

- Realizar un detallado **análisis** alfanumérico y cartográfico **de la vulnerabilidad** de las diferentes zonas. La clasificación de las distintas áreas dentro de la RUI según su nivel de vulnerabilidad permite priorizar las actuaciones de prevención y defensa.

- **Utilizar simuladores de incendios** para planificar la defensa.

El uso de programas y tecnologías capaces de simular la propagación de un incendio en un escenario de RUI, resulta de gran utilidad para elegir, dimensionar y ubicar las medidas de protección más adecuadas. También proporciona información valiosa sobre el dispositivo de extinción necesario y el procedimiento de actuación más adecuado en caso de incendio.

- Disponer de **Protocolos específicos de actuación en caso de incendio forestal.**

Estos protocolos, diseñados para cada tipo concreto de RUI, deben incluirse en los planes de prevención y defensa contra incendios y planes de autoprotección de este tipo de zonas, y deben contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Sistema de aviso de la emergencia
- Rutas de evacuación
- Puntos seguros y centros de recepción
- Procedimiento de evacuación

- **Ayudas:** creación de líneas de subvención para promover el cumplimiento y la ejecución de planes de autoprotección, principalmente en aquellos lugares priorizados en el Plan Local de Emergencias por Incendios Forestales, redactado por la Administración Local. En especial se haciendo énfasis en la:

- Elaboración de Planes de Autoprotección de forma conjunta de los poblamientos (Figura 5.11).
- Elaboración de un plan conjunto de eliminación de residuos de desbroce y/o poda
- Sustitución de vegetación de gran inflamabilidad, principalmente en setos junto a las viviendas



Figura 5.3.3. Planes de autoprotección a escala de urbanización realizados mediante una colaboración entre los propietarios particulares, a través de una asociación vecinal, y la Administración Regional. Fuente: Centro Operativo Provincial de Córdoba (Junta de Andalucía)

5.3.4 Medidas específicas para la defensa de la RUI en los nuevos escenarios de cambio climático

- **Aumentar las anchuras de las zonas de Prioridad en torno a las edificaciones.**

El “Estudio Básico para la protección contra Incendios Forestales en la Interfaz Urbano-Forestal” elaborado por TECNOMA y publicado en la web del MAGRAMA, establece –una vez analizado el riesgo de incendio en este tipo de territorio- tres zonas de prioridad definidas de forma concéntrica desde la fachada de cada casa o grupo de casas. Estas tres zonas, denominadas de Prioridad 1, 2 y 3, tienen un ancho de 0-10 m, 10-30 m y 30-100 metros respectivamente y en ellas se llevan a cabo labores de manejo de la vegetación para la eliminación o reducción del combustible forestal.

Considerando el escenario de mayor riesgo y más frecuencia de incendios graves que pronostica el cambio climático, resultaría recomendable ampliar estas distancias de forma que, al reducir el combustible en superficies más amplias, el elemento de defensa así creado fuera capaz de asegurar la defensa de las edificaciones ante incendios potencialmente más graves (mayor longitud de llama y velocidad de propagación).

- **Mejorar las infraestructuras de defensa y protección civil –viales, puntos de agua y zonas seguras-** y aumentar los niveles de exigencia en cuanto al estado de las mismas.

Aunque por sí mismas no aumentan la protección frente al fuego, estas infraestructuras contribuyen a la seguridad, tanto de los habitantes de la RUI como de los combatientes en caso de incendio forestal, facilitando además una rápida respuesta al mismo. Se debe incidir en su empleo tanto para las labores de extinción de los vehículos autobomba, como para rutas de escape o zonas de seguridad de los medios terrestres. En especial se debe trabajar en relación al cumplimiento de la normativa existente respecto al estado de la vegetación de los taludes de los viales y de la franja de protección de las líneas eléctricas, y de las parcelas perimetrales e interiores de la urbanización sin urbanizar, especialmente en aquellas situadas junto a viales de comunicación (Figura 5.12).

También en las condiciones de inflamabilidad de nuevas infraestructuras (kioscos, merenderos...) y nuevas viviendas en relación a los materiales utilizados.

- Viales: En la RUI, además de ser vías de acceso y actuar como cortafuegos, los viales tienen especial importancia como vías de evacuación de la población en caso necesario. Para garantizar el acceso de los medios de extinción y la evacuación de los residentes de forma segura y simultánea es necesario que los viales de este tipo de zonas cumplan una serie de requisitos:
 - Limitar al máximo los caminos sin salida o sin posibilidad de giro completo
 - Las edificaciones deben disponer de vías de acceso alternativas
 - Rutas diseñadas en forma de lazos, capaces de movilizar tráfico en dos sentidos
 - Urbanizaciones con dos rutas de acceso
 - Viales con arcenes de 1,2 metros limpios de vegetación
 - Radio de las curvas mayor de 30 metros
 - Pendiente de los viales inferior al 10%
 - Viales bien señalizados, especialmente aquellos sin salida

La adaptación al cambio climático de las medidas de protección referidas a infraestructura viaria es simplemente el cumplimiento exhaustivo de todos estos requisitos, de forma que la RUI sea un lugar seguro, con garantías de acceso a los medios de extinción y evacuación de la población, de forma segura y simultánea en caso de ser necesario.

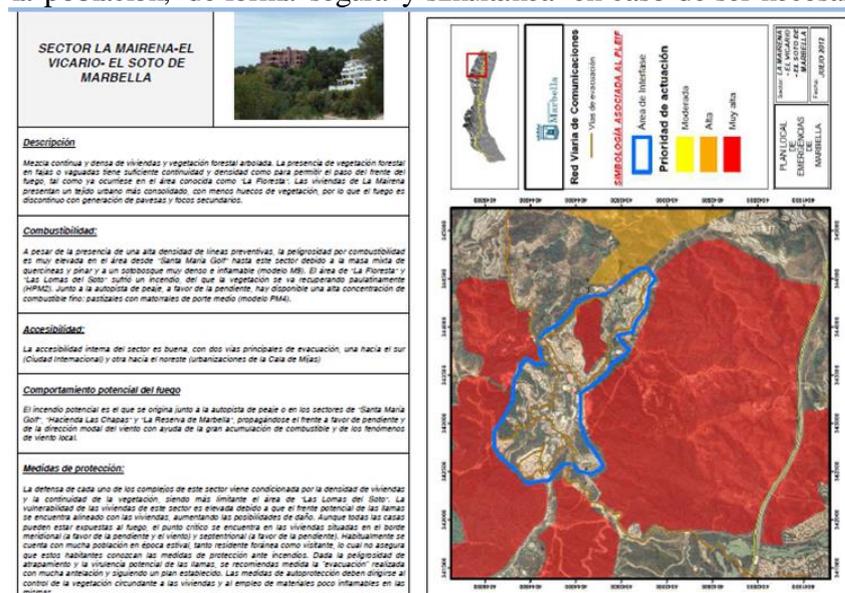


Figura 5.3.4. El Plan Local de Emergencias por Incendios Forestales de cada municipio debe verificar el cumplimiento de la normativa existente, identificando cualquier anomalía y aportando recomendaciones a los planes de autoprotección, principalmente en cuanto a infraestructura se refiere

- Puntos de agua: La capacidad de los medios de extinción para apagar un incendio en zonas de interfaz urbano-forestal depende en gran medida de la idoneidad de la red hídrica, ya que sin un adecuado suministro de agua dicha capacidad se ve muy limitada. Las recomendaciones en este aspecto, a cumplir necesariamente en los escenarios de cambio climático pronosticados, son las siguientes:

- Todas las edificaciones (construidas y previstas) en zonas de RUI dispondrán de un sistema de suministro de agua exclusivo para extinción de incendios que cumpla la normativa vigente. Se debe prestar especial atención al diseño y características de los hidrantes y tomas de agua, principalmente las de carácter periférico a la urbanización.
- Todas las viviendas deben disponer de manguera con boquilla y ésta debe permanecer conectada durante la campaña de incendios.
- Las viviendas deben disponer de aspersor y escalera de mano para humedecer el tejado en caso de incendio.
- **Zonas seguras:** Los espacios no urbanizados y con vegetación forestal dispersa y limpia de combustible existente en zonas de RUI constituyen espacios de defensa, que aumentan la distancia entre la interfaz y las edificaciones reduciendo así el riesgo de propagación del fuego. Los aparcamientos, huertos, parques, campos de golf, etc. son ejemplo de este tipo de espacios.

Los requisitos a cumplir por estas zonas, como adaptación al escenario de cambio climático, pueden resumirse en:

- Estar incorporadas a los planes de urbanización, de forma que ya en el planeamiento urbanístico se contemple la presencia de estas zonas y se asegure así su existencia y su adecuado mantenimiento.
- Tener una anchura suficiente (mínimo 50 metros) para ser efectivas.
- Mantenerse siempre limpios de combustible forestal
- Disponer de accesos para los servicios de extinción, conectados con las vías principales.
- **Legislar** para que, al menos las **viviendas de nueva construcción**, cumplan los **requisitos constructivos y de materiales necesarios** (tejados, revestimiento exterior, chimeneas, terrazas y porches...) para asegurar su **autoprotección**. Esto se puede realizar incidiendo en la normativa actual (Plan General de Ordenación Urbana) y en la redacción de planes específicos para las zonas de interfaz: Planes Especiales, Planes Sectoriales o Planes de Detalle, en función de la escala de trabajo utilizada. En especial se debe trabajar en relación a:
 - Normativa específica sobre la ejecución de obras y/o trabajos en edificios, jardines o parcelas en interfaz.
 - Normativa específica sobre los materiales de construcción de las viviendas, los elementos decorativos y las especies ornamentales o setos utilizados en la interfaz
 - Normativa específica sobre el diseño y uso de barbacoas en el interior de las parcelas



Figura 5.3.5. El Plan Especial Sierra de Córdoba aprobado por el Junta del Gobierno local y publicado en el Boletín Oficial Provincial en 2010 constituye una herramienta necesaria para la ordenación de la interfaz urbano-forestal de Córdoba. El Plan dispone de una web propia de divulgación y consta de las siguientes partes: introducción, memoria de la información (caracterización del medio físico, identificación y diagnóstico de los riesgos), memoria justificativa (objetivos y planteamientos), normas urbanísticas y planos.

Descripción: En este punto se localizan cuatro viviendas de nueva construcción. Se accede por una pista de 2.5 km que sale de la pista que bordea la parte noreste del término municipal en dirección a Sierro. Esta pista desciende con una pendiente considerable en forma de "zig-zag" hasta las viviendas, empeorando su estado de conservación en consonancia al aumento de pendiente. Cabe destacar que la pista atraviesa un pinar de alta densidad y poca altura a la primera rama viva de las copas, por lo que la evacuación de estas viviendas debe ser debidamente justificada dado su peligro envolvente.

Modelo de combustible circundante: 2
Pendiente media: 48%
Índice de Peligro Potencial (IPP): Moderado
Índice de Dificultad de Extinción (IDEX): Moderado
Índice de Riesgo Estructural (IRE): Moderado
Vulnerabilidad (IPP*0,5+IDEX*0,3+IRE*0,2): Moderada

Tipología de instalación: Viviendas de nueva construcción
Denominación: "Seis Pies" (en cartografía viviendas 1, 2, 3 y 4)
Situación GPS: X: 554980, Y: 4123452

RIESGO ESTRUCTURAL	0 Puntos	1 Punto	2 Puntos	Ponderación	Puntuación
Acumulación de leña o materiales combustibles	No existe o apilada a más de 10 m de la casa	Apilada de 3 a 10 m de la casa	Apilada a menos de 3 m de la casa	5	5
Material de las paredes, techo, porches y otros espacios anexos a la vivienda	No combustible, en buen estado de conservación, obra de ladrillo	No combustible, en mal estado de conservación y/o posibles vías de entrada de puntos calientes	Materiales potencialmente combustibles	4	0
Vegetación circundante a la vivienda	Césped verde o franja incombustible > 10 m	Césped verde o franja incombustible 5-10m	Césped verde o franja incombustible < 5 m	3	6
Vías de acceso de la vivienda	En buen estado, posibilidad de dar la vuelta con autobomba	En buen estado, sin posibilidad de dar la vuelta con autobomba	En mal estado, pista de un solo carril, etc	2	4
Disponibilidad de agua en el exterior de la casa	Boca de manguera para servicios de extinción	Piscinas, alberca o puntos de riego cercanos a la vivienda	No existen puntos de agua exteriores	1	2



Figura 5.14. El Plan Local de Emergencias por Incendios Forestales de cada municipio debe identificar y priorizar las zonas de mayor vulnerabilidad en la interfaz en base al peligro potencial, la dificultad potencial y el riesgo estructural.

- **Disposición de pequeños equipos de extinción en las viviendas por parte de los propietarios,** de forma que puedan efectuar una intervención inmediata ante un pequeño conato. Estos equipos –palas, extintores, escaleras- deben estar en el exterior de las viviendas para resultar accesibles en caso necesario. En todo caso, la población no debe intervenir nunca en el combate de un gran incendio, dejando esta labor a los profesionales.

5.4 CONCLUSIONES

Los sistemas forestales mediterráneos, se encuentran fuertemente amenazados a causa del cambio global y bajo los efectos de cambios en los usos del suelo y en la productividad forestal, en la acentuación del estrés hídrico de la vegetación, alteraciones en la biodiversidad de flora y fauna, así como la ocurrencia de cambios en la dinámica del ecosistema,

implicando cambios en las condiciones de establecimiento de las plántulas, dificultando ello, la regeneración natural de los bosques, o al menos condicionándola espacio-temporalmente. De igual modo se detectan cambios en el régimen de perturbaciones bióticas y cambios en el régimen de ocurrencia de grandes incendios forestales.

La planificación forestal ha perdido el objetivo primario de antaño, fundamentándose en una visión multifuncional, con una alta incidencia en los productos forestales no madereros y los bienes paisajísticos. La nueva planificación forestal se debe caracterizar por: su necesaria dinamicidad a corto y medio plazo en las opciones de gestión, por la puesta en valor del aprovechamiento de biomasa forestal sostenible y por la planificación en puntos estratégicos de gestión (PEG) con objeto de la reducción de la vulnerabilidad ecológica y socioeconómica de los bosques mediterráneos frente al impacto de los incendios.

El implemento de instrumentos eficaces para el desarrollo de una política forestal, adecuada a las demandas de la sociedad, exige la incorporación de las externalidades y perturbaciones de los sistemas forestales. La restricción de fondos, los cambios socioeconómicos y la presión antrópica hace difícil el mantenimiento de una ordenación de montes acorde a los objetivos tradicionales. Ello obliga a realizar las oportunas consideraciones en las técnicas de ordenación de montes.

En el contexto del cambio global, la planificación forestal tiene y debe dar respuesta a una gestión multifuncional y a una confrontación de intereses y paradigmas. La planificación requiere de un diagnóstico exhaustivo señalando las potencialidades y restricciones tanto a nivel de roda como a un nivel de escala superior (escala de paisaje u ordenación en mosaico). En este sentido, la flexibilidad del método de ordenación por rodales, ha conllevado a un incremento en su implementación, siendo recomendable el asociar o relacionar alguno de los rodales preestablecidos con la determinación de puntos estratégicos de gestión (PEG).

Las estrategias en la mitigación del efecto del cambio climático deben dirigirse a la captura y conservación de las reservas forestales de carbono, mediante: prácticas de reforestación, forestación o densificación del dosel arbóreo, prácticas de forestación de paisajes agrícolas abandonados, prácticas incluidas en los proyectos de ordenación de las masas arbóreas destinadas a aumentar el tamaño del arbolado.

La planificación forestal ha de incorporar estrategias de fortalecimiento de la capacidad de adaptación los bosques y de las comunidades dependientes de los bosques, mediante la gestión y conservación de la biodiversidad forestal y fomento de las masas mixtas a escala de paisaje, la mejora de la vitalidad del dosel arbóreo mediante tratamientos de disminución de la competencia por los recursos, principalmente claras y resalveos, la conservación de los recursos genéticos forestales, la diversificación de las oportunidades de empleo y los medios de subsistencia del medio forestal mediante el uso multifuncional del monte.

5.5 BIBLIOGRAFÍA

- Agudo R., Muñoz M. y Del Pino O., 2007. I Inventario de Sumideros de CO₂ en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.
- Azpitarte J. y Ascasibar J., 2008. Posibilidades del sector forestal nacional en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Montes 92, 24-28.
- Canadell J.G. y Raupach M.R., 2008. Managing Forests for Climate Change Mitigation. Science 320, 1456-1457.

- FAO, 2010. La gestión de los bosques ante el cambio climático. Documento 1160S, 20 pp.
- Flannigan M.D., Amiro B.D., Logan K.A., Stocks B.J. y Wotton B.M., 2006. Forest Fires and Climate Change in the 21ST Century. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11(4), 847-859
- Herrera M.A., Caraciolo R., Molina-Martínez J.R., Ferreira M., 2011. Guidelines for sustainable management of degraded lands. Experiences on Caatinga and semiarid Mediterranean woodlands. En: Wallace E. (Ed.). Woodlands: Ecology, Management and Conservation. Nova Science Publishers. USA, 91-115.
- IPCC, 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 pp.
- Junta de Andalucía, 2010. Plan de Desertificación en Andalucía. Servicio de Información y Evaluación Ambiental. Dirección General de Participación e Información Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla, 14 pp.
- Junta de Andalucía, 2011. Caracterización de la interfaz urbano forestal y propuesta de medidas preventivas contra incendios forestales en los municipios de Córdoba y Almodóvar del Río. PYROSOUDE Project (Interreg IV of European Territorial Cooperation). Consejería de Medio Ambiente. Sevilla, 190 pp.
- MAGRAMA, TECNOMA (Grupo TYPESA). Estudio Básico para la protección contra incendios forestales en la interfaz urbano-forestal.
- Myers N. et al., 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. Nature 403(6772), 853-58.
- Pausas J.G., Fernández-Muñoz S., 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. Climate Change 110, 215-226.
- Ribalaygua J., Torres L. y Del Carre M., 2008. La generación de escenarios locales de clima futuro orientados a la definición de estrategias de adaptación al Cambio Climático en el ámbito forestal. Montes 92, 11-18.
- Serrada R., Aroca M. J., Roig S., Bravo A., Gómez V., 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Stephens S. L., Millar C. I., Collins B.M., 2010. Operational approaches to managing forests of the future in Mediterranean regions within a context of changing climates. Environmental Research Letters, 5 (024003), 1-9.
- Vélez, R. et al., 2009. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Mc. Graw Hill
- VV.AA. 1990. Guide technique du forestier méditerranéen français. CEMAGREF.

6. RESPUESTA POSTINCENDIO - NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

V. Ramón Vallejo y José A. Alloza

6.1 INTRODUCCIÓN

Aunque los incendios forestales siempre han existido en España y en los países mediterráneos en general, los grandes incendios forestales solo se empezaron a producir, en tiempos contemporáneos, a partir del último cuarto del siglo XX. A partir de la aparición del “nuevo” fenómeno, la gestión de los montes quemados siguió pautas técnicas similares a la forestación de montes degradados, de larga tradición en España (restauración hidrológico-forestal). De acuerdo con las prácticas de gestión forestal de aquel tiempo, el protocolo de actuación consistía en la extracción rápida de la madera quemada, la construcción de diques y otras hidrotecnias para la regulación hidrológica y la prevención de avenidas, y la repoblación, mayoritariamente con pinos, o tratamientos selvícolas de ayuda a la regeneración (en caso de producirse una regeneración natural del arbolado) pocos años después del fuego (De Simón et al., 2004; Vallejo y Alloza, 2012).

En la actualidad, los incendios forestales se han convertido en la prioridad de la gestión forestal en los bosques típicamente mediterráneos, por encima de la gestión orientada a la producción.

6.1.1 Legislación

Según la legislación estatal⁵, la restauración de zonas quemadas es un imperativo legal. La *Ley de Montes 43/2003* establece la obligación de restaurar los terrenos incendiados, siendo las comunidades autónomas las responsables de garantizar las condiciones necesarias para ello (art. 50) (ver detalles en el Cuadro 6.1).

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017 (Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, en aplicación de la Ley 42/2007) no contempla explícitamente la restauración de zonas quemadas. El Plan Estratégico se refiere abundantemente a la prevención y defensa contra los incendios forestales y únicamente se menciona la restauración de montes quemados en relación con la erosión y desertificación: “... debería prestarse especial atención a la restauración forestal y medioambiental por el procedimiento de emergencia de las superficies que hayan sufrido grandes incendios forestales”.

⁵ (Una recopilación de la normativa española en incendios forestales puede consultarse en la web del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente:

<http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/legislacion/leg-espanola-forestal-incendios.aspx>)

Alguno de los principios que inspiran la ley son el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales básicos, respaldando los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano; la conservación y la restauración de la biodiversidad y de la geodiversidad; la prevención de los problemas emergentes consecuencia del cambio climático, la mitigación y adaptación al mismo, así como la lucha contra sus efectos adversos. El conjunto de los principios inspiradores de esta ley constituyen la base sobre la que se ha de adecuar la planificación de los recursos naturales⁶ y, en especial, de los espacios naturales a proteger. Sin embargo, en la gestión de los espacios protegidos prevalecen las actuaciones de prevención de incendios, pero no se considera explícitamente la restauración post-incendio.

Relacionada específicamente con la restauración de zonas quemadas, se publicó la *Ley 3/2010, de 10 de marzo, por la que se aprueban medidas urgentes para paliar los daños producidos por los incendios forestales y otras catástrofes naturales ocurridos en varias Comunidades Autónomas*. Como se indica en su artículo 1, el Gobierno, mediante Real Decreto, podrá declarar, con delimitación de los municipios y núcleos de población afectados, la aplicación de las medidas previstas en esta Ley a otros incendios de características similares que hayan acaecido o puedan acaecer, en cualquier Comunidad o Ciudad Autónoma, desde el 1 de marzo de 2009 hasta la entrada en vigor de esta Ley. El artículo 13 de la mencionada ley establece la declaración de zona de actuación especial para la restauración forestal y medioambiental de las zonas afectadas y la emergencia de las obras a ejecutar en las siguientes materias:

a) Restauración hidrológico forestal, control de la erosión y desertificación, así como trabajos complementarios, en los espacios forestales incendiados para mitigar los posibles efectos de posteriores lluvias.

b) Colaboración para la recuperación y regeneración ambiental de los efectos producidos por los incendios forestales en los espacios de la Red Natura 2000, en particular en los tipos de hábitats de interés comunitario y en los hábitats donde existan especies de interés comunitario, endemismos o especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial.

c) Apoyo directo a la retirada y tratamiento de la biomasa forestal quemada, en su caso.

d) Colaboración en el tratamiento para control de plagas en las masas forestales.

e) Restauración de infraestructuras rurales de uso general, así como de caminos naturales y vías verdes.

A nivel autonómico también hay legislación específica sobre restauración de zonas quemadas. Por ejemplo, en la Comunidad Valenciana, la *ley 3/1993, de 9 de diciembre, de la Generalitat Valenciana* (DOGV núm. 2168, de 21.12.93) establece la posibilidad de declarar los terrenos afectados por un incendio forestal, en los que no sea previsible su regeneración natural, como Zonas de Actuación urgente (ZAU), con la finalidad de

⁶ Los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, creados por la Ley 4/1989 de 27 de marzo, son el instrumento específico para la delimitación, tipificación, integración en red y determinación de su relación con el resto del territorio, de los sistemas que integran el patrimonio y los recursos naturales de un determinado ámbito espacial, con independencia de otros instrumentos que pueda establecer la legislación autonómica.

conservarlas y favorecer su restauración. Igualmente, la mencionada ley establece restricciones al uso de los terrenos forestales que hayan sufrido los efectos de un incendio:

- Prohibición de clasificación o reclasificación urbanística preceptuadas en la *Ley de la Generalitat Valenciana 4/1992*, de 5 de junio, del suelo no urbanizable.

- No se podrán destinar al pastoreo en los cinco años siguientes; tampoco podrán dedicarse o transformarse en suelos agrícolas hasta transcurridos, al menos, veinte años, ni a actividades extractivas hasta transcurridos diez años, salvo autorización expresa y motivada de la administración forestal, previo informe del Consejo Forestal.

Con posterioridad, la *Ley 9/2011, de 26 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat* en su capítulo X añadió un nuevo apartado al artículo 59 de la Ley 3/1993, que queda redactado como sigue: "Con carácter singular, y en los supuestos de proyectos de obras e infraestructuras de especial relevancia declarados de interés general de la Comunitat Valenciana, el Consell podrá excepcionar la prohibición de cambio de uso forestal, dentro del plazo general de los 30 años, mediante acuerdo justificado. En ningún caso, la aplicación de la expresada excepción podrá implicar un aumento del aprovechamiento lucrativo para particulares contrario a la finalidad perseguida con la citada prohibición."

En relación con la gestión de los espacios protegidos, a nivel autonómico, la *ley 11/1994, de 27 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana* (DOGV núm. 2423, de 09.01.95) establece que en la programación de actuaciones a desarrollar en el espacio natural se incluirá, en caso necesario, un Plan específico de prevención de incendios forestales, pero tampoco contempla actuaciones específicas de restauración post-incendio.

Todas las autonomías consultadas reflejan en su legislación la restauración post-incendio. Bien sea en leyes autonómicas forestales o de prevención y lucha contra incendios, la legislación establece medidas legales específicas conducentes a la restauración de las zonas quemadas:

- **Andalucía**: la *Ley 2/92, de 15 de junio, Forestal de Andalucía* y la *Ley 5/1999, de 29 de junio, de prevención y lucha contra los incendios forestales*. El artículo 51 de la ley 5/1999 establece que "los propietarios de los terrenos forestales incendiados elaborarán, en el plazo que reglamentariamente se determine, un Plan de Restauración en el que se evalúe la situación de los terrenos incendiados tanto desde el punto de vista de la producción forestal como de la conservación de la flora, la fauna, el suelo y los ecosistemas, y se propongan las actuaciones o medidas destinadas a la restauración o regeneración de los terrenos, incluyéndose obligadamente la prohibición del pastoreo durante al menos cinco años y, en todo caso, mientras existan especies forestales susceptibles de ser dañadas por tal actividad."

- **Castilla la Mancha**, en la *Ley 3/2008, de 12 de junio, de Montes y Gestión Forestal Sostenible de Castilla-La Mancha*, el artículo 63 indica que la Consejería fijará las medidas encaminadas a la restauración de la cubierta vegetal forestal afectada por los incendios. También establece la prohibición del cambio de uso forestal y el pastoreo.

- En **Extremadura** la *Ley 5/2004, de 24 de junio, de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales en Extremadura* establece la obligación de plasmar, con el apoyo de la Administración, en un Plan de Restauración las actuaciones a desarrollar en los

montes incendiados, con el objeto de favorecer la mejor recuperación de la vegetación y la adecuación de los hábitat alterados. No permite la recalificación.

- En **Aragón**, la *Ley 15/2006, de 28 de diciembre, de Montes de Aragón*, modificada por la *Ley 3/2014, de 29 de mayo*, determina que la Administración deberá garantizar las condiciones para la restauración de la vegetación de los terrenos forestales incendiados y se establecen prohibiciones en el uso y recalificación de terrenos quemados.

A nivel europeo, la Estrategia de la Unión Europea sobre Biodiversidad tiene entre sus objetivos el mantenimiento y restauración de los ecosistemas y sus servicios. Así, para 2020 los Estados miembros deberán restaurar al menos el 15% de los ecosistemas degradados, entre los que se encuentran los sistemas forestales quemados y degradados. En este momento se está elaborando la Estrategia Estatal de la Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas como contribución española a la Estrategia Europea.

Cuadro 6.1. Apartados de la Ley de Montes que se relacionan con la restauración de montes quemados.**LEY DE MONTES** Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes («B.O.E.» 21 julio), modificada por la Ley 21/2015, de 20 de julio.

Capítulo III. Incendio forestales

Artículo 50 Mantenimiento y restauración del carácter forestal de los terrenos incendiados

1. *Las comunidades autónomas deberán garantizar las condiciones para la restauración de los terrenos forestales incendiados, y queda prohibido:*

- a) El cambio de uso forestal al menos durante 30 años.*
- b) Toda actividad incompatible con la regeneración de la cubierta vegetal, durante el periodo que determine la legislación autonómica.*

Con carácter singular, las comunidades autónomas podrán acordar excepciones a estas prohibiciones siempre que, con anterioridad al incendio forestal, el cambio de uso estuviera previsto en:

- a) Un instrumento de planeamiento previamente aprobado.*
- b) Un instrumento de planeamiento pendiente de aprobación, si ya hubiera sido objeto de evaluación ambiental favorable o, de no ser esta exigible, si ya hubiera sido sometido al trámite de información pública.*
- c) Una directriz de política agroforestal que contemple el uso agrario o ganadero extensivo de montes no arbolados en estado de abandono.*

Asimismo, con carácter excepcional las comunidades autónomas podrán acordar el cambio de uso forestal cuando concurren razones imperiosas de interés público de primer orden que deberán ser apreciadas mediante ley, siempre que se adopten las medidas compensatorias necesarias que permitan recuperar una superficie forestal equivalente a la quemada. Tales medidas compensatorias deberán identificarse con anterioridad al cambio de uso en la propia ley junto con la procedencia del cambio de uso.

En el caso de que esas razones imperiosas de primer orden correspondan a un interés general de la Nación, será la ley estatal la que determine la necesidad del cambio de uso forestal, en los supuestos y con las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

En ningún caso procederá apreciar esta excepción respecto de montes catalogados.

2. *El órgano competente de la comunidad autónoma fijará las medidas encaminadas a la retirada de la madera quemada y a la restauración de la cubierta vegetal afectada por los incendios que, en todo caso, incluirán el acotamiento temporal de aquellos aprovechamientos o actividades incompatibles con su regeneración por un plazo que deberá ser superior a un año, salvo levantamiento del acotado por autorización expresa de dicho órgano.*

6.1.2 La gestión forestal post-incendio en el momento actual

Desde los años 1970, los incendios forestales constituyen la máxima prioridad en la gestión forestal de los montes en el ámbito mediterráneo europeo. Asimismo, en la actualidad, la mayor parte de las repoblaciones forestales promovidas por las administraciones públicas se concentran en montes quemados.

La percepción pública y, con frecuencia política, del impacto de los incendios forestales es muy catastrofista: se suele asumir que un bosque quemado se destruye, no se regenera y, por lo tanto, necesita ser restaurado (repoblado). En consecuencia, la evaluación pública del éxito de la política forestal relacionada con los incendios se mide en términos aritméticos de “superficie repoblada vs. superficie quemada”. Esta visión simplista obvia el hecho de que muchos bosques quemados se regeneran de forma espontánea y no precisan repoblaciones artificiales. Un efecto colateral negativo es que se priorizan las inversiones en repoblaciones, que tienen más rendimiento mediático, sobre otras actuaciones que con frecuencia son más necesarias como las de ayuda a la regeneración, silvicultura preventiva, conversión de monte bajo a monte alto, etc., actuaciones que entran perfectamente dentro del concepto de restauración ecológica.

Los proyectos se priorizan en función de la disponibilidad de terrenos forestales públicos, de la presión social y política, y de la disponibilidad de presupuesto. Los dos últimos factores se relacionan con la superficie quemada. Los grandes incendios, los mega-incendios según denominación reciente, tienen gran impacto mediático y movilizan financiación compartida entre Estado central y las Autonomías para realizar trabajos de restauración del monte quemado. Por lo tanto, la priorización de los proyectos de restauración de montes quemados se puede definir como catástrofe-dependiente.

De acuerdo con los datos recopilados por Cuenca (2014), las inversiones medias anuales en restauración rondan los 7,3 millones de euros en España, aunque con grandes variaciones entre CC.AA., desde los 21 millones de euros/año invertidos en Castilla-La Mancha (1993-2011), hasta los 1,5 millones/año invertidos en Navarra (1999-2012). El coste promediado es de 5.051 € ha⁻¹. Una parte significativa de las restauraciones/repoblaciones proviene de fondos comunitarios en sus distintos programas (Fondos de Cohesión, FEOGA, FEADER, FEDER), seguida por fondos autonómicos. La cofinanciación estatal con fondos no comunitarios se canaliza a través del Plan Nacional de Restauración Hidrológico-Forestal (http://www.magrama.gob.es/es/ desarrollo-rural/temas/politica-forestal/desertificacion-restauracion-forestal/restauracion-hidrologico-forestal/rhf_plan_restauracion.aspx) y el Plan de Acción Nacional contra la Desertificación. Esa financiación está en parte relacionada con el impacto de los grandes incendios forestales (WWF, 2014). Las labores de restauración en zonas afectadas por incendios forestales se limitan casi exclusivamente a montes de utilidad pública, que apenas representan el 30% de la totalidad de la superficie forestal española (WWF, 2014).

6.1.3 Criterios y estrategias actuales de la gestión de montes quemados

De forma general, la restauración de montes quemados se debe aplicar para evitar la degradación del ecosistema y promover su regeneración. Los impactos ecológicos del fuego y el riesgo de degradación dependen del régimen de fuegos y de las características del ecosistema afectado (Vallejo y Alloza, 2015; Fig. 6.1.1). Para garantizar la sostenibilidad de los montes quemados, la restauración post-incendio debe promover

comunidades vegetales adaptadas al régimen de perturbaciones, presente y futuro. Por ello debe incluir una perspectiva a largo plazo sobre la integridad y evolución del ecosistema, de acuerdo a los conceptos de restauración ecológica (van Andel y Grootjans, 2006). Además, la restauración post-incendio debe minimizar el impacto ecológico de los incendios, favoreciendo paisajes más resilientes. También debe incorporar los principios de prevención de incendios para anticiparse a nuevos eventos de fuego que probablemente ocurrirán en un futuro más o menos lejano, lo cual reducirá los daños y los costes de extinción a largo plazo (Ryan y Opperman, 2013).

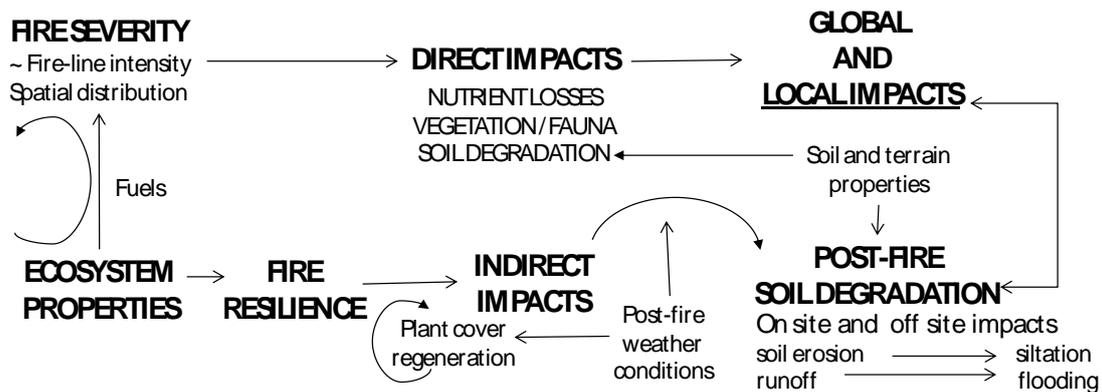


Figura 6.1.1. El impacto de la severidad fuego en el ecosistema. Tomado de Vallejo y Alloza, 2015.

6.2 LA ADAPTACIÓN DE LA GESTIÓN POST-INCENDIO AL CAMBIO CLIMÁTICO

6.2.1 Los cambios proyectados en el régimen de incendios

La evaluación del impacto del cambio climático indica que un incremento de la sequía puede originar un incremento en la ocurrencia de incendios (Williams et al., 2001; Moreno, 2005; Moreno et al., 2013). En particular, se espera que los aumentos en los eventos climáticos extremos puedan tener un gran impacto en el riesgo de incendios (Flannigan et al., 2005). Los cambios inducidos por el clima en la producción de combustible y, en la general, en la inflamabilidad del material vegetal pueden alterar la frecuencia, la intensidad y la gravedad de los incendios, que a su vez influirá en la estructura y composición de los ecosistemas (Flannigan et al., 2000; Mouillot et al., 2002).

En base a los cambios climáticos proyectados, los principales cambios en el régimen de incendios y sus impactos en el Mediterráneo se pueden resumir en (Duguay et al., 2013):

- Se espera que los incendios afecten cada vez más a las latitudes más al norte de la Regiones mediterráneas y, en el Mediterráneo, en elevaciones más altas de las cadenas montañosas. Por lo tanto, los incendios afectarían cada vez a ecosistemas más vulnerables. Algunos ecosistemas forestales especialmente vulnerables, como los abetales endémicos de la montaña mediterránea, podrían estar seriamente amenazados (Regato, 2008).

- Es muy probable que aumente el estrés hídrico y la mortalidad de especies forestales dominantes (Rambal y Hoff, 1998). En ambientes secos, este incremento en combustible muerto es esperable que aumente el riesgo y severidad de los incendios (Fulé et al., 2008).

- El aumento de incendios recurrentes probablemente disminuirá la resiliencia de muchos ecosistemas mediterráneos (Díaz-Delgado et al., 2002). En el caso de los bosques, es menos probable que la vegetación post-incendio regrese a su estado anterior al fuego ya que los fuegos severos favorecerán estados estables alternativos, tales como pastizales o matorrales (Fulé et al., 2008).

- El aumento de la sequía incrementará la dificultad de obtener buenos resultados en la forestación y reforestación de tierras degradadas por incendios.

En resumen, se espera un régimen de incendios más severo y un aumento de la sequía, y ambos procesos afectarían negativamente a la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales. En este contexto, las respuestas de las plantas a los cambios combinados en el régimen de incendios y sequía son todavía inciertas aunque es de esperar que los ecosistemas sean más vulnerables al fuego y más difíciles de restaurar. Los territorios de clima seco-subhúmedo en el límite con el semiárido son especialmente vulnerables frente a la aridización proyectada del clima. Durante el periodo de aridización progresiva, los incendios incontrolados y severos serán más probables en la medida que estos territorios conserven suficiente combustible como para propagar los incendios. Por otra parte, las condiciones crecientes de sequía dificultarán más la regeneración de la vegetación post-incendio, con el consiguiente aumento del riesgo de erosión y de degradación irreversible del ecosistema (Moreno et al., 2015).

A continuación, se desarrollan los elementos esenciales de la restauración de montes quemados y las opciones adaptativas al cambio climático.

6.2.2 Objetivos de la restauración post-incendio

Los objetivos específicos de la restauración post-incendio pueden ser muy diversos (Vallejo y Alloza, 2012) de acuerdo con las condiciones biofísicas y socioeconómicas de las zonas afectadas. En los ecosistemas mediterráneos afectados por los incendios forestales, los principales objetivos de los programas de restauración suelen ser (Vallejo y Alloza, 1998):

- Conservar el suelo: el suelo es un recurso primario no renovable que puede estar expuesto al riesgo de degradación y erosión después del fuego. Este objetivo incluye la regulación del ciclo hidrológico.
- Mejorar la resistencia y resiliencia del ecosistema en relación con el fuego.
- Promover bosques maduros, especialmente bosques de frondosas, que actualmente son escasos en los paisajes de la cuenca mediterránea.

En un contexto del cambio climático, estos objetivos se pueden agrupar en dos estrategias:

- Mitigación de los impactos, que incluyen todas las medidas adoptadas para reducir y revertir los impactos causados por los incendios.
- Adaptación, que abarca todos los enfoques necesarios para ajustar, preparar y adecuarse a las nuevas condiciones creadas por el cambio climático y un nuevo régimen de fuego.

Las estrategias de mitigación tienen por objeto reducir los impactos del fuego. Las estrategias y métodos de adaptación tienen por objeto reducir el riesgo de incendio y la conservación del ecosistema, en la perspectiva de los nuevos regímenes de incendios. La adaptación pone el énfasis en técnicas para el control del combustible y manejo de la vegetación, para reducir la ocurrencia de incendios, su gravedad y para aumentar la resiliencia de los ecosistemas, especialmente en zonas de alta vulnerabilidad.

Pese a que las actuaciones de restauración suelen tener un carácter local, deben de considerar un marco global, caracterizado por cambios e incertidumbres. Igualmente, para hacer frente a unas condiciones climáticas más severas y un régimen de incendios más grave, las estrategias de gestión deben abordar tanto los aspectos sociales como los componentes técnicos del manejo del fuego. En la definición de los objetivos de la restauración es necesario recoger las demandas de los grupos de interés, incorporando enfoques participativos (Rojo et al., 2012). Desde el punto de vista técnico, se deben de considerar varios enfoques para hacer frente a los nuevos riesgos derivados del cambio climático y del régimen de incendios (Tabla 6.1).

Tabla 6.2. Principales estrategias para afrontar incendios más severos, con un incremento de periodos secos (Tomado de Duguy et al., 2013).

NUEVOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EVOLUCIÓN DE FUEGO Y EL CLIMA	PREVENCIÓN	RESTAURACIÓN POST-INCENDIO
Incertidumbre en la respuesta de las especies al cambio climático y régimen de incendios	Medidas de prevención de incendios específicas y dirigidas a los ecosistemas más sensibles al fuego.	Incremento de la diversidad de especies en los proyectos de restauración. Aplicación de los principios de gestión adaptativa
El abandono de tierras de cultivo favorece la colonización por vegetación forestal dominada por especies germinadoras.	Control de combustible, combinado con la introducción de plantas leñosas rebrotadoras.	Introducción de especies rebrotadoras leñosas.
Bosques recientemente afectados	Medidas específicas de prevención de incendios, especialmente dirigidas a los ecosistemas sensibles al fuego.	Reintroducción de especies sensibles al fuego.
Aumento de la ocurrencia de incendios de alta intensidad.	Control del combustible para prevenir megaincendios.	Promover paisajes con baja combustibilidad
Incremento de periodos secos	Mejorar sistemas de alerta temprana	Aplicación de técnicas para mejorar captura y eficiencia del uso del agua en proyectos de restauración

6.2.3 Estrategias de restauración post-incendio

Los grandes incendios tienen un fuerte impacto social. A menudo, las organizaciones sociales y los medios de comunicación reclaman acciones inmediatas y el problema se convierte en una cuestión política, al menos en el corto plazo. Los proyectos de restauración son extremadamente caros, tanto en términos económicos como en términos de energía. Los grandes incendios afectan a amplias superficies, más allá de la capacidad logística necesaria para realizar acciones de restauración en la totalidad de la superficie afectada. Por lo tanto, las actuaciones de restauración post-incendio deben de estar cuidadosamente priorizadas y técnicamente justificadas.

En general, las actuaciones de restauración son necesarias cuando se producen alguna de estas situaciones:

- a) Incendios que afectan a ecosistemas sensibles al fuego, en regiones donde los incendios naturales son poco frecuentes.
- b) Incendios con una frecuencia o gravedad extraordinaria - régimen de incendios alterado - en ecosistemas dependientes del fuego (caso de la Región Mediterránea).
- c) Una combinación, sin precedentes, de modificaciones en el régimen de incendios y otras alteraciones sobre los ecosistemas dependientes del fuego.

El gran desarrollo de los estudios de ecología del fuego y restauración post-incendio en España y en otros países afectados por incendios forestales, ha permitido ir introduciendo matices y nuevas técnicas a la restauración de montes quemados. Las actuaciones de restauración post-incendio deben de planificarse atendiendo al impacto ecológico y a los objetivos de gestión forestal (Vallejo et al., 2009; Moreira et al., 2012). También deben incluir una perspectiva a largo plazo de acuerdo a los conceptos de restauración ecológica (van Andel y Grootjans, 2006). Como el riesgo de incendio es inherente en el Mediterráneo, en el diseño de las estrategias de restauración deben incorporarse los principios de prevención de incendios y así poder anticiparse a nuevos episodios de incendios.

En la actualidad, la restauración después de incendio se plantea en tres etapas en función de la dimensión temporal de los impactos y de los objetivos de restauración forestal propuestos (Vallejo y Alloza, 2012): 1) Actuaciones de emergencia para la estabilización del suelo y el control de la escorrentía (riesgo de inundaciones) y de la erosión, incluyendo la gestión de la madera quemada. En Estados Unidos, el Servicio Forestal ha desarrollado protocolos específicos para esta etapa (*Burned Area Emergency Response*, BAER, http://www.fs.fed.us/eng/pubs/pdf/BAERCAT/lo_res/TOContents.pdf). 2) Ayuda a la regeneración de las especies clave, a 2-5 años vista, que incluye eventuales plantaciones o siembras, clareos en el caso de regeneración excesiva de pinos, resalvos para especies de *Quercus* a monte bajo. 3) Restauración forestal en la perspectiva del largo plazo, en función de los objetivos de gestión y planificación forestal, incorporando la perspectiva de la prevención de probables nuevos incendios, del aumento de la biodiversidad y de la resiliencia, y de la adaptación al cambio climático. Dos libros relativamente recientes desarrollan gran parte de los avances conseguidos en los últimos años en el conocimiento sobre la restauración de montes quemados (Cerdà y Robichaud, 2009; Moreira et al., 2012). La aplicación práctica de las nuevas aproximaciones a la restauración de montes quemados se ha desarrollado en sendas guías, una enfocada al control de la erosión en Galicia (Vega et al., 2013) y otra genérica, orientada a condiciones mediterráneas (Alloza et al., 2014).

Los impactos de los incendios deben ser analizados considerando las interacciones entre los procesos directos inducidos por el fuego (grado de severidad), el régimen de incendios, las características del suelo y de la vegetación y los procesos previos de degradación inducidos por el hombre (usos del suelo previos al incendio).



Figura 6.2.1. Ladera con graves procesos de degradación previos al incendio. La eliminación de la cubierta vegetal después del incendio se suma a los factores de riesgos de erosión previos al incendio: fuerte pendiente y canalización de la escorrentía en las zonas con desmoronamiento de muros (Incendio de Xàbia 2014).

El proceso de formulación y selección de las alternativas de restauración de zonas quemadas puede emular un proceso de gestión adaptativa. Este proceso se puede plantear en diferentes fases temporales (Figura 6.2.2), hasta lograr una restauración global de la zona afectada. Los procedimientos o técnicas a implementar constarán de un diagnóstico del ecosistema afectado, selección de alternativas de actuación acordes con el diagnóstico, control de calidad, seguimiento y evaluación de las actuaciones (Alloza et al., 2014).

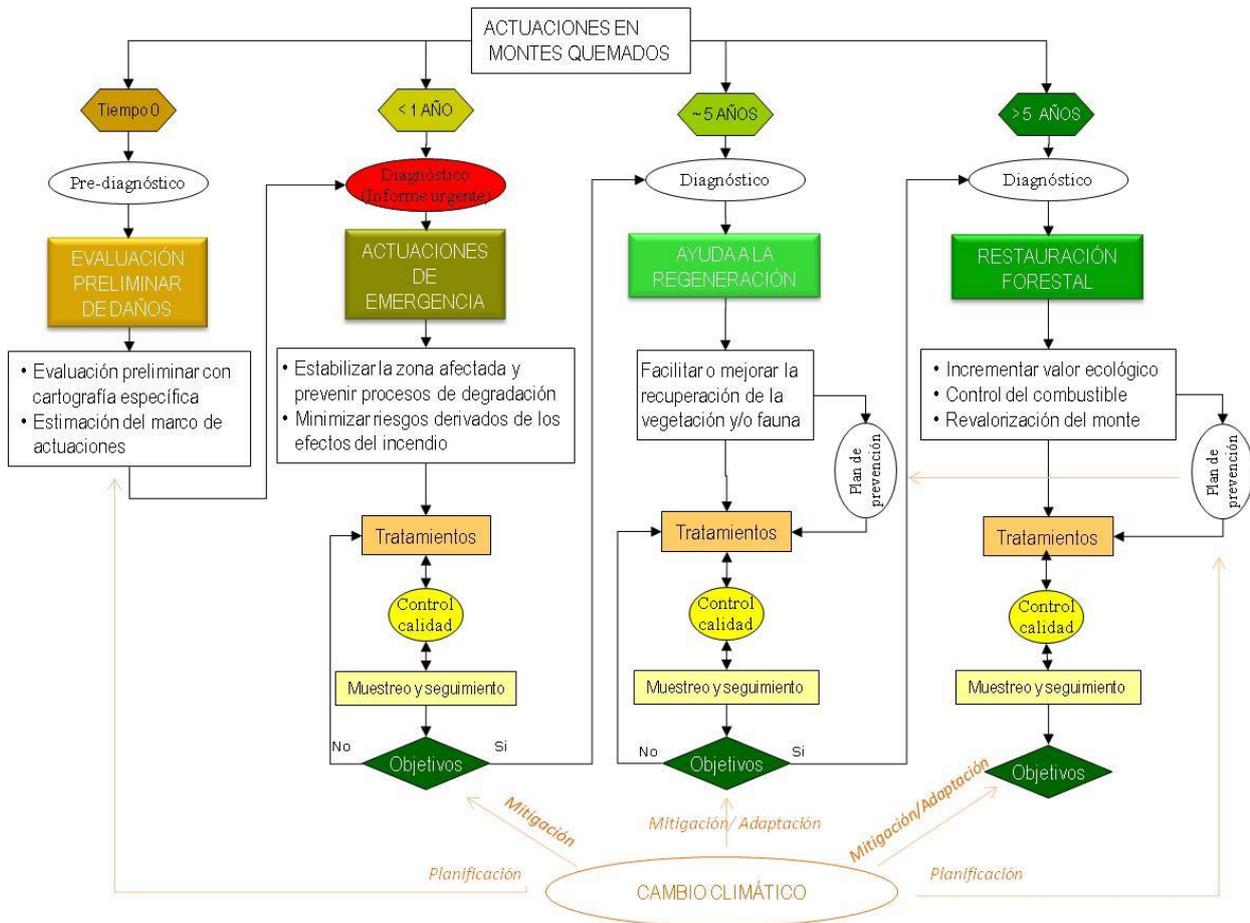


Figura 6.2.2. Marco conceptual para la restauración de montes quemados (adaptado de Alloza et al., 2014).

1.- Evaluación preliminar de impactos. Una primera aproximación a la evaluación del impacto ecológico de un incendio puede obtenerse a partir de información cartográfica a distintas escalas (Fig. 6.2.3). La cartografía puede aportar una primera y rápida aproximación a la magnitud de los impactos de un incendio (pre-diagnóstico) y, atendiendo a éstos, acotar el rango de actuaciones necesarias para paliarlos. La información cartográfica permite abordar por un lado el riesgo de degradación y la previsible respuesta de la vegetación a los incendios (Alloza y Vallejo, 2006; Duguay et al., 2012). Además, esta evaluación puede incorporarse en la planificación, como ya se ha utilizado en el Plan Territorial Forestal de la Comunidad Valenciana (PATFOR 2013), o para disponer de una información consistente inmediata sobre el impacto ecológico del incendio, cuando hay más demanda por parte de los medios de comunicación.

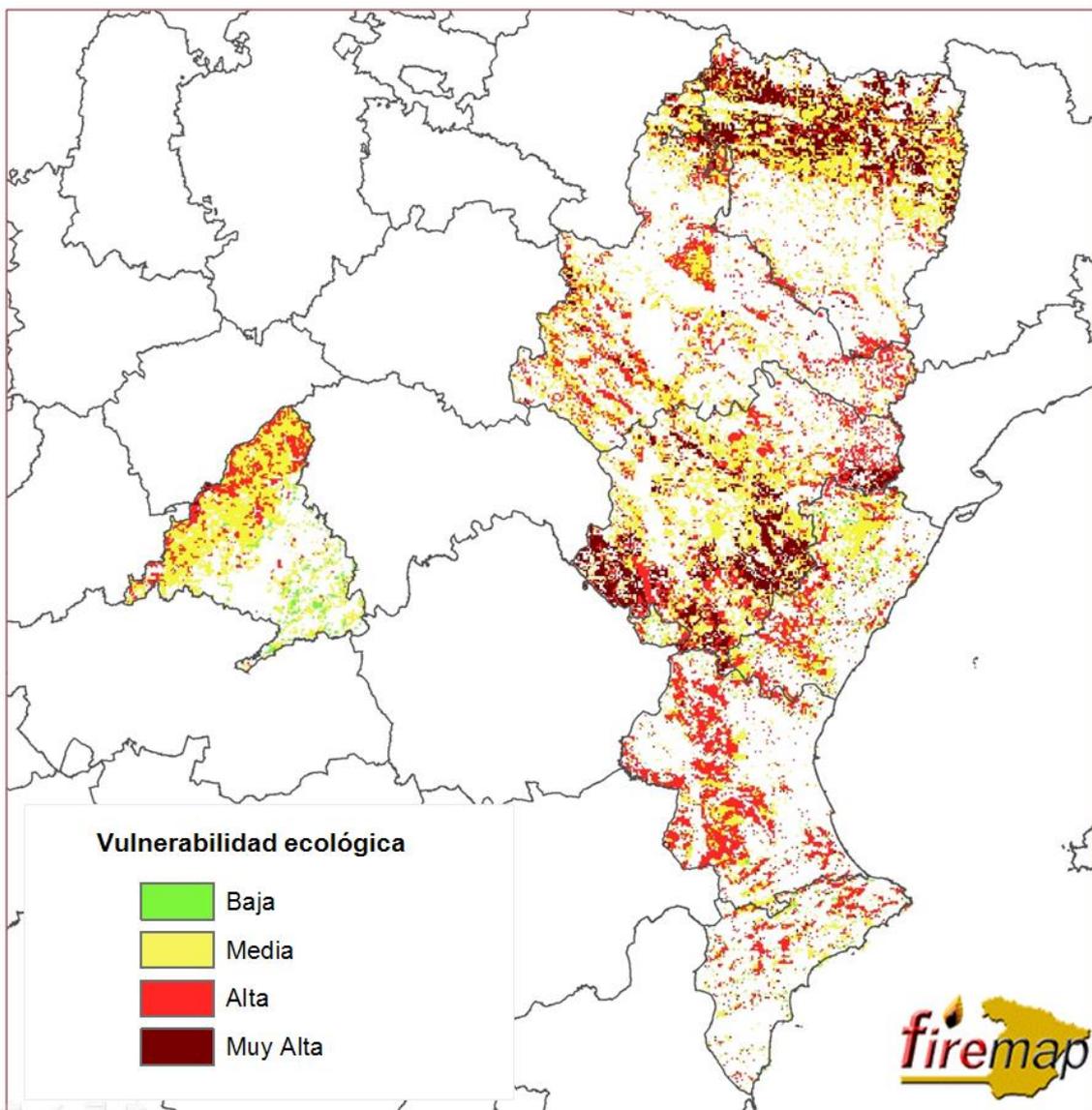


Figura 6.2.3. Vulnerabilidad a los incendios forestales en la Comunidad Valenciana, Aragón y Madrid. Resultados del proyecto FIREMAP (Duguy et al., 2012).

2.- Actuaciones de emergencia. La información cartográfica (pre-diagnóstico), contrastada con visitas de campo a las zonas quemadas, permite identificar sobre el terreno los impactos del fuego. En nuestra propuesta, la toma de datos y evaluación posterior se realiza de forma normalizada, partiendo de un protocolo específico. En esta fase se identifican las zonas más vulnerables y se proponen, en caso necesario, las actuaciones más urgentes para estabilizar la zona afectada y prevenir riesgos.

Inmediatamente después de extinguido el incendio, la restauración de las zonas quemadas debe minimizar los impactos y estabilizar los ecosistemas afectados, reduciendo los riesgos para las personas e infraestructuras y evitando posteriores procesos de degradación. Sin embargo, salvo en las zonas más vulnerables, una actuación urgente e indiscriminada podría ser perjudicial para la regeneración de la vegetación y supondría un uso ineficiente de los siempre limitados recursos económicos. En cualquier caso, dado que los incendios de gran tamaño son relativamente frecuentes y es previsible que sigan sucediendo, la sociedad y las administraciones deberían estar preparadas para responder de forma eficaz a los incendios, con el objeto de minimizar los daños. En principio, los cambios proyectados del clima solo afectarían a las frecuencias de situaciones de riesgo y no a los procesos implicados (riesgo de erosión y escorrentía excesiva). En el momento presente ya se producen situaciones de alto riesgo, cuando confluyen eventos de precipitación extremos poco después de incendios de alta severidad en cuencas forestales vulnerables.

3.- Ayuda a la regeneración. Superada la primera fase de prevención de riesgos, el objetivo de la gestión se centra en asegurar la recuperación de la cobertura vegetal y de las especies dominantes.

A corto plazo, en base a muestreos de seguimiento realizados para contrastar la eficacia de las actuaciones de urgencia, se puede disponer de información para efectuar un diagnóstico sobre el grado de recuperación de la vegetación, tanto en cobertura como en composición. Dicho diagnóstico permitirá evaluar la capacidad de resiliencia y la calidad forestal del monte. Si este diagnóstico detecta que es necesario aumentar la resiliencia, se procederá a diseñar actuaciones de repoblación; en otros casos, las técnicas necesarias consistirán en clareos selectivos para reducir la competencia intra-específica (ayuda a la regeneración) y reducir la carga de combustible.

4.- Restauración forestal a medio y largo plazo. En esta fase, el objetivo se centra en llevar el ecosistema hacia formaciones maduras autosostenibles, cuya composición permita la revalorización del monte. El diagnóstico deberá reflejar el estado evolutivo en el cual se encuentra el ecosistema y el grado de acumulación de combustible. Las actuaciones a realizar estarán encaminadas a aumentar la madurez del bosque, su valor paisajístico y económico, y a reducir el riesgo de incendios mediante el control del combustible acumulado, considerando las posibles implicaciones de las proyecciones de cambio climático.

En los puntos 3 y 4 se requiere una aproximación adaptativa al cambio climático que tome en consideración las potenciales respuestas de las especies dominantes al cambio.

Para facilitar el análisis de los impactos ocasionados por el fuego y la toma de decisión, los procedimientos y metodologías descritos anteriormente, se han recopilado y estandarizado en un entorno informático. El Sistema de apoyo a la toma de decisión (POSTFIRE-DSS, desarrollado en el proyecto europeo FUME) se ha estructurado en cuatro fases: evaluación preliminar en base a la cartografía, actuaciones de emergencia,

ayuda a la regeneración y restauración (Fig. 6.2.4, Vallejo et al., 2014; Alloza et al., 2014).

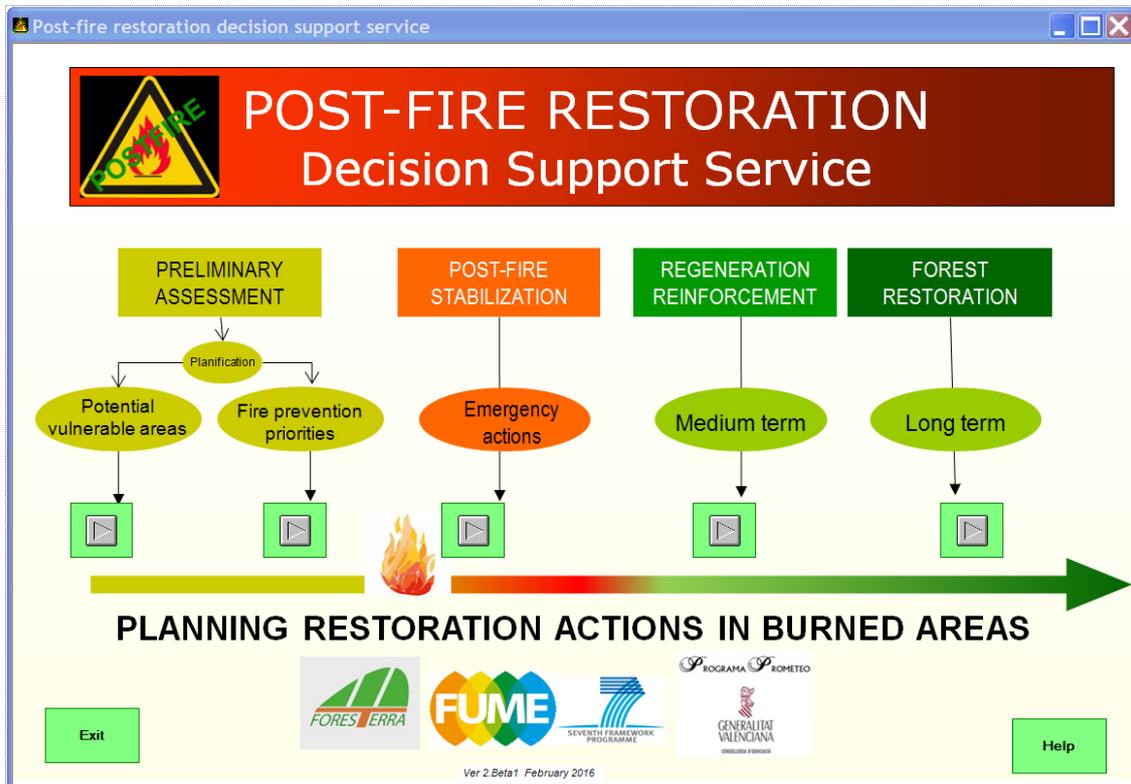


Figura 6.2.4. Pantalla inicial del Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la gestión de zonas quemadas (POSTFIRE-DSS).

6.2.4 Estrategias de mitigación

Cómo ya se ha indicado, las técnicas de mitigación tienen por objeto reducir los impactos del fuego. En algunos casos, dependiendo de las condiciones del sitio y los efectos de los incendios, son necesarias intervenciones de emergencia para evitar que los procesos de degradación alcancen o superen un umbral, más allá del cual la restauración adquiere unos costes prohibitivos o resulta imposible. Las intervenciones de emergencia tienen como objetivo estabilizar la zona afectada para evitar nuevos procesos de degradación y para reducir al mínimo los riesgos para las personas (Robichaud et al., 2000; Napper, 2006; Vallejo et al., 2009; Vega, 2010; Moreira et al., 2012; Vega et al., 2013; de las Heras, 2013).

Las actuaciones urgentes deben llevarse a cabo, en unas pocas semanas o unos meses después del incendio, preferiblemente antes de las primeras lluvias de otoño, a menudo intensas en la región mediterránea. Sus objetivos se centran en:

- Protección del suelo para evitar la erosión y disminuir la escorrentía y el riesgo de inundaciones aguas abajo.
- Reducir los riesgos para las personas y bienes (por ejemplo, el peligro de la caída de árboles quemados).

- Evitar plagas y enfermedades.

Las medidas más comunes de mitigación post-fuego son los tratamientos de madera quemada y las actuaciones en laderas: siembra de herbáceas (con o sin acolchado) y barreras contra la erosión (Napper, 2006; Cerdà y Robichaud, 2009; Vega et al., 2013; Alloza et al., 2014; WWF, 2014).

Tratamiento de madera quemada

La extracción (o no extracción) de los troncos quemados es una decisión compleja y muy dependiente de las condiciones del sitio (Peterson et al., 2009; Vega et al., 2013), sobre la que no siempre se dispone de suficiente información apoyada en evidencias experimentales (Peterson et al., 2009; Rodríguez et al., 2013) y que suele generar controversias (Lindenmayer y Noss, 2006; Donato et al., 2006; Peterson et al., 2009).



Figura 6.2.5. Ladera afectada por un incendio con distinto grado de severidad, sin embargo, el tratamiento de madera quemada ha sido similar: extracción total (Incendio de Aliaga, Teruel, 2009).

En las operaciones de extracción de la madera quemada, junto a los factores ecológicos, hay que considerar factores socioeconómicos locales que pueden condicionar la gestión del monte quemado. En ocasiones, la toma de decisiones sobre la necesidad de realizar este tipo de actuación, la época y el procedimiento aplicado, está condicionada por la búsqueda de una rentabilidad económica que permita sufragar la actuación, o al menos una parte de la misma, y que pueda reportar cierto beneficio económico al propietario (Vallejo et al., 2012; Peterson et al., 2009), factor que resulta determinante si el monte quemado tenía una orientación productiva. La rentabilidad de esta actuación está limitada, a su vez, por la tecnología disponible, el tiempo transcurrido desde el incendio hasta la extracción, la distancia a las vías de comunicación y el volumen de madera disponible, factores que influyen en el coste total de la extracción. Por ello, no siempre el precio de la madera quemada permite financiar esta operación, e incluso puede originar sobrecostes en el proceso de restauración de las zonas quemadas (Leverkus et al., 2012).

En numerosas ocasiones el gestor tiene que afrontar el reto de conciliar el aprovechamiento de los recursos con la sostenibilidad de la gestión (Vega et al., 2013), reto que presenta muchas dificultades especialmente en los grandes incendios, donde se llegan a movilizar cientos de miles de metros cúbicos de madera, en un proceso que necesariamente se extiende en el tiempo durante 2 o más años y que está condicionado por factores ambientales, técnicos y administrativos y que, además, debe compaginar

varios objetivos (por ejemplo, el incendio de El Rodenal de 2005 en Guadalajara; Chavarría et al., 2010).

En términos generales, entre los posibles objetivos para justificar la extracción de madera quemada a corto plazo figuran:

a) *Ecológicos*

- Protección frente a la erosión.
- Reducir el riesgo de plagas o mortalidad post-incendio
- Evitar daños a la regeneración arbórea en el futuro.
- Reducir el futuro riesgo de incendio
- Mejorar la estabilidad y el crecimiento de las masas de *Quercus* favoreciendo el rebrote de cepa.

b) *No ecológicos*

- Económico.
- Facilitar el uso recreativo y la seguridad de áreas habitadas o transitadas.
- Eliminar riesgos sobre infraestructuras y red viaria.
- Reducir el impacto paisajístico y emotivo.
- Facilitar la transitabilidad del monte y la gestión forestal posterior al incendio.

Sin embargo, también hay que considerar los posibles efectos negativos: pérdida de nutrientes; incremento de escorrentía y erosión en suelos sensibles; daños sobre el regenerado según el tiempo transcurrido desde el incendio; incremento de la radiación y, en consecuencia, del estrés hídrico; efectos sobre avifauna y dispersión de especies. En Peterson et al. (2009) y Vega et al. (2013) pueden consultarse amplias bibliografías sobre los efectos de la gestión de la madera quemada en condiciones del oeste de Estados Unidos y Peninsulares atlánticas respectivamente; en Castro et al. (2013) y Alloza et al. (2014), para condiciones mediterráneas.

Generalmente, la gestión de las zonas arboladas quemadas considera varios objetivos. Así, además de los criterios ecológicos, suelen plantearse otras necesidades (sociales, económicas, etc.). En cualquier caso, es recomendable definir claramente todos los objetivos, dividir la zona de actuación en rodales y diseñar tratamientos y un calendario acordes con los objetivos previstos y las características del medio. En la toma de decisiones de este proceso se puede establecer un procedimiento de análisis con tres fases (Figura 6.2.6):

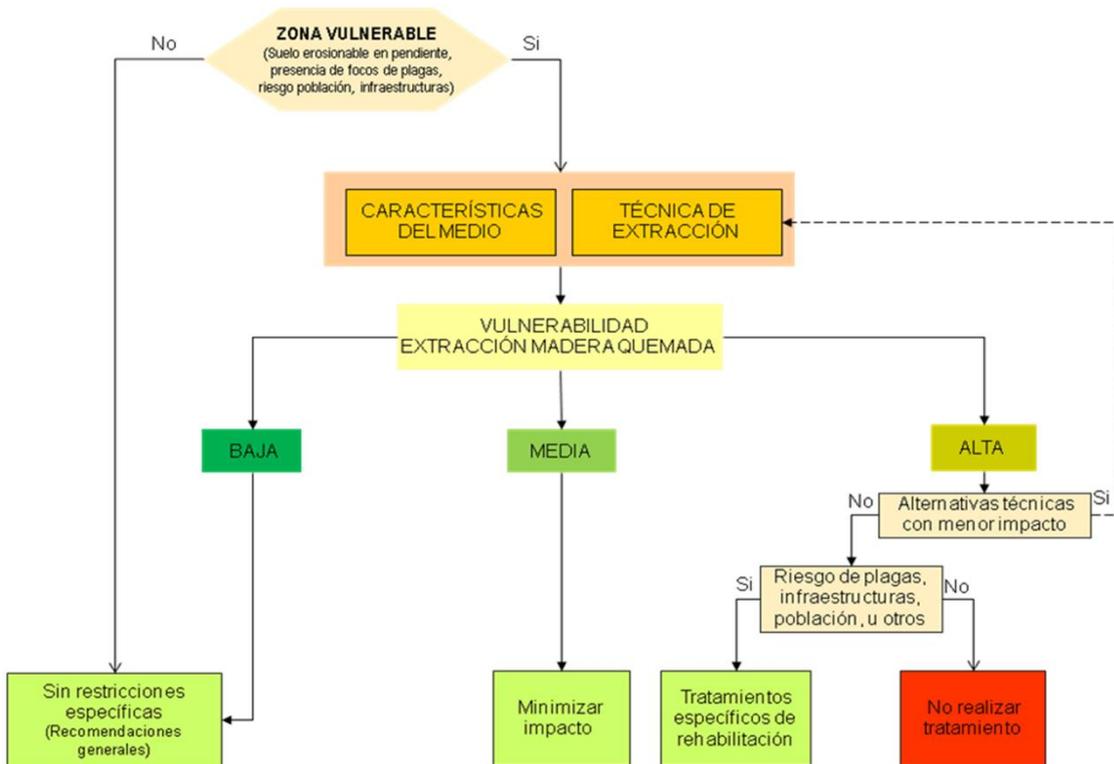


Figura 6.2.6. Esquema para la toma de decisiones en la extracción de madera quemada. (Tomado de Alloza et al., 2014)

1. Identificación de las zonas potencialmente vulnerables. Se corresponden con zonas de arbolado quemado, situadas sobre suelos susceptibles de ser erosionados y en pendientes moderadas o fuertes. También son especialmente vulnerables los rodales próximos a focos de plagas y aquellos que puedan presentar riesgos para la población o infraestructuras.

2. Evaluación de la vulnerabilidad a la extracción de madera quemada, mediante la integración de la información sobre el medio y el posible impacto del tratamiento de extracción de la madera quemada.

3. Toma de decisiones en función del análisis de la vulnerabilidad. En el caso de que sean inevitables impactos negativos, deberían considerarse alternativas para minimizarlos. Con impactos negativos extremos, debe considerarse la aplicación de técnicas de rehabilitación post-actuación o, si no existe riesgo (de plagas, sobre infraestructuras o sobre las personas) considerar la posibilidad de no realizarlo, o retrasar la extracción hasta que el monte sea menos vulnerable. En las zonas sin restricciones específicas se puede proceder, atendiendo a las recomendaciones generales, a una rápida extracción de la madera quemada.

Actuaciones por riesgo de erosión en laderas

La degradación del suelo y el riesgo de erosión por la pérdida de la cubierta vegetal suelen ser los procesos más críticos después de un incendio (Vallejo y Alloza, 1998). Para prevenir estos riesgos, las zonas con necesidades de actuación urgente se localizan generalmente en laderas con presencia de varios de estos factores: riesgo de intensa

precipitación, pendientes pronunciadas, suelos erosionables y dominancia de especies germinadoras.

Si el riesgo de intensa precipitación es muy alto y el incendio ha afectado con alta severidad a una cuenca muy extensa, será necesario un análisis hidrológico para poder dimensionar tratamientos específicos en cauces con el objetivo de prevenir daños por avenidas. A nivel de cuenca, después de un incendio se pueden aplicar diversas metodologías para analizar la producción de sedimentos y escorrentía. Aproximaciones en base a modelos pueden obtenerse con la aplicación del número de curva (NRCS, 1986), la RUSLE o el modelo WEPP (Elliot et al., 1999). En Robichaud y Ashmun (2012) se describen modelos y aplicaciones desarrollados en Estados Unidos. En nuestras condiciones, un detallado estudio hidrológico de los efectos de un incendio puede consultarse en Delgado et al. (2005).

Los análisis hidrológicos detallados y, sobre todo, las actuaciones en los cauces requieren bastantes meses de análisis y ejecución. Pero, en cualquier caso, es necesario evaluar la necesidad de realizar acciones de emergencia en las laderas más vulnerables (a realizar con anterioridad a las primeras precipitaciones otoñales). En estas situaciones, los criterios básicos para la selección de las técnicas susceptibles de aplicación pueden plantearse como un sistema de ayuda a la toma de decisiones (Fig. 6.2.7):



Figura 6.2.7. Esquema de apoyo en la toma de decisión para evaluar la necesidad de aplicar actuaciones urgentes de lucha contra la erosión en laderas. Tomado de Alloza et al., 2014.

Las principales técnicas utilizadas son aplicación de coberturas del suelo (siembras de emergencia y siembras con acolchado) y barreras contra la erosión.



Figura 6.2.8. Barranco donde se ha realizado un tratamiento de la madera quemada (fajinas de restos y de troncos apilados y triturados). Incendio de Les Useres, Castellón (2007).

6.2.5 Tratamientos a medio y largo plazo. Estrategias de adaptación

Objetivos

Previamente al desarrollo de cualquier alternativa de restauración, es necesario definir claramente los objetivos y usos previstos para la zona quemada y, en esta concreción de objetivos, deberían participar el máximo número de agentes sociales implicados en la gestión, propiedad y uso de los terrenos afectados. En este proceso de toma de decisiones, cada vez resulta más necesario contar con mecanismos de participación ciudadana, participación que debe estar organizada para determinar la orientación final de la restauración pero sin llegar a supeditar las consideraciones técnicas.

En nuestro entorno, un objetivo prioritario de la gestión de las zonas quemadas es la restauración de la vegetación forestal. Sin embargo, una vez identificadas las actuaciones de restauración forestal, éstas se pueden complementar con actuaciones

orientadas a otros objetivos: actuaciones cinegéticas (Bellido et al., 2013), plantaciones micorrizadas con hongos de valor comercial en áreas cortafuegos (Reyna y García, 2005), pastos, etc.

Alternativas técnicas

Al cabo de 2-3 años del incendio se produce un punto crítico en el proceso de evolución de la cubierta vegetal (Casal, 2010). En este periodo ya habrá tenido lugar la germinación de las especies leñosas y habrá disminuido la presencia de especies herbáceas oportunistas. Por tanto, es un momento adecuado para evaluar la dinámica de la cubierta vegetal en términos de cobertura, estructura y composición, así como la eficacia de las actuaciones urgentes realizadas y para planificar nuevas actuaciones.

Las actuaciones de adaptación estarán justificadas si en la zona afectada están ausentes las especies características de estados maduros de la sucesión o hay una baja biodiversidad, factores a los que se suma la necesidad de promover la capacidad de resiliencia y la necesidad de prevenir nuevos incendios (Fig. 6.2.9).

Igualmente, en esta fase temporal ya se puede contrastar si la regeneración se está desarrollando según el proceso de autosucesión o si se producen excepciones en las comunidades de matorral (Baeza et al., 2007) o en el arbolado (Retana et al., 2002). Junto al criterio evolutivo, las interacciones de los incendios con el paisaje (Moreira et al., 2012) y el combustible (Duguy et al., 2007, 2013) también determinarán la necesidad de realizar actuaciones.

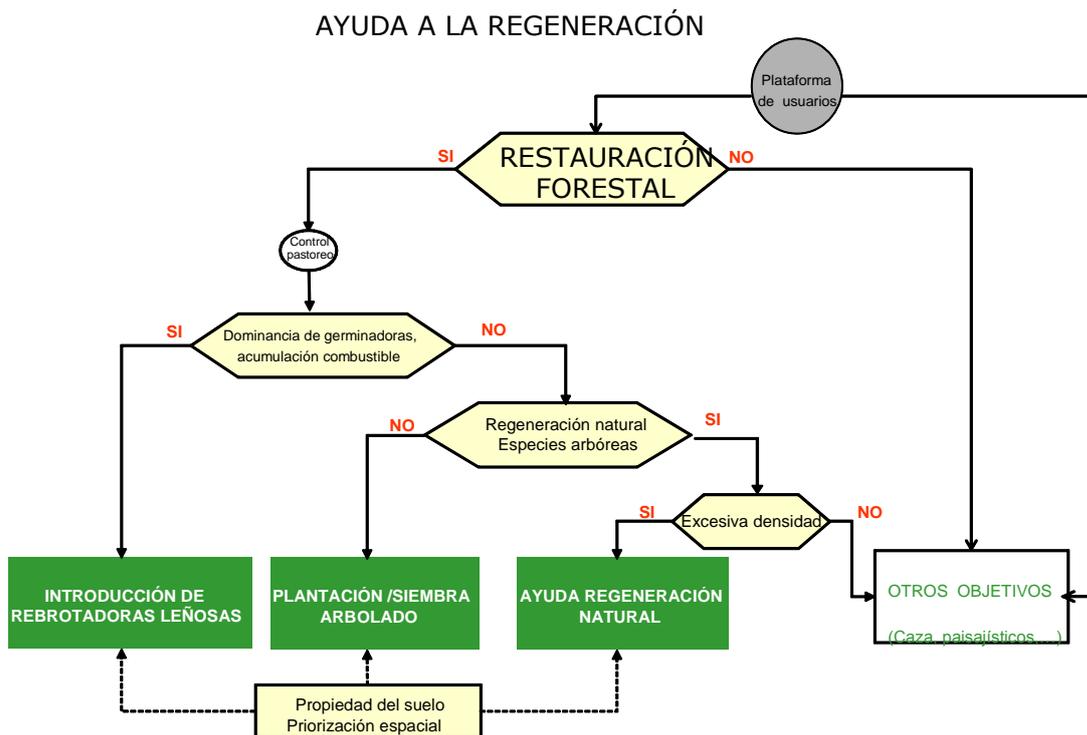


Figura 6.2.9. Esquema de apoyo a la toma de decisión para evaluar la necesidad de aplicar actuaciones de restauración forestal.

En Moreira et al. (2012) pueden consultarse las principales características de las actuaciones de restauración de zonas quemadas aplicadas en el Sur de Europa. En general, las principales estrategias de restauración propuestas para hacer frente a las proyecciones

de los nuevos regímenes de incendios y el cambio climático son (Vallejo y Alloza, 1998; Vallejo et al., 2009):

- Plantación de especies rebrotadoras arbustivas y arbóreas para mejorar la adaptación (resiliencia y / o resistencia) en zonas cubiertas por matorrales dominados por especies germinadoras. Estas zonas, que suelen ser antiguos campos de cultivos abandonados, acumulan grandes cantidades de combustible y tienen un alto riesgo de degradación después de incendios recurrentes.

- Desbroce selectivo de matorrales altamente inflamables combinados con la plantación de especies rebrotadoras para reducir el riesgo de incendio y para mejorar la resiliencia de los ecosistemas (Valdecantos et al., 2009a y b). En las situaciones donde dominan matorrales densos, con alta acumulación de combustible de riesgo, se pueden realizar desbroces con triturado y distribución superficial de restos a modo de acolchado (Baeza et al., 2005).

- Tratamientos selvícolas. En otras situaciones, la regeneración natural puede que no coincida con los objetivos de gestión. Por ejemplo, si el incendio fomenta la aparición de especies exóticas invasoras o en algunos pinares con regeneración excesiva. En pinares de pino carrasco adultos puede producirse una regeneración excesiva y será necesario realizar clareos selectivos para reducir la competencia intra-específica (ayuda a la regeneración) y reducir la carga de combustible (Moya et al., 2008; De las Heras et al., 2012).

Estas técnicas no deberían de aplicarse en detrimento de la regeneración natural, como por ejemplo aprovechar la germinación de las semillas que la vegetación quemada ha dejado en el suelo, o la procedente de la vegetación verde del perímetro del incendio (Moreira y Vallejo, 2009).

La elección de especie en la restauración

En el contexto de la restauración ecológica después de un incendio, para reducir el riesgo de incendios y la mejora de la capacidad de recuperación de fuego la selección de especies debería de considerar los siguientes aspectos (Fig. 6.2.10; Vallejo et al., 2003; Vallejo y Alloza, 2004; Vallejo et al., 2012b):

- Las especies autóctonas son más adecuadas para la restauración del hábitat. Esto no siempre es evidente en ecosistemas muy degradados ya que la degradación del suelo puede haber hecho el hábitat no adecuado para las especies de referencia.

- Uno de los primeros pasos en la selección de especie es el análisis de las restricciones ecológicas del medio (climáticas, edáficas y perturbaciones) lo que permitirá seleccionar el elenco de posibles especies compatibles.

- A partir del conjunto de especies que se consideren adecuadas para la restauración de un hábitat hay que seleccionar las que mejor se adapten a los objetivos de gestión. En el caso de la restauración post-incendio, se proponen especies rebrotadoras leñosas de acuerdo con los objetivos de aumentar la resiliencia del ecosistema al fuego y reducir el riesgo de incendio. A nivel de especie, la resistencia al fuego debe estar relacionada con la inflamabilidad, que está determinada por la estructura de la planta, proporción de necromasa, contenido de humedad y la presencia de compuestos que influyen en la inflamabilidad (compuestos volátiles orgánicos, resinas). A nivel de comunidad vegetal, la resistencia debe estar relacionada con la combustibilidad de los ecosistemas, incluyendo la composición de especies, estructura

y las características de la capa orgánica del suelo. La acumulación de combustible muerto incrementa el peligro de incendio y puede ser considerablemente mayor en los arbustos semilladores obligados que en los arbustos y árboles rebrotadores (Baeza et al., 2011).

- En el proceso de selección también se pueden considerar otros objetivos, como la mejora de la fertilidad del suelo a través de la introducción de N-fijadores (Binkley y Giardina, 1998), la mejora de la retención de carbono (Lal, 1999) o producción de frutos para la caza.
- Las restricciones técnicas. La introducción de especies en un proyecto de restauración requiere conocimientos específicos para cada especie. Además, especies creciendo en el mismo hábitat pueden mostrar contrastadas estrategias fisiológicas (Vilagrosa et al., 2003, 2005) y, por lo tanto, pueden requerir diferentes técnicas de cultivo en el vivero. Desgraciadamente, el conocimiento sobre la ecofisiología es muy limitado para muchas de las especies más interesantes para la restauración.

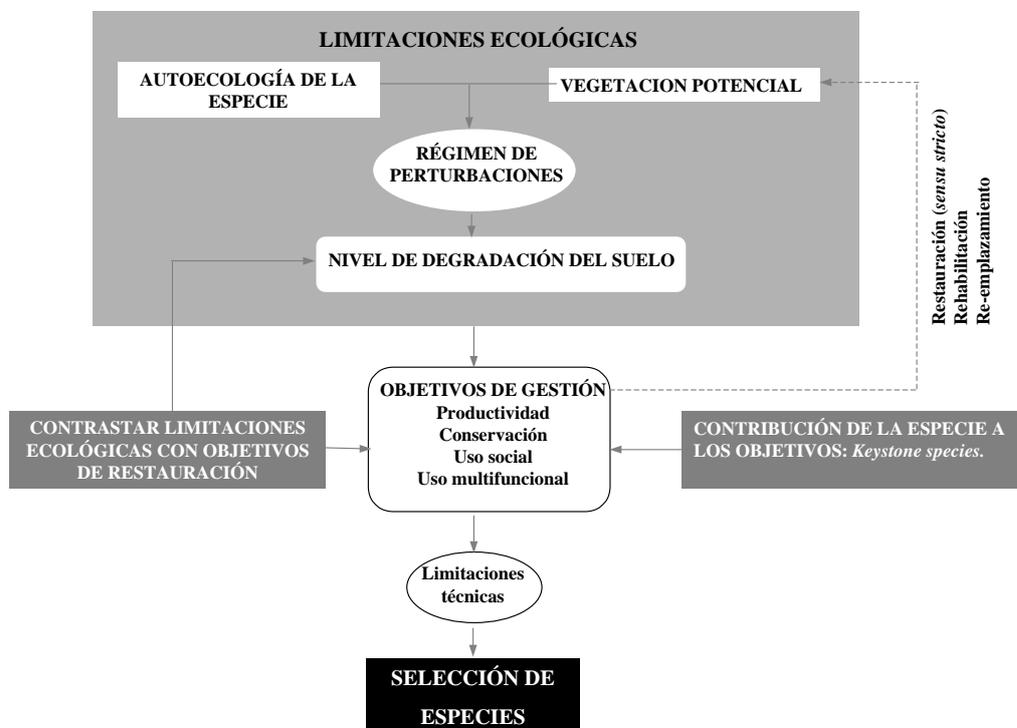


Figura 6.2.10. Propuesta metodológica para la selección de especie en el ámbito de la restauración ecológica (Tomado de Vallejo et al., 2003).

Evolutivamente, las especies que se desarrollan en ambientes con incendios recurrentes han adquirido una serie de características funcionales que les permiten persistir y reproducirse. En Paula et al. (2011) se ha realizado una recopilación de los principales rasgos funcionales relacionados con la adaptación y capacidad de respuesta frente a los incendios.

En los ecosistemas mediterráneos, las principales características funcionales que se han seleccionado son las relacionadas con la capacidad de rebrotar y la capacidad de reclutar nuevos individuos tras el incendio (Pausas, 2011). Las especies rebrotadoras y germinadoras pueden considerarse como dos grupos con estrategias y rasgos funcionales

que manifiestan distintas respuestas y comportamiento frente al fuego y a la disponibilidad de agua (Fig. 6.2.11).

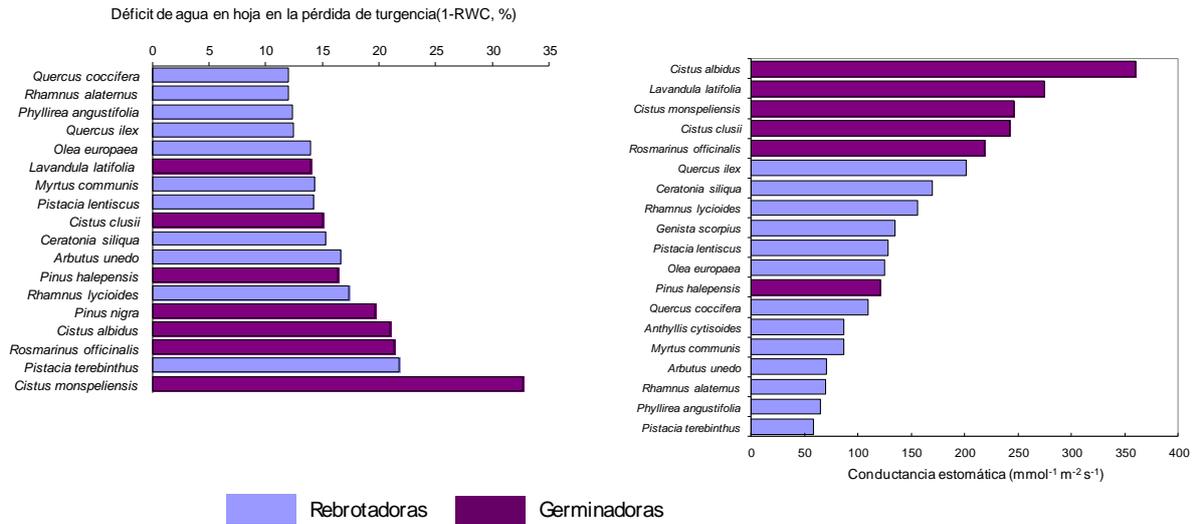


Figura 6.2.11. Hay especies que tienen la capacidad de soportar una mayor pérdida de agua a través de las hojas antes del cierre de los estomas, mientras que otras especies son más sensibles al estrés hídrico (izquierda, $1-RWC = \text{déficit hídrico celular}$). Las diferencias en la conductancia estomática (derecha) reflejan diferente consumo de agua, con valores bajos en especies conservadoras y altos en las especies que necesitan un aporte de agua más alto (suelos con mayor volumen de agua o plantas con sistemas de raíces más profundas). Ambas características están relacionadas con la estrategia de uso de agua y la tolerancia a la deshidratación y sugieren que las especies germinadoras pueden soportar mayor estrés hídrico (más tolerantes) que las rebrotadoras (Vilagrosa et al., 2009).

Hay relaciones entre estas características funcionales y el linaje de las especies (Hernández et al., 2011; Paula y Pausas, 2011; Pratt et al., 2010). Desde un punto de vista evolutivo, algunas especies del ámbito mediterráneo han evolucionado de linajes del Terciario y, por tanto, han podido conservar algunos rasgos funcionales propios de climas tropicales (Quézel, 1995; Thompson, 2005). Algunos de estos rasgos funcionales pre-mediterráneos están relacionados con características del sistema radicular. Así, se ha observado que las raíces de las especies rebrotadoras tienen características asociadas a una penetración más profunda en el suelo que en las especies germinadoras (Canadell y Zedler, 1995), además, las raíces en las especies rebrotadoras también pueden funcionar como órganos de almacenamiento (Verdaguer y Ojeda, 2002). Por ello estas especies tienen la capacidad de una rápida regeneración después del fuego (Ferran et al., 1992; Vallejo y Alloza, 1998), características que hacen a las especies rebrotadoras especialmente útiles en los planes de reforestación de zonas propensas al fuego (Vallejo et al., 2012a). Por el contrario, los individuos no rebrotadores mueren en los incendios y su regeneración se basa únicamente en la germinación de semillas. Sin embargo, la capacidad de reclutar nuevos individuos tras el fuego (acumulando semillas en el suelo o en la copa) es otra característica muy común en los ecosistemas mediterráneos donde el fuego estimula el reclutamiento mediante varios procesos (Pausas, 2011).



Figura 6.2.12. Distintas estrategias de la vegetación mediterránea para hacer frente a los incendios: pino germinando (piñas serotinas), pinar con gruesa corteza que le permite sobrevivir a incendios de superficie, rebrote de coscoja y rebrote de tallo en alcornoque.

En relación con la tolerancia al estrés hídrico las especies germinadoras y rebrotadoras también forman dos grupos funcionales (Hernández et al., 2011). Las especies rebrotadoras parecen estar adaptadas a una disponibilidad de agua más estable, favorecido por su sistema radicular muy desarrollado, con acceso a capas freáticas profundas y tienen una estrategia de uso del agua más conservador, con mayor eficiencia del uso de agua que las germinadoras (Hernández et al., 2010, 2011). En general, las especies germinadoras son especies con raíces poco profundas, pero muestran características funcionales específicas que les permiten hacer frente a la deficiencia de agua y son capaces de tomar el máximo provecho de los períodos con alta disponibilidad de agua (Pratt et al., 2010; Hernández et al., 2011): muestran mayores tasas de intercambio de gas, asociados con una maquinaria fotosintética eficiente (es decir, altas tasas de fijación de carbono), pero también altas tasas de consumo de agua; son más tolerantes a la sequía ya que presentan rasgos funcionales adaptados para resistir altas tensiones en el xilema y una baja vulnerabilidad a la cavitación. Este conjunto de rasgos probablemente hace a las especies germinadoras más competitivas en los ecosistemas con limitaciones de agua (Groeneveld et al., 2002). Por el contrario, la capacidad para sobrevivir con bajo contenido de humedad hace que estas especies sean más inflamables, inflamabilidad que muestra una correlación evolutiva (exclusiva de los ecosistemas mediterráneos) con la capacidad de reclutar después de un incendio (Pausas, 2011). Junto a la inflamabilidad, las especies germinadoras con frecuencia acumulan en cortos periodos de tiempo grandes cantidades de biomasa muerta, lo que pueda facilitar nuevos incendios forestales (Baeza et al., 2002, 2005).

Aunque ambos grupos funcionales coexisten desde hace mucho tiempo y, a menudo en proporciones bastante similares (Pausas et al., 2004), en el futuro las condiciones ambientales cambiantes pueden influir en las decisiones acerca de qué grupo priorizar. Resultados recientes (Vilagrosa et al., 2013) sugieren que las diferencias entre la asignación de recursos por debajo del suelo (en rebrotadoras) y por encima del suelo (en germinadoras) se relacionan no sólo con un desarrollo reproductivo y crecimiento en altura más rápido en germinadoras (Pate et al., 1990; Pausas et al., 2004), sino también a una mayor inversión en características del xilema que permiten resistir intensos períodos secos. Estas diferencias pueden llegar a ser una adaptación evolutiva a diferentes micrositios de regeneración: claros post-incendio en zonas propensas a sequía (germinadoras) y condiciones de refugio bajo vegetación madura (rebrotadoras).

La estrecha relación entre la estrategia de regeneración, acumulación de biomasa muerta y respuesta a la sequía, sugiere que cualquier cambio en la frecuencia e intensidad de las sequías o incendios podrían tener consecuencias en la regeneración y composición de las comunidades después de estas perturbaciones.

Procedencias y ecotipos

Ante la perspectiva de una aridización del clima en la región mediterránea, una aproximación simplista podría consistir en introducir artificialmente especies autóctonas de regiones más áridas que probablemente resistirían bien una sequía más intensa. Por ejemplo introducir cactus en el sur de España. De hecho, ya hay especies exóticas de zonas desérticas en muchas regiones mediterráneas (*Opuntia*, *Agave*) que se introdujeron para jardinería o cultivo y ahora invaden el hábitat de especies autóctonas. Esta aproximación comporta muchos riesgos debido a las incertidumbres de cómo se comportarán las especies introducidas y qué consecuencias tendrán en la composición y funcionamiento de los ecosistemas afectados, añadidas a las propias incertidumbres del cambio del clima, y algunas certezas sobre cómo estas especies pueden acelerar la degradación de los ecosistemas y reducir su capacidad de fijación de carbono. En consonancia, con los principios de gestión adaptativa descritos más arriba, parecería prudente explorar de forma exhaustiva las posibilidades de la flora autóctona, explotando sus posibilidades de aclimatación y el abanico de procedencias y ecotipos de las especies locales.

La práctica actual forestal recomienda la utilización de procedencias locales en la selección de planta para repoblación. De esta manera se garantiza la conservación del acervo genético local. Antes de utilizar especies exóticas sería lógico explorar el potencial de procedencias de la misma especie de regiones de procedencia más secas, y la selección de ecotipos con mayor eficiencia en el uso del agua en la misma u otras regiones de procedencia. Estos son temas con grandes posibilidades de desarrollo en los próximos años.

Las especies forestales mediterráneas de amplia distribución climática, incluyendo clima semiárido, probablemente tendrán mayor capacidad de tolerar el aumento de la sequía proyectado en las regiones afectadas por incendios. Igualmente, las especies (y procedencias) que se han identificado como altamente resistentes a la cavitación serían candidatas a los programas de restauración frente a una disminución de la disponibilidad hídrica en el futuro próximo. En relación con el fuego, las especies leñosas con alta capacidad de rebrote, incluso en fuegos de alta severidad, serían recomendables para mantener la resiliencia del ecosistema frente a un régimen de incendios más severo. Estas especies, por otra parte, acumulan menos, y más lentamente, combustible inflamable, con lo que reducen la inflamabilidad y combustibilidad del monte. En definitiva, la combinación de tolerancia al estrés hídrico, respuesta al fuego y acumulación de combustible, serían las características de las especies a seleccionar para la restauración de montes quemados en la perspectiva del cambio climático.

La calidad de planta

En plantaciones forestales, los brinzales deben ser capaces de soportar condiciones de crecimiento desfavorables (shock de trasplante, estrés hídrico estacional, ciclos atípicos de sequía), y aprovechar los cortos períodos climáticos favorables para lograr un crecimiento sostenido. Todo ello se hace aún más importante en la perspectiva de la aridización proyectada del clima mediterráneo. La calidad de planta se ha mejorado sustancialmente en la última década (Cortina et al., 2006). En relación con el estrés hídrico, las características morfológicas y fisiológicas de las plantas en vivero juegan un

papel importante en la predicción de su supervivencia en campo en las fases iniciales. En este contexto, la producción de planta de calidad debe centrarse en mejorar el crecimiento del sistema radicular, con el uso de contenedores adecuados, la mejora de la capacidad de retención de agua del sustrato en el cepellón y la promoción mecanismos de resistencia a la sequía y una alta eficiencia de uso del agua (Chirino et al., 2009).

Varias técnicas desarrolladas recientemente han mostrado buenos resultados (Vallejo et al., 2012b):

- Aumentar la capacidad de retención de agua del sustrato: un aumento de la capacidad de retención de agua en el sustrato utilizado en el vivero proporciona un suministro de agua adicional en el periodo crítico, posterior a la plantación. Resultados de campo han indicado el efecto beneficioso de hidrogel en la supervivencia de plántulas, tanto como una enmienda del suelo (Hüttermann et al., 1999; Al-Humaid y Mofah, 2007) o mezclado con un medio de cultivo a base de turba (Arbona et al., 2005). El hidrogel añadido al sustrato de cultivo (turba) en una dosis del 1,5% incrementó la capacidad de retención de agua del cepellón, mejoró el estado hídrico en el plantón e incrementó la supervivencia de las plántulas en el campo (Chirino et al., 2011).

- Utilización de recipientes profundos para facilitar el desarrollo de un sistema radicular profundo. Los contenedores pueden modificar las características morfológicas y fisiológicas de los sistemas radiculares de las plántulas (Tsakalimi et al., 2005; Domínguez-Lerena et al., 2006). Un sistema radicular profundo es una ventaja para la supervivencia de la planta forestal ya que permite el acceso al agua de horizontes profundos del suelo, donde puede haber agua disponible incluso en las temporadas más secas, evitando/reduciendo el estrés por sequía estival (Gibbens y Lenz, 2001) y el estrés hídrico indirecto derivado de la competencia entre plantas (Pinto et al., 2012). El uso en vivero de un recipiente profundo en las especies que desarrollan una raíz pivotante, como las especies del género *Quercus*, puede favorecer el crecimiento de un sistema radicular profundo en el campo (Chirino et al., 2008) y mejorar su supervivencia y crecimiento frente a condiciones de sequía.

- Aplicación de tratamientos de pre-acondicionamiento para desarrollar mecanismos de resistencia a la sequía. Las técnicas de endurecimiento se aplican para preparar las plántulas para soportar el estrés del trasplante (Landis et al., 1998) y es una de las técnicas utilizadas para inducir mecanismos de resistencia a la sequía. Consiste en exponer las plantas de semillero a estrés hídrico controlado en el vivero, durante los últimos meses de cultivo. Los niveles aplicados de estrés, intensidad y duración, deben considerarse específicos de cada especie.

Captura de escorrentía

La profundidad del suelo es un factor limitante muy importante para la supervivencia, ya que los suelos poco profundos tienen una baja capacidad de retención de agua. La tasa de supervivencia de las especies leñosas plantadas es muy baja para suelos con profundidad inferior a 40 cm. De hecho, el aumento de la profundidad del hoyo de plantación de 40 a 60 cm aumenta en un 15% el éxito de la plantación en el este de España (Alloza, 2003). Incrementar la profundidad del suelo, en las pocas situaciones en que es posible, resulta caro y puede originar importantes impactos ambientales. Por ello, la mejora del estado hídrico del plantón se puede abordar capturando agua de

escorrentía, favoreciendo la infiltración, mejorando la capacidad de retención y reduciendo la evapotranspiración (Fig. 6.2.13).

La captura de la escorrentía en microcuencas pretende interceptar el agua de escorrentía y redirigirla hacia el plantón mediante la construcción de pequeños canales. Estos aportes de agua adicionales mejoran la supervivencia en las condiciones más extremas y para las especies más sensibles. Se han obtenido buenos resultados en zonas áridas, donde las superficies con baja infiltración permiten la concentración de escorrentía hacia los parches de vegetación, aumentando la productividad de todo el ecosistema (Bainbridge, 2007). Según Fuentes et al. (2004), la captación de agua aumentó la supervivencia de las plántulas de las especies más sensibles a la sequía (*Quercus ilex*), y las tasas de crecimiento para las más tolerantes (*Pinus halepensis*).

La construcción de pequeños pocillos de piedras de 20-25 cm cerca del plantón mejora la infiltración alrededor del sistema radicular de modo que el plantón tiene mayor disponibilidad hídrica y durante más tiempo, y está menos afectado por altas tasas de evapotranspiración (Gupta, 1994; Fuentes et al, 2009). Sin embargo es más relevante mejorar conjuntamente la infiltración y reducir la evapotranspiración, por ejemplo, colocando un acolchado en la superficie del suelo con grava, residuos vegetales o plástico (Vallejo et al., 2012b).

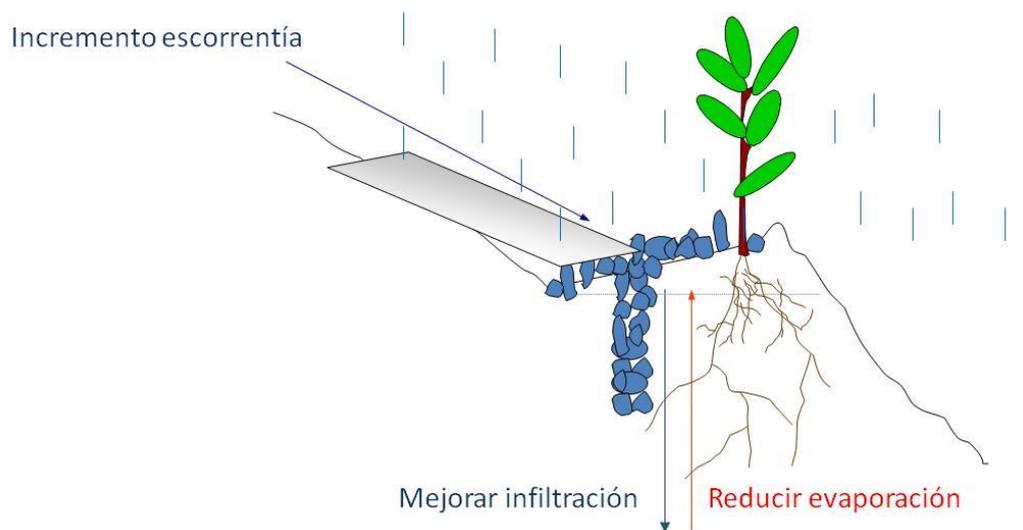


Figura 6.2.13. Técnicas para mejorar la disponibilidad de agua en los plantones

Una revisión de ecotecnologías aplicadas para la restauración de zonas secas degradadas (Piñeiro et al., 2013) indica que la inoculación con micorrizas en el vivero, con o sin aplicación de enmiendas orgánicas en el campo, junto con la aplicación de protectores fueron (por ese orden) las técnicas más efectivas para mejorar la supervivencia y crecimiento.

Las técnicas expuestas están orientadas a mejorar la disponibilidad de agua por el plantón introducido o para reducir su evapotranspiración, con el objetivo de aliviar los periodos secos, posiblemente cada vez más frecuentes e intensos. Sin embargo hay muchas incertidumbres en las proyecciones climáticas y en las respuestas de las especies a los nuevos escenarios proyectados de periodos secos combinados con incendios. Para hacer frente a estas incertidumbres del cambio global, se recomienda mantener un principio de precaución y utilizar el máximo rango de especies posibles, mejorando la

aclimatación por medio de técnicas de cultivo específicas (Vallejo et al., 2012b) y con las procedencias y genotipos, tanto en aspectos relacionados con la adaptación al fuego (Tapias et al., 2004; Hernández-Serrano et al. 2013) como en la adaptación a condiciones secas (Pegero et al., 2014).

Igualmente, dada la complejidad del proceso de plantación para garantizar los resultados se requiere un exhaustivo control de calidad en todas las fases del proceso (Serrada et al., 2005; Bautista y Alloza, 2009).

Dimensión del paisaje en restauración de montes quemados

Actualmente, una de las principales cuestiones planteadas en la investigación relacionada con incendios es la necesidad de gestionar, en un contexto de cambio climático, paisajes propensos al fuego con el fin de reducir tanto el riesgo de futuros fuegos como la vulnerabilidad de los paisajes (aumentando su capacidad de resistencia al fuego). El reto subyacente es decidir, bajo el actual contexto de cambios e incertidumbres, qué gestión de combustible y qué tipo de restauración forestal son las más apropiadas a escala de paisaje, es decir, aquellas que provocarían a largo plazo la modificación de la estructura, composición y la configuración espacial de las comunidades vegetales, facilitando una dinámica hacia paisajes más resistentes (menos inflamables) y resilientes y con unos costes asumibles por la sociedad.

6.3 CONCLUSIONES

La restauración post-incendio debe basarse en la evaluación de impacto de los incendios y la resistencia del ecosistema. Los impactos de los incendios son muy diversos según las características de los ecosistemas afectados y los regímenes de incendios. Por lo tanto, los enfoques de restauración post-incendio deben ser también diversos para responder a las peculiaridades locales. Sin embargo, son factibles enfoques metodológicos estandarizados que permiten evaluar la respuesta de los montes quemados frente a los nuevos regímenes de incendios.

Las interacciones de régimen de fuego con la estrategia de regeneración post-incendio de la vegetación son probablemente los elementos esenciales para predecir los impactos del fuego y así poder establecer prioridades en las acciones de restauración. Acciones y técnicas de restauración que deberán estar diseñadas en función de los riesgos ecológicos y sociales asociados a los impactos directos e indirectos de fuego, y deben enmarcarse en los objetivos de gestión a largo plazo definidos para las áreas quemadas.

En la actualidad, el proceso de restauración forestal todavía está sujeto a muchas incertidumbres. No se pueden prever todas las posibles circunstancias ambientales y socioeconómicas que pueden afectar el éxito de una restauración ni las múltiples interacciones. Por lo tanto, los proyectos de restauración deben seguir los principios de gestión adaptativa (Whisenant, 1999), desarrollando procesos de vigilancia y evaluación que abran la posibilidad de alertar, rectificar o modificar las acciones de restauración en función de la dinámica que experimente el ecosistema restaurado. Este enfoque requiere financiación a largo plazo.

La restauración post-incendio es una actividad muy cara que debe quedar claramente justificada en términos de reducción del riesgo ambiental, mejora del paisaje y de la calidad de los ecosistemas (biodiversidad, resistencia, estructura, funcionamiento) y por la reducción en la propagación de futuros incendios forestales. Por lo tanto, el control y la evaluación de la calidad deben ser incorporados en el diseño y en el presupuesto de un proyecto de restauración (Vallauri et al., 2005, www.ceam.es/reaction).

Proyectos de demostración a largo plazo pueden ayudar a mostrar el valor de las actividades de restauración. En España disponemos de diversas áreas propensas al fuego en las que se cuenta con un gran acervo de experiencias y conocimientos, en gran parte acumulados a través de proyectos de I+D financiados por los programas marco de la Unión Europea (por ejemplo Quintos de Mora, Toledo y Ayora, Valencia). En estas áreas se han realizado seguimientos de la ocurrencia de incendios y sus características, quemadas experimentales, seguimiento de la respuesta de los ecosistemas al fuego y diversos experimentos manipulativos de sequía que ofrecen un excelente observatorio experimental natural para la detección y el seguimiento del cambio climático, y sus efectos, a largo plazo.

La investigación reciente orientada a la adaptación de las técnicas de restauración forestal a la sequía y a la supervivencia a los incendios forestales permite afrontar los retos del cambio climático en el ámbito forestal. La gestión adaptativa de la restauración de los montes, así como de su gestión posterior, debe permitir adaptar las técnicas a la evolución de los cambios, siguiendo un principio básico de precaución frente a las incertidumbres del cambio. La historia forestal del último siglo muestra que los objetivos y resultados de la restauración forestal han estado más sujetos a vaivenes de las políticas y a cambios sociales que a los cambios observados del clima. Que el futuro próximo vaya a seguir en la misma línea es otra de las grandes incertidumbres a contemplar, o mejor a intentar modular en base al conocimiento científico que pueda permitir desarrollar opciones pro-activas frente al cambio.

6.4 BIBLIOGRAFÍA

- Al-Humaid AI & Moftah AE. 2007. Effects of hydrophilic polymer on the survival of buttonwood seedlings grown under drought stress. *J Plant Nutr* 30:53–66. doi:10.1080/01904160601054973
- Alloza, J. A. 2003. Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación. Ph.D. thesis, Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Producción Vegetal. Valencia, Spain.
- Alloza, J.A. & Vallejo, V.R., 2006. Restoration of burned areas in forest management plans. In: W.G. Kepner, J.L. Rubio, D.A. Mouat & F. Pedrazzini eds. Springer. *Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue*. 475-488.
- Alloza, J. A., García, S., Gimeno, T., Baeza, M. J. & Vallejo, V. R., 2014. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 188 pp.
- Arbona V, Iglesias DJ, Jacas J, Primo-Millo E, Talon M & Gómez-Cárdenas A. 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant Soil* 270:73–82
- Baeza MJ, Raventós J & Escarré A. 2002. Factors influencing fire behaviour in shrublands of different stand ages and the implications for using prescribed burning to reduce wildfire risk. *J Environ Manag* 65:199–208
- Baeza, M. J., A. Valdecantos and V. R. Vallejo. 2005. Management of Mediterranean shrublands for forest fire prevention, pp. 37–60. In A. R. Burk. [ed.] 2005. *New Research on Forest Ecosystems*. Nova Science Publ. Inc., New York, USA.

- Baeza, M. J., A. Valdecantos, J. A. Alloza & V. R. Vallejo. 2007. Human disturbance and environmental factors as drivers of long-term post-fire regeneration patterns in Mediterranean forest. *Journal of Vegetation Science* 18:243–252.
- Baeza, M. J., Santana, V. M., Pausas, J. G. & Vallejo, V. R., 2011. Successional trends in standing dead biomass in Mediterranean basin species. *Journal of Vegetation Science*, 22: 467-474..
- Bainbridge D.A. 2007. A guide for desert and dryland restoration: new hope for arid lands. Island Press, Washington, DC
- Bautista, S. & Alloza, J. A., 2009. Evaluation of Forest Restoration Projects. In: Bautista, S., Aronson, J., and Vallejo, V. R., (eds.). Land restoration to combat desertification. Innovative approaches, quality control and project evaluation. 47-72. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo - CEAM, Valencia, España
- Bellido M., Burgui J.M., García R. & Theureau de la Peña J.M. 2013. Protocolo de actuación postincendio en materia de gestión de espacios cinegéticos. Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Servicio de Caza y Pesca. Generalitat Valenciana. 33 pp
- Binkley, D. & C. Giardina. 1998. Why do tree species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions. *Biogeochemistry* 42: 89-106.
- Canadell J & Zedler P.H. 1995. Underground structures of woody plants in Mediterranean ecosystems of Australia, California, and Chile. In: Fox, M, Kalin, M, Zedler, PH eds. (1995) Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia. Springer, Berlin, pp. 177-210.
- Casal M., 2010. Regeneración de la vegetación tras los incendios en Galicia. Jornadas Internacionales: Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendios forestales. FuegoRed 2010. PP 29-34.
- Castro J., Leverkus A.B., Marañón-Jiménez S., Serrano-Ortiz P., Sánchez-Cañete E.P., Reverter B.R., Guzmán-Álvarez J.R. & Kowalski A.S. 2013. Efecto de la madera quemada sobre la restauración y regeneración post-incendio. Implicaciones para la gestión y para el conjunto del ecosistema. 6º Congreso forestal español. Vitoria-Gasteiz.
- Cerdà A & Robichaud PR (eds). 2009. Fire effects on soils and restoration strategies. Science. Publications, En fi eld
- Chavarría Samper A., López de Diego T. & Vela Laín A. 2010. La restauración del área afectada por el incendio de El Rodenal de Guadalajara de julio de 2005. *Foresta*. N° 47-48 Especial Castilla La Mancha, pp 173-179.
- Chirino, E., Vilagrosa, A., Hernández, E. I., Matos, A. & Vallejo, V. R., 2008. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecology and Management*, 256: 779-785. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.05.035>
- Chirino, E.; Vilagrosa, A.; Cortina, J. [& others]. 2009. Ecological Restoration in Degraded Drylands: The need to improve the seedling quality and site conditions in the field. In: Forest Management, S.P. Grossberg ed. Chapter 4., 85-158. Nova Science Publ., New York.

- Chirino, E., Vilagrosa, A. & Vallejo, V. R., 2011. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedling for dryland restoration. *Plant Soil*, 344: 99-110. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-0730-1>
- Cortina, J., Maestre, F., Vallejo, V. R., Baeza, M. J., Valdecantos, A. & Pérez-Devesa, M., 2006. Ecosystem structure, function, and restoration success: Are they related? *Journal for Nature Conservation*, 14: 152-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2006.04.004>
- Cuenca, C. 2014. Análisis de las políticas de restauración forestal en España (1983-2013). Tesis de Máster (inédita). Universidad de Alicante.
- De Las Heras, J., Moya, D., Vega, J. A., Daskalidou, E., Vallejo, V. R., Grigoriadis, N., Tsitsoni, T., Baeza, M. J., Valdecantos, A., Fernández, C. & Espelta, J., 2012. Post-Fire Management of Serotinous Pine Forests. In: Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P., and De Las Heras, J., (eds.). *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*. 121-150. Springer Netherlands.
- De Simón E., Ripoll M.^a A., Bocio I., Navarro F.B., Jiménez M.^a N. & Gallego E., 2004. Preparación del suelo en repoblaciones de zonas semiáridas. En: Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo. Págs. 161-193. Vallejo V.R., Alloza J.A. eds. Fundación CEAM, Valencia.
- Delgado Sánchez J.C., García Teruel A. & Nicolás Rodríguez J. 2005. Plan de actuaciones urgentes en la zona afectada por el incendio forestal de Riba de Saelices de los días 16 al 22 de julio de 2005, provincia de Guadalajara. Estudio y análisis de riesgos hidrológicos y erosivos. Propuesta de actuaciones urgentes de prevención. TRAGSATEC-Junta Castilla- La Mancha.
- Díaz-Delgado R, Lloret F, Pons X & Terradas J (2002) Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wild fire. *Ecology* 83:2293–2303.
- Domínguez-Lerena, S.; Herrero, N.; Carrasco, I.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.L. & Mexas, J.G.; 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedlings development in the nursery and field. *Forest Ecol. Manage.* 221: 63-71.
- Donato, D.C.; Fontaine, S.; Campbell, J.L.; Robinson, W.D.; Kauffman, J.B. & Law, B.E. 2006. Response to comments on “Post-wildfire logging hinders regeneration and increases fire risk”. *Science* 313: 615c.
- Duguy B., Alloza J.A., Röder A., Vallejo R. & Pastor F. 2007. Modelling the effects of landscape fuel treatments on fire growth and behaviour in a Mediterranean landscape (eastern Spain). In: *International Journal of Wildland Fire*, 2007, 16, 619–632
- Duguy, B., Alloza, J. A., Baeza, M. J., De la Riba, J., Echeverría, M. T., Ibarra, P., Llovet, J., Pérez-Cabello, F., Rovira, P., & Vallejo, V. R., 2012. Modelling the ecological vulnerability to forest fires in Mediterranean ecosystems using geographic information technologies. *Environmental Management*, 50, 1012-1026.
- Duguy, B., Paula, S., Pausas, J. G., Alloza, J. A., Gimeno, T. & Vallejo, V. R., 2013. Effects of Climate and Extreme Events on Wildfire Regime and Their Ecological Impacts. In: Navarra, A. and Tubiana, L., (eds.). *Regional assessment of climate change in the mediterranean*. 101-134. Springer, http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5772-1_6
- Elliot W. Hall D. & Scheele D. 1999. Forest Service Interfaces for the Water Erosion Prediction Project. Computer Model (FS WEPP). <http://forest.moscowfs1.wsu.edu/fswepp/docs/fsweppdoc.html> (último acceso enero 2013).

- Ferran A. & Vallejo V.R., 1992. Litter dynamics in post-fire successional forests of *Quercus ilex*. *Vegetatio*, 99-100, 239-246.
- Flannigan MD, Stocks BJ, Wotton BM. 2000. Climate change and forest fire. *Sci Total Environ* 262:221–229
- Flannigan MD, Amiro BD, Logan KA, Stocks BJ & Wotton BM. 2005. Forest fire and climate change in the 21st century. *Mitig Adapt Strat Glob Chang* 11(4):847
- Fuentes D., Valdecantos, A. & Vallejo, V.R. 2004. Plantación de *Pinus halepensis* Mill. y *Quercus ilex subsp. Ballota* (Desf) Samp. en condiciones mediterráneas secas utilizando microcuencas. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.*, 17: 157-161.
- Fuentes D, Valdecantos A, Llovet J, Smanis A, Carnicer O & Bautista S. 2009. Optimizing water and nutrient pulses in the establishment of seedlings in semiarid Mediterranean areas. In: *EECA Ecological Engineering: from concepts to applications*. Paris, France, 2–4 Dec 20
- Fulé, P. Z., Ribas, M., Gutierrez, E., Vallejo, V. R., & Kaye, M. W. 2008. Forest structure and fire history in an old *Pinus nigra* forest, eastern Spain. *Forest Ecology and Management* 255, 1234-1242
- Gibbens R & Lenz JM. 2001. Root systems of some Chihuahuan Desert plants. *J Arid Environ* 49:221–263
- Groeneveld J, Enright NJ, Lamont BB & Wissel C. 2002. A spatial model of coexistence among three *Banksia* species along a topographic gradient in fire-prone shrublands. *J Ecol* 90:762–774
- Gupta G.N. 1994. Influence of rain water harvesting and conservation practices on growth and biomass production of *Azadirachta indica* in the India Desert. *For Ecol Manag* 70:329–339
- Hernández E.I., Vilagrosa A., Bellot J. & Pausas J.G. 2010. Morphological traits and water use strategies in seedlings of Mediterranean coexisting species. *Plant Ecol* 207: pp. 233-244 CrossRef
- Hernández, E.I., Pausas, J.G. & Vilagrosa, A. 2011. Leaf physiological traits in relation to resprouter ability in the Mediterranean Basin. *Plant Ecol*.
- Hernández-Serrano, Verdú M., González-Martínez S. & Pausas J. 2013. FIRE STRUCTURES PINE SEROTINY AT DIFFERENT SCALES. *American Journal of Botany* 100(12): 2349–2356. 2013.
- Hüttermann A., M. Zommodi & K. Reise. 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil & Tillage Research*, 50: 295-304
- Lal, R. 1999. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. *Progress in Environmental science*, 1: 307-326
- Landis, T.D., Tinus, R.W. & J. P. Barnett. 1998. Seedling propagation. *The Container Tree Nursery Manual*. Volume 6. Agricultural Handbook 674. Washington, DC: USDA. Forest Service
- Leverkus, A., Puerta-Piñero C., Guzmán J.R., Navarro J. & Castro J. 2012. Post-fire salvage logging increases restoration costs in a Mediterranean mountain ecosystem. *New Forests* (2012) 43:601–613. DOI 10.1007/s11056-012-9327-7
- Lindenmayer D.B. & Noss R.F. 2006. Salvage Logging, Ecosystem Processes, and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology* Volume 20, No. 4, 949–958 DOI: 10.1111/j.1523-1739.2006.00497.

- Moreira, F. & Vallejo, V. R. 2009. ¿Qué hacer después de un incendio? Recuperación después del incendio. En: Convivir con los incendios forestales: Lo que nos revela la ciencia. Una aportación al Diálogo Político-Científico. (Biro, Y., eds.): 57-63. Joensuu (Finland): European Forest Institute.
- Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P., & De Las Heras, J., (eds.). 2012. Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests. Springer Netherlands.
- Moreno JM. 2005. Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático. Riesgo de incendios forestales. In: Moreno JM (ed) Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp 581–615
- Moreno, J. M., Vallejo, V. R., & Chuvieco, E. 2013. Current Fire Regimes, Impacts and the Likely Changes - VI: Euro Mediterranean. En: Vegetation Fires and Global Change. Challenges for Concerted International Action. A White Paper directed to the United Nations and International Organizations. (Goldammer, J. G., eds.): 115-131.: Global Fire Monitoring Center (GFMC).
- Moreno, J.M.; Urbieto, I.R.; Bedia, J.; Gutiérrez, J.M. & Vallejo, V.R. 2015. Los incendios forestales en España ante el cambio climático. In: Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, vulnerabilidad y adaptación en España. Herrero, A. & Zavala, M.A. (eds.). pp. 395-405. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Mouillot F, Rambal S & Joffre R. 2002. Simulating the effects of climate change on fire frequency and the dynamics of a Mediterranean maquis woodland. *Glob Chang Biol* 8:423–437
- Moya, D., De las Heras, J., López-Serrano, F.R. & Leone, V. 2008. Optimal intensity and age management in young Aleppo pine stands for post-fire resilience. *Forest Ecology and Management* 255:3270–3280
- Napper, C., 2006. BAER – Burned Area Emergency Response Treatments Catalog. USDA Forest Service, San Dimas.
- NRCS. 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds, TR-55. USDA. United States.
- Pate JS, Froend RH, Bowen BJ, Hansen A & Kuo J. 1990. Seedling growth and storage characteristics of seeder and resprouter species of Mediterranean-type ecosystems of SW Australia. *Annals of Botany* 65: 585–601.
- PATFOR 2013. Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunidad Valenciana. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. <http://www.agroambient.gva.es/web/medio-natural/patfor>
- Paula, S. & Pausas, J. G., 2011. Root traits explain different foraging strategies between resprouting life histories. *Oecologia*, 165: 321-331. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-010-1806-y>
- Pausas J. 2011. Incendios necesarios. El fuego en los ecosistemas terrestres: ahora y siempre. In: *Mètode* 70, PP 59-65.
- Pausas, J. G., Bradstock, R. A., Keith, D. A., Keeley, J. E. & GCTE Fire Network. 2004. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. *Ecology*, 85: 1085-1100
- Peguero-pina, J. J., Sancho-Knapik, D., Barrón, E., Camarero, J. J., Vilagrosa, A., & Gil-Pelegrín, E., 2014. Morphological and physiological divergences within *Quercus ilex* support the existence of different ecotypes depending on climatic dryness. *Annals of Botany*, doi: 10.1093/aob/mcu108: 301-313.

- Peterson, David L., Agee, James K., Aplet, Gregory H., Dykstra, Dennis P., Graham, Russell T., Lehmkuhl, John F., Pilliod, David S., Potts, Donald F., Powers, Robert F. & Stuart, John D. 2009. Effects of timber harvest following wildfire in western North America. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-776. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 60 pp.
- Pinto JR, Marshall JD, Dumroese RK, Davis AS, & Cobos DR. 2012. Photosynthetic response, carbon isotopic composition, survival, and growth of three stock types under water stress enhanced by vegetative competition. *Can J For Res* 42:333–344
- Piñeiro, J., Maestre, F. T., Bartolomé, L., & Valdecantos, A. (2013) Ecotechnology as a tool for restoring degraded drylands: A meta-analysis of field experiments. *Ecological Engineering* 61, 133-144.
- Pratt, RB, North, GB, Jacobsen, AL, Ewers, FW & Davis, SD. 2010. Xylem root and shoot hydraulics is linked to life history type in chaparral seedlings. *Funct Ecol* 24: pp. 70-81
- Quézel, P. 1995. La flore du bassin méditerranéen: origine, mise en place, endémisme. *Ecologia Mediterranea* 21: pp. 19-39
- Rambal S & Hoff C. 1998. Mediterranean ecosystems and fire: the threats of global change. In: Moreno JM (ed) *Large forest fire res.* Backhuys Publishers, Leiden, pp 187–213
- Regato P. 2008. *Adapting to global change: Mediterranean forests.* IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga
- Retana J, Espelta JM, Habrouk A, Ordóñez JL & de Solà-Morales F. 2002. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain. *Ecoscience* 9:89–97
- Reyna S. & García Barrera S. 2005. Implantación de trufas y selvicultura trufera como base para las áreas cortafuegos de encinares de media montaña sobre suelos calizos. 4º Congreso forestal español. Zaragoza.
- Robichaud, P., Beyers J. & Neary D., 2000. Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments. USDA Forest Service. Rocky Mountain Research Station. 86 pag.
- Robichaud P. R. & Ashmun Louise E. 2012. Tools to aid post-wildfire assessment and erosion-mitigation treatment decisions. *International Journal of Wildland Fire* - <http://dx.doi.org/10.1071/WF11162>.
- Rodríguez, N., Bordas, P., Piñeiro, J., García de Castro, N., Martín, P., & Méndez, M. 2013. Meta-análisis de los efectos de la retirada de la madera quemada sobre la regeneración de los bosques mediterráneos: un paso hacia una gestión basada en la evidencia. *Ecosistemas* 22(1):71-76. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.15
- Rojo, L., Bautista, S., Orr, B.J., Vallejo, V.R., Cortina, J. & Derak, M., 2012. Prevention and restoration actions to combat desertification. An integrated assessment: The PRACTICE project. *Sécheresse*, 23: 219-226.
- Ryan, K.C. & Opperman, T.S., 2013. LANDFIRE – A national vegetation/fuels data base for use in fuels treatment, restoration, and suppression planning. *Forest Ecology and Management*, 294, 208-216.
- Serrada Hierro R., Navarro Cerrillo R.M. & Pemán García J. 2005. La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la selvicultura y la ecofisiología. *Invest Agrar: Sist Recur For* (2005) 14(3), 462-481

- Tapias R., J.C. Liment, J.A. Pardos & L. Gil. 2004. Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecology*. 171: 53 – 68.
- Thompson, JD. 2005. *Plant evolution in the Mediterranean*. Oxford University Press, New York
- Tsakalimi M, Zagas T, Tsitsoni T, & Ganatsas P. 2005. Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oaks species raised in different container types. *Plant Soil* 278:85–93
- Valdecantos, A., Baeza, M. J., & Vallejo, V. R. 2009a. Vegetation Management for Promoting Ecosystem resilience in Fire-Prone Mediterranean Shrublands. *Restoration Ecology* 17, No. 3, 414-421
- Valdecantos, A., Baeza, M. J., & Vallejo, V. R. 2009b. Management of fire-prone Mediterranean shrublands. En: *Seri world conference on ecological restoration. Making Change in a Changing World*. 19th Conference of the Society for Ecological Restoration International. Perth, Western Australia, Australia. 23-27 August 2009
- Vallauri, D., J. Aronson, N. Dudley & R. Vallejo. 2005. Monitoring and evaluating forest restoration success. pp. 150–156. In S. Mansourian, D. Vallauri and N. Dudley. [eds.] 2005. *Forest Restoration in Landscapes. Beyond planting trees*. Springer, New York, USA.
- Vallejo, V. R., 1999. Post-fire restoration in Mediterranean ecosystems. In: Eftichidis, G., Balabanis, P., and Ghazi, A., (eds.). *Advanced Study Course on Wildfire Management*. 199-208. Algosystems, European Commission, Brussels.
- Vallejo, R. & Alloza, J.A., 1998. The restoration of burned lands: The case of Eastern Spain, *Large forest fires*, ed. J.M. Moreno, Backhuys Publ., Leiden, 91-108.
- Vallejo, V. R. & J. A. Alloza. 2004. La selección de especie en restauración forestal. pp. 195–214. In V. R. Vallejo and J. A. Alloza. [eds.] 2004. *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo*. Fundación CEAM, Valencia, España.
- Vallejo, V.R. & Alloza, J.A. 2012. Post-fire management in the Mediterranean Basin. *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 58: 251-264.
- Vallejo, V.R. & Alloza, J.A. 2015. Postfire ecosystem restoration. Chapter 12. In: *Wildfire hazards, risks, and disasters*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00012-9>. Elsevier Inc.
- Vallejo, V. R., Alloza, J. A., Vilagrosa, A., Chirino, E., Llovet, J., Granados, M. E., Heredia, M., & Fuentes, D., 2014. Restoring under uncertain climate conditions: options and limitations. In: Moreno, J. M., Arianoutsou, M., González-Cabán, A., Mouillot, F., Oechel, W. C., Spano, D., Thonicke, K., Vallejo, V. R., and Vélez, R., (eds.). *Forest fires under climate, social and economic changes in Europe, the Mediterranean and other fire-affected areas of the world*. FUME. Lesson learned and outlook. 46-47.
- Vallejo V. R., Arianoutsou M., & Moreira F. 2012a. Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types. In: Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P., and De Las Heras, J., (eds.). *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*. 93-119. Springer Netherlands.
- Vallejo, V. R., Cortina, J., Vilagrosa, A., Seva, J. P., & Alloza, J. A., 2003. Problemas y perspectivas de la utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. In: Rey, J. M., Espigares, T., and Nicolau, J. M., (eds.). *Restauración de ecosistemas mediterráneos*. 11-42. Universidad de Alcalá, Alcalá.

- Vallejo, V. R., Serrasolses I., Alloza J. A. [& others]. 2009. Long-term restoration strategies and techniques. In: Fire effects on soils and restoration strategies. (Cerdá, A. and Robichaud, P. R., eds.): 373-398. Oxford, UK: Science Publishers.
- Vallejo V. R., Smanis A., Chirino E., Fuentes D., Valdecantos A., & Vilagrosa, A. 2012b. Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forests*, 43: 561-579
- van Andel J, & Grootjans A.P. 2006 Concepts in restoration ecology. In: van Andel J, Aronson J (eds) Restoration ecology: the new frontier. Blackwell Publishing, Malden, pp 16–28
- Vega J.A. 2010. La investigación de apoyo a la gestión de ecosistemas forestales quemados. In: Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendios forestales. FUEGORED 2010. pp 35-48.
- Vega, J.A., Fontúrbel, T., Fernández, C., Día-Raviña, M., Carballas, M.T., Martín, A., González-Prieto, S., Merino, A., & Benito, E. 2013. Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas. Guía para su planificación en Galicia. Centro de Investigación Forestal de Lourizán (Consellería do Medio Rural e do Mar, Xunta de Galicia), Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Vigo. FUEGORED. Santiago de Compostela.
- Verdaguer D., & Ojeda, F. 2002. Root starch storage and allocation patterns in seeder and resprouter seedlings of two *Cape Erica* (*Ericaceae*) species. *Am J Bot* 89: pp. 1189-1196
- Vilagrosa A., Bellot J., Vallejo V.R., & Gil E. 2003. Cavitation, stomatal conductance and leaf dieback in seedlings of two co-occurring Mediterranean shrubs during an intense drought. *J Exp Bot* 54:2015–2024
- Vilagrosa, A., J. Cortina, E. Rubio, R. Trubat, E. Chirino, E. Gil-Pelegrián & V. R. Vallejo. 2005. El papel de la ecofisiología en la restauración forestal de ecosistemas mediterráneos. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.*, 14(3): 446–461.
- Vilagrosa, A., Luis, V. C., Hernández, E. I., Llorca, M., Pausas, J. G., and Cochard, H., 2009. Características funcionales de especies rebrotadoras y no rebrotadoras en ecosistemas mediterráneos. In: Actas del IX Congreso de la Asociación Española de Ecología Terrestre. 18-22 Octubre, Úbeda, Jaén.
- Vilagrosa, A., Hernández, E. I., Luis, V. C., Cochard, H., & Pausas, J. G. 2013. Physiological differences explain the co-existence of different regeneration strategies in Mediterranean ecosystems. *New Phytologist*, 201: 1277-1288
- Whisenant, S. 1999. *Repairing Damaged Wildlands*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Williams AAJ, Karoly DJ, & Tapper N. 2001. The sensitivity of Australian fire danger to climate change. *Clim Chang* 49:171–191
- WWF, 2014. Los bosques después del fuego. Análisis de WWF sobre la necesidad de restaurar para reducir la vulnerabilidad de los bosques. WWF España. Madrid.

7. ESTUDIOS DE CASO Y ZONAS PILOTO

7.1 MODELIZACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE QUEMADO EN UNA ZONA PILOTO

Gonzalo Zavala Espiñeira

7.1.1 Introducción

Entre los diversos factores que influyen en los incendios forestales como el clima, los combustibles, la topografía y los patrones de ignición se establecen relaciones complejas y no lineales (Pyne *et al.*, 1996 Arca *et al.*, 2010, Parisien *et al.* 2012). A pesar del gran número de estudios sobre incendios y cambio climático, se sabe aún poco sobre el impacto de la variación combinada de los componentes ambientales y patrones en el comportamiento de ignición, así como de la probabilidad de quemado. En particular, en última instancia se desconoce cómo el viento, la fragmentación del paisaje, las características del combustible, las labores de extinción, los puntos de ignición y la topografía afectan a la probabilidad de ignición y la intensidad de los incendios forestales. La modelización del comportamiento del fuego ofrece un método para simular, cartografiar y analizar la propagación y el comportamiento del fuego a escala de paisaje y para poner a prueba los efectos de diferentes factores sobre los patrones espacio-temporales de la propagación del fuego, la intensidad del fuego, el tamaño del incendio, y la dirección de propagación (Ager *et al.*, 2010, Salis *et al.*, 2016). El tiempo mínimo de viaje (MTT) como algoritmo de propagación de incendios (Finney, 2002) se ha utilizado ampliamente para este propósito, y se aplica de forma rutinaria para coordinar la gestión, el análisis del peligro de incendio y la exposición. La probabilidad de quemado (BP) es una consecuencia combinada de los puntos de ignición y los procesos espacio-temporales que controlan la propagación del fuego.

En este trabajo se utilizó la simulación de incendios forestales para examinar cómo las diferentes combinaciones de patrones de ignición, el uso del suelo y cambios del tipo de combustible, su humedad y escenarios de viento, afectan la probabilidad de incendios y su intensidad en una zona piloto. Los resultados proporcionan una serie de ideas sobre el comportamiento potencial del fuego que podría ser valiosa para los gestores de incendios encargados de la gestión del riesgo de incendios en distintas áreas peninsulares. La incorporación de los distintos factores que afectan la propagación del fuego en la simulación de la probabilidad de quemado puede considerarse el primer paso en la estimación del riesgo de incendio y de los impactos económicos y ecológicos de los incendios forestales. Esto puede ser la base sobre la que cimentar diferentes medidas de prevención y, en su caso, adaptación al cambio climático u a otros cambios producidos en el paisaje. Por tanto, la planificación de los paisajes sensibles a incendios es el área donde este tipo de simulación puede proveer información adicional a los gestores. También la simulación de la probabilidad de quemado es una forma conveniente de sintetizar la gran variabilidad del comportamiento y propagación del fuego, especialmente bajo condiciones meteorológicas extremas, y cómo sus efectos sobre las

características de los combustibles pueden favorecer los grandes incendios. Esta misma aproximación se ha usado también para estudiar el posible impacto de los cambios climáticos esperados o para evaluar la eficacia de estrategias de mitigación (Thompson *et al.*, 2012). Las diferencias en la probabilidad de quemado entre diferentes escenarios de simulación (campo de vientos, humedad de combustibles, sus características y continuidad horizontal, etc.) puede utilizarse para establecer los principales factores que afectan la propagación del fuego.

El objetivo principal en este caso es realizar un análisis de los efectos de los combustibles, las condiciones climáticas y la topografía sobre la probabilidad de incendios forestales y su intensidad. En particular, interesa tener estimaciones de cómo pueden ser los efectos de situaciones severas o muy extremas que, según los modelos de cambio climático actuales, serán más frecuentes, intensas y recurrentes en el futuro. Se pretende también comparar diferentes escenarios con el fin de evaluar los factores que influyen en las características del fuego, comprender la evolución temporal de la probabilidad de incendios y la intensidad y proporcionar información sobre el comportamiento del fuego y su probabilidad a escala de paisaje que podría ser utilizado por los gestores de incendios.

7.1.2 Metodología

Para analizar la probabilidad real de afección de los incendios a nivel de paisaje, se llevaron a cabo una serie de 48 simulaciones de comportamiento de fuego y probabilidad de quemado. El ejercicio de simulación se realizó sobre 3 distribuciones históricas de modelos de combustibles, correspondientes a los años 1957, 1972 y 1990, derivados del uso del territorio en cada periodo. A su vez, se determinaron para la zona las dos direcciones predominantes de vientos; así como las situaciones severa y extrema en cuanto a humedad de los combustibles, coincidentes con los percentiles 75 y 95 para la temperatura y 25 y 5 para la humedad relativa. Por último se utilizaron dos conjuntos de 10.000 puntos de ignición que se correspondían con una distribución completamente aleatoria, en un caso, y, en el otro, con una distribución aleatoria pero restringida a las zonas con incendios históricos.

La propagación y el comportamiento de los incendios virtuales fue modelada con el programa FlamMap (Finney, 2006). La probabilidad de quemado se calculó como la proporción de incendios simulados que recorrió cada píxel considerado en el área de estudio. Para ello, se utilizó el algoritmo de Tiempo Mínimo de Viaje (Minimum travel time, MTT) con una resolución espacial de 100m. Las variables de entrada para las simulaciones fueron el modelo digital de elevaciones, el de pendientes, el de orientaciones, una capa de modelos de combustible (derivada de los usos del suelo, foto-interpretados), densidad de copas (cabida cubierta) y altura de copas. Los modelos de combustibles se identificaron en relación con los propuestos por Scott y Burgan (2005).

Los resultados de las simulaciones se centraron en la probabilidad de quemado de cada celda, la longitud de llama condicionada y el tamaño de incendio. La probabilidad

condicional de quemado (BP) define la probabilidad de cada píxel de quemarse en alguno de los veinte intervalos de 0,5 m de longitud de la llama (de 0 a 10 m). Por lo tanto, BP es la probabilidad de que un píxel se quemara en un intervalo de longitud de la llama determinado teniendo en cuenta la ignición y toda el área de estudio en las condiciones de humedad del combustible y tiempo asumidos (Ager et al., 2010). BP se define como:

$$BP_{xy} = \left(\frac{F_{xy}}{n_{xy}} \right)$$

donde F_{xy} es el número de veces que se quemara el píxel xy y n_{xy} es el número de incendios simulado. La longitud de llama condicionada (CFL) es la probabilidad ponderada de una cierta longitud de llama, dado un incendio simulado y se define como:

$$CFL = \sum_{i=1}^{20} \left(\frac{BP_i}{BP} \right) (F_i)$$

donde F_i es la longitud de llama (m) en el punto medio y BP_i es la probabilidad de quemado de la categoría i -ésima. Mientras que el tamaño de incendio (FS) es el tamaño medio (ha) de todos los incendios que se han originado en determinado píxel.

En una etapa posterior, se compararon los diferentes conjuntos de simulaciones para los distintos factores, calculando las diferencias entre las probabilidades de quemado para los dos escenarios de cada una de las variables consideradas. Se analizó para tales situaciones la anomalía correspondiente.

7.1.3 Descripción del área piloto

Se escogió un área de unos 140 km² en la zona central de la Península Ibérica (entre las longitudes 4° 59' 58.74" y 5°9'40.88" y las latitudes 40°11'18.73 - 40°16' 53.50" N). Esta área se localiza al sur de la provincia de Ávila y comprende 6 municipios, siendo Arenas de San Pedro tanto el de mayor área como el que ocupa más proporción de la zona de estudio. El territorio usado para este ejercicio se asienta en su mayor parte en las laderas sur de la Sierra de Gredos y abarca desde los 405 m.s.n.m. hasta un máximo de 2120m, con una cota media de 850m.

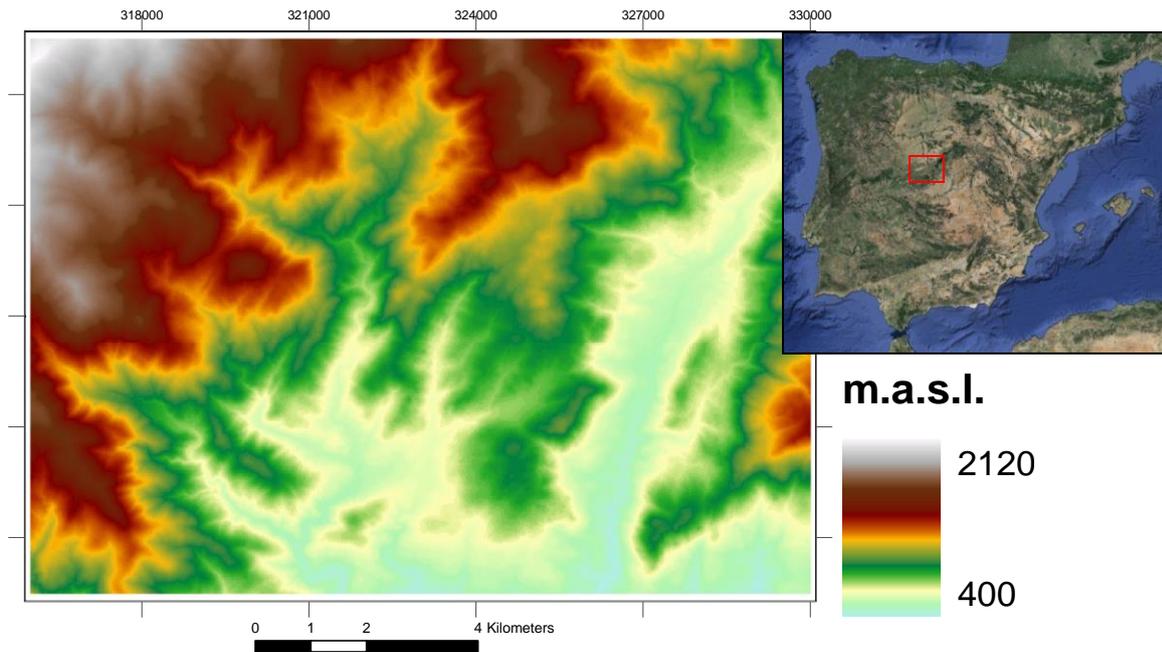


Figura 7.1.1. Localización y mapa de elevaciones del área de estudio.

La vegetación actual de la zona se compone de una compleja mezcla de herbazales, matorrales y bosques de coníferas, los cuales han sido extendidos mediante repoblaciones. La mayor parte del área está cubierta por bosques de *Pinus pinaster*.

Se estudiaron tres escenarios diferentes de uso del suelo: 1957, 1972, y 1990. Estos escenarios se desarrollan a partir de un conjunto de fotografías aéreas para cada año. Se realizó la foto interpretación de las mismas y una digitalización de los polígonos que se caracterizan por los diferentes usos. Posteriormente se llevó a cabo una reclasificación como modelos de combustible.

Los mayores cambios observados de las principales clases de uso del suelo fueron entre 1972 y 1990, y se caracteriza principalmente por un aumento claro de las áreas urbanas, y de la extensión de la interfaz urbano forestal, mientras que varias zonas de pastos fueron sustituidos por matorral y monte bajo.

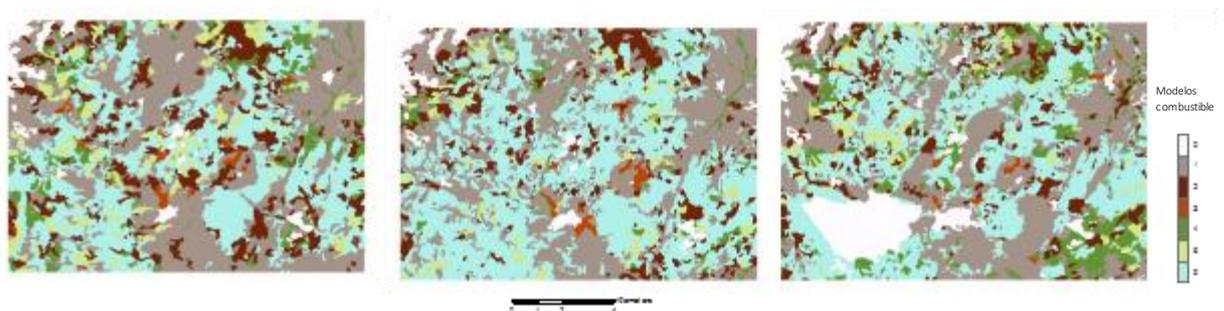


Figura 7.1.2. Mapas de modelos de combustible para 1957 (izq.), 1972 (centro) y 1990 (derecha). 0: Urbano, rocas, cuerpos de agua, zonas quemadas recientes. 1: Pastos con

arbustos ocasionales. 2: Pastos con algunos arbustos/árboles. 3: Pastos altos, densos. 4: Matorral alto y denso. 6: Matorral verde, denso, con algunas coníferas. 9: Bosques de coníferas.

La zona se caracteriza por un clima mediterráneo continental, basado en los datos meteorológicos de 4 estaciones meteorológicas, 3 de las cuales se encuentran dentro o muy cerca de la zona de estudio, siendo la cuarta una estación completa más lejos. Las tres estaciones de referencia fueron Sotillo de la Adrada, Navarredonda de Gredos y Piedrahita, a ambos lados de la cordillera. Todos los datos fueron también en comparación con la estación completa más cercana en Cáceres. Las dos condiciones que prevalecen en términos de velocidad y dirección del viento se derivaron de los percentiles 75 y 95 para la velocidad del viento y las dos direcciones más frecuentes durante el verano. Las velocidades del viento consideradas fueron 40 y 50 km/h, mientras que las dos direcciones más frecuentes fueron 225° (Suroeste) y 270 ° (Oeste). Para la velocidad del viento los datos utilizados para calcular los percentiles fueron la velocidad de ráfaga registrada, debido al hecho de que el complejo orografía del terreno provoca velocidades más altas que las registradas en las estaciones meteorológicas. En cuanto a la humedad de los combustibles muertos de 1hora, el percentil 75 fue del 8%, mientras que el percentil 95 fue del 3%. La velocidad de los vientos considerados fue, para el caso muy severo, de 40 km/h, mientras que para el caso extremo se usó 50 km/h. Se permitieron duraciones de cada incendio de hasta 10h.

Tabla 7.1.1. Datos de los modelos de combustible. LULC=Modelo de combustible; FD=profundidad del combustible (m); DFL=carga de combustible muerto (1h, 10h, 100h) (Mg ha⁻¹); LFL=carga combustible vivo (Mg ha⁻¹); SAVD1h=relación superficie a volumen para combustibles muertos (1h) (cm⁻¹); SAVDL=relación área a volumen para combustibles herbáceos vivos (cm⁻¹); DHC=contenido calorífico combustible muerto (kJ kg⁻¹); LHC=contenido calorífico combustible vivo (kJ kg⁻¹); ME=humedad de extinción (%)

FT	LULC	FD	DFL	LFL	SAVD1h	SAVL	DHC	LHC	ME
FM1	Pastos con arbustos ocasionales	0.8	1.8	0	11.4	0	18,620	18,620	12
FM2	Pastos con algunos arbustos/árboles	0.3	7.5	1.3	9.8	0	18,620	18,620	15
FM3	Pastos altos, densos	1.2	5	1	6.5	0	18,620	18,620	15
FM4	Matorral alto y denso	2	25	11.2	2	0	20,756	20,203	20
FM6	Matorral verde, denso, con algunas coníferas	1.2	13.5	0	2	0	20,756	20,203	25
FM9	Bosques de coníferas	0.15	8	0	5.9	5	18,608	18,594	25

Se utilizaron dos escenarios de ignición: un escenario histórico y un escenario de ignición totalmente aleatorio. Puesto que no hay información de la ubicación geográfica específica de los puntos de inicio para los incendios históricos dentro de la zona, los perímetros de incendios históricos fueron utilizados para condicionar el patrón de igniciones observado. El escenario de ignición aleatorio se estableció mediante la extracción de una muestra con distribución totalmente aleatoria. En cada escenario se simularon 10.000 puntos de ignición.

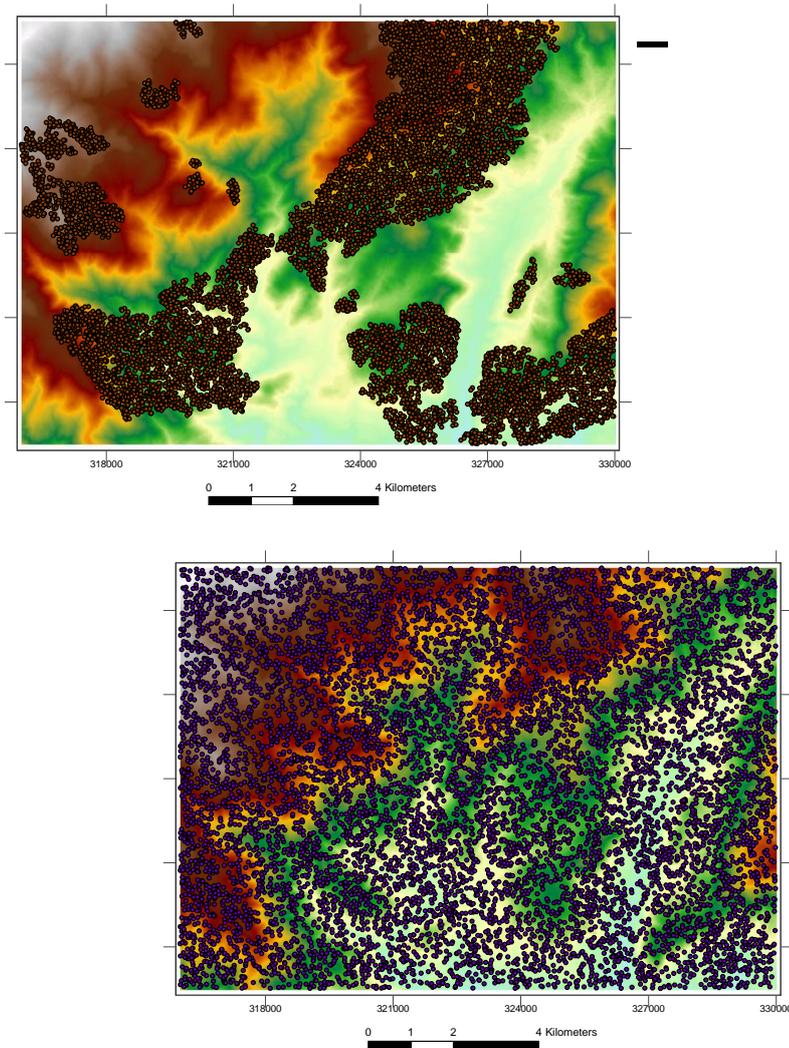


Figura 7.1.3. Mapas de puntos de ignición: izquierda, patrón histórico de igniciones; derecha, patrón de igniciones completamente aleatorio.

7.1.4 Resultados

Las mayores diferencias (tanto en media como máximo) y la probabilidad de quemado media entre las diferentes variables fueron las simuladas entre los usos del suelo para el intervalo de tiempo 1957-1972. Los valores de probabilidad de quemado para la primera fecha de las simulaciones fueron en todos los casos superiores a las simulaciones de 1972. Por otro lado, las anomalías más pequeñas en los valores medios de BP se relacionaron

con la dirección del viento, aunque se encontró la diferencia absoluta mínima entre los combustibles de 1990 y los de 1972.

A pesar de las anomalías medias y absolutas, la distribución espacial de los valores de la probabilidad de quemado y las anomalías entre las diferentes simulaciones mostraron diversos cambios. Para los dos escenarios de humedad del combustible, se comprobó una mayor probabilidad de quemado para el escenario extremo en relación con el severo. Esto se observa en el valor negativo de las anomalías medias, mientras que la distribución espacial mostró diferencias más hacia el este y noreste del área de estudio (Figura 7.1.4).

La distribución espacial de las anomalías entre las dos velocidades del viento consideradas (Figura 7.1.4) muestra pequeñas diferencias, así como el valor medio de estas anomalías, que pasa a ser la más pequeña de las anomalías medias. Esto apoya que, en este caso de estudio, la velocidad del viento no es la cuestión más relevante para la probabilidad de quemado.

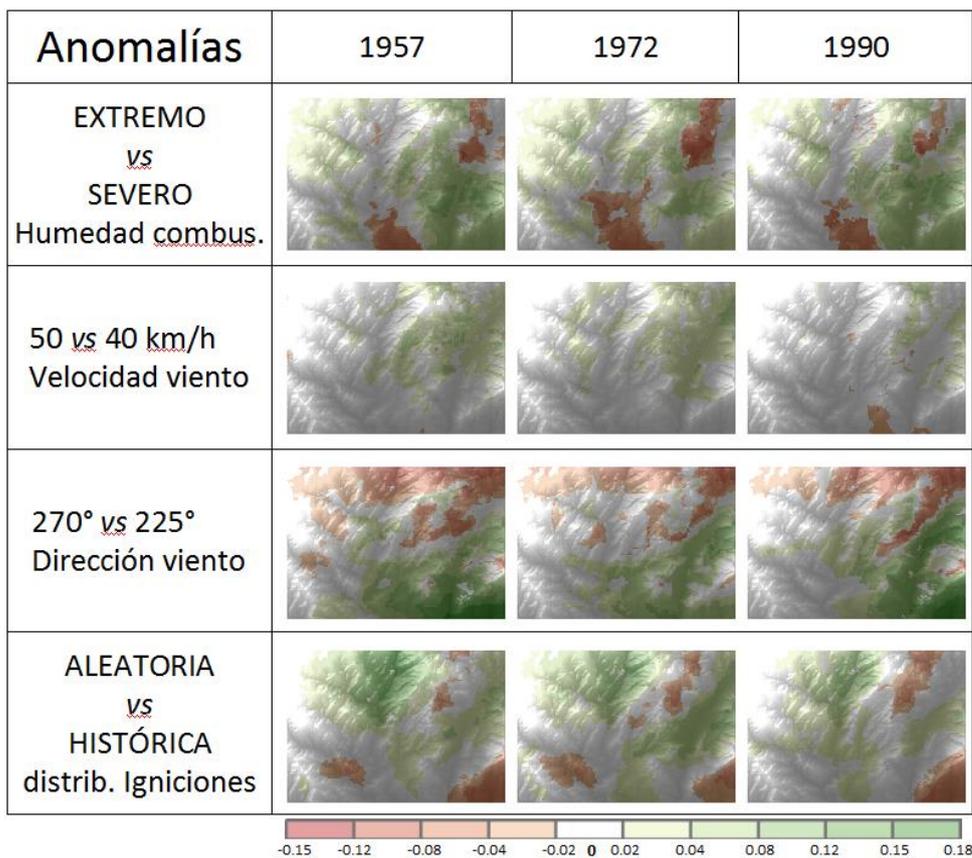


Figura 7.1.4. Mapas de anomalías según la consideración de los distintos escenarios para cada variable estudiada en las simulaciones.

Ocurre un fenómeno diferente relacionado con la dirección del viento. De hecho, el cambio geográfico más visible de la BP se produce entre las dos direcciones del viento consideradas: 225° y 270° (Figura 7.1.4). Este cambio sustancial en la distribución de BP

podría estar relacionado con la configuración topográfica de la zona de estudio, donde algunas de las elevaciones más altas pueden mostrar un efecto de sombra para los vientos que provienen de la dirección 270°, pero no para los que vienen desde el SW. Sin embargo, esta clara diferencia en la distribución espacial no coincide con la pequeña anomalía media -la anomalía media más pequeña de todo el conjunto-, que es debida a una distribución centrada en valores cercanos a cero.

En relación con las diferencias entre la distribución histórica de puntos de ignición y los distribuidos al azar, el promedio de BP resultó mayor para la distribución aleatoria a lo largo del paisaje. Sin embargo, los valores positivos de las anomalías se concentraron en la parte norte y central del área de estudio (Figura 7.1.4), y esto podría pensarse que es debido a una cierta acumulación de igniciones observadas en relación a lo que se esperaría de una forma completamente distribuida al azar en toda la zona.

Se recogen a continuación tanto la tabla resumen de las distintas simulaciones como la tabla que recoge los cálculos explícitos de las anomalías entre los dos valores simulados para cada una de las variables (excepto la cobertura de los modelos de combustible, que tiene tres configuraciones diferentes).

Tabla 7.1.2. Resumen del tamaño de incendio (FS, ha), probabilidad de quemado (BP, %) y longitud de llama condicionada (CFL, m) SN = simulación número; MC = modelos de combustible (año); DV = dirección del viento (grados); VV= velocidad viento (km h⁻¹); HC = humedad del combustible; EXT = extremo, percentil 95; VD = severo, percentil 75; PI = patrón de igniciones; RND = patrón aleatorio; OBS = patrón de incendios histórico; mín. = valor mínimo; máx. = valor máximo; \bar{x} = valor medio; SD_{iFS} = desviación estándar para los valores de tamaño de incendio de la i-ésima simulación; SD_{iBP} = desviación estándar para los valores de probabilidad de quemado de la i-ésima simulación; SD_{iCFL} = desviación estándar para los valores de longitud de llama condicionada de la i-ésima simulación.

SN	MC	DV	VV	HC	PI	FS				BP				CFL			
						mín.	máx.	\bar{x}	SD _{iFS}	mín.	máx.	\bar{x}	SD _{iBP}	mín.	máx.	\bar{x}	SD _{iCFL}
1		225	40	EXT	RND	1	6369	2036	1285	0	0,424	0,145	0,09	0	10	3,43	2,72
2		225	40	VD	RND	1	6684	1812	1382	0	0,415	0,129	0,095	0	10	2,04	1,66
3		225	50	EXT	RND	1	6091	2113	1320	0	0,434	0,151	0,096	0	10	3,97	3,02
4	1957	225	50	VD	RND	1	7199	1991	1466	0	0,464	0,142	0,106	0	10	2,2	1,81
5		270	40	EXT	RND	1	6681	2308	1382	0	0,355	0,165	0,096	0	10	3,51	2,78
6		270	40	VD	RND	1	6133	1905	1289	0	0,338	0,136	0,09	0	10	2,13	1,74
7		270	50	EXT	RND	1	6496	2406	1451	0	0,361	0,172	0,097	0	10	4,07	3,03
8		270	50	VD	RND	1	7199	1991	1466	0	0,464	0,142	0,106	0	10	2,2	1,81
9		225	40	EXT	RND	1	4477	1397	949	0	0,333	0,1	0,076	0	10	2,97	2,5
10		225	40	VD	RND	1	5659	1285	1191	0	0,318	0,092	0,081	0	10	1,74	1,29
11		225	50	EXT	RND	1	4628	1488	985	0	0,346	0,106	0,077	0	10	3,45	2,83
12	1972	225	50	VD	RND	1	6110	1454	1244	0	0,356	0,104	0,088	0	10	1,87	1,4
13		270	40	EXT	RND	1	3886	1446	916	0	0,31	0,103	0,065	0	10	3,06	2,55
14		270	40	VD	RND	1	4683	1291	1053	0,000	0,311	0,092	0,073	0,00	10,00	1,79	1,32
15		270	50	EXT	RND	1	5199	1675	1090	0,000	0,362	0,120	0,072	0,00	10,00	3,59	2,87
16		270	50	VD	RND	1	5053	1550	1134	0,000	0,344	0,111	0,080	0,00	10,00	1,95	1,42
17		225	40	EXT	RND	1	6121	1566	1427	0,000	0,325	0,112	0,081	0,00	10,00	3,23	2,81
18	1990	225	40	VD	RND	1	6787	1389	1478	0,000	0,301	0,099	0,080	0,00	10,00	2,09	1,99
19		225	50	EXT	RND	1	5803	1507	1353	0,000	0,317	0,108	0,078	0,00	10,00	3,62	3,07

20		225	50	VD	RND	1	6972	1441	1460	0,000	0,323	0,103	0,083	0,00	10,00	2,22	2,12
21		270	40	EXT	RND	1	5660	1833	1475	0,000	0,362	0,131	0,103	0,00	10,00	3,37	2,90
22		270	40	VD	RND	1	5816	1452	1348	0,000	0,312	0,104	0,079	0,00	10,00	2,21	2,12
23		270	50	EXT	RND	1	5771	1922	1550	0,000	0,396	0,137	0,108	0,00	10,00	3,80	3,12
24		270	50	VD	RND	1	6025	1577	1357	0,000	0,344	0,113	0,085	0,00	10,00	2,37	2,26
25		225	40	EXT	OBS	1	5448	1798	1224	0,000	0,410	0,128	0,082	0,00	10,00	3,22	2,67
26		225	40	VD	OBS	1	6262	1431	1206	0,000	0,365	0,102	0,075	0,00	10,00	1,87	1,61
27		225	50	EXT	OBS	1	5664	1956	1272	0,000	0,461	0,140	0,092	0,00	10,00	3,59	2,99
28	1957	225	50	VD	OBS	1	7037	1661	1308	0,000	0,412	0,119	0,086	0,00	10,00	2,01	1,76
29		270	40	EXT	OBS	1	6444	1898	1221	0,000	0,336	0,136	0,090	0,00	10,00	3,34	2,77
30		270	40	VD	OBS	1	5138	1428	1103	0,000	0,287	0,102	0,077	0,00	10,00	1,98	1,68
31		270	50	EXT	OBS	1	6553	2061	1323	0,000	0,380	0,147	0,103	0,00	10,00	3,86	3,04
32		270	50	VD	OBS	1	6414	1708	1243	0,000	0,373	0,122	0,092	0,00	10,00	2,11	1,83
33		225	40	EXT	OBS	1	4305	1055	826	0,000	0,239	0,075	0,052	0,00	10,00	2,82	2,47
34		225	40	VD	OBS	1	5628	863	965	0,000	0,209	0,062	0,051	0,00	10,00	1,60	1,28
35		225	50	EXT	OBS	1	4392	1274	922	0,000	0,295	0,091	0,060	0,00	10,00	3,21	2,81
36	1972	225	50	VD	OBS	1	6002	1068	1069	0,000	0,266	0,076	0,063	0,00	10,00	1,72	1,39
37		270	40	EXT	OBS	1	3962	1172	811	0,000	0,324	0,084	0,065	0,00	10,00	2,96	2,56
38		270	40	VD	OBS	1	4460	905	936	0,000	0,244	0,065	0,061	0,00	10,00	1,67	1,30
39		270	50	EXT	OBS	1	4543	1403	948	0,000	0,374	0,100	0,074	0,00	10,00	3,47	2,88
40		270	50	VD	OBS	1	5066	1170	1026	0,000	0,315	0,084	0,077	0,00	10,00	1,82	1,41
41		225	40	EXT	OBS	1	5375	1446	1435	0,000	0,306	0,103	0,086	0,00	10,00	2,98	2,76
42		225	40	VD	OBS	1	6706	1160	1337	0,000	0,259	0,083	0,073	0,00	10,00	1,88	1,96
43		225	50	EXT	OBS	1	4885	1416	1368	0,000	0,336	0,101	0,084	0,00	10,00	3,29	3,01
44	1990	225	50	VD	OBS	1	6967	1200	1321	0,000	0,277	0,086	0,076	0,00	10,00	1,99	2,08
45		270	40	EXT	OBS	1	5808	1693	1557	0,000	0,416	0,121	0,114	0,00	10,00	3,15	2,88
46		270	40	VD	OBS	1	5988	1223	1312	0,000	0,284	0,087	0,083	0,00	10,00	2,00	2,09
47		270	50	EXT	OBS	1	5724	1760	1638	0,000	0,441	0,126	0,116	0,00	10,00	3,55	3,10
48		270	50	VD	OBS	1	6035	1342	1289	0,000	0,364	0,096	0,093	0,00	10,00	2,14	2,22

Tabla 7.1.3. Influencia de la variación según los valores de cada variable sobre el tamaño de incendio (FS), probabilidad de quemado (BP) y longitud de llama condicionada (CFL). IN = variable de entrada, COM = comparación; HC = humedad del combustible; MC = modelos de combustible (año); DV = dirección del viento (grados); VV= velocidad viento (km h⁻¹); EXT = extremo, percentil 95; VD = severo, percentil 75; PI = patrón de igniciones; RND = patrón aleatorio; OBS = patrón de incendios histórico; mín. = valor mínimo; máx. = valor máximo; \bar{x} = valor medio.

IN	COM	FS			BP			CFL		
		\bar{x}	máx.	mín.	\bar{x}	máx.	mín.	\bar{x}	máx.	mín.
HC	VD - EXT	-0,19	-0,023	-0,384	-0,19	-0,023	-0,384	-0,717	-0,529	-0,904
DV	270 - 225	-0,039	0,122	-0,216	-0,039	0,122	-0,216	-0,028	0,039	-0,075
VV	40 - 50	0,09	0,227	-0,039	0,09	0,227	-0,039	0,095	0,147	0,032
PI	RND - OBS	-0,215	-0,064	-0,489	-0,215	-0,064	-0,489	-0,077	-0,034	-0,112
MC	1972 - 1957	-0,502	-0,284	-0,704	-0,502	-0,284	-0,704	-0,152	-0,112	-0,19
MC	1990 - 1972	0,143	0,308	-0,009	0,143	0,308	-0,009	0,108	0,19	0,023

7.1.5 Conclusiones

El uso de la modelización de la propagación de incendios con la resolución suficiente puede proporcionar información útil y datos para caracterizar el comportamiento del fuego y la probabilidad de éste a escala de paisaje. Más aún, permite la identificación de las áreas sujetas a comportamiento más extremo de los fuegos y las de mayor riesgo potencial, debido a meteorología, patrones de ignición o escenarios de distribución o estado de combustibles.

Los mapas de probabilidad de quemado y de intensidades pueden asistir a los gestores a identificar áreas sensibles por comportamiento extremo del fuego, la planificación de actividades preventivas y pueden ayudar en la priorización de las zonas para el tratamiento de combustibles y para la localización de recursos de lucha estratégicos. Los mapas de severidades pueden ser útiles para evaluar los efectos potenciales de incendios forestales o de quemas prescritas y para servir de base para las decisiones tácticas y estratégicas relacionadas con la mitigación del riesgo de incendio y la extinción de éste.

Las simulaciones antedichas permiten determinar diferencias en la susceptibilidad de ecosistemas y paisajes concretos para mantener grandes o intensos incendios, proporcionando también información útil relativa a los efectos de diferentes condiciones ambientales o factores humanos sobre el comportamiento del fuego o su probabilidad. Estas herramientas pueden ser útiles en tareas de adaptación a cambios en las condiciones climáticas o el paisaje. No obstante, dado que las simulaciones son determinadas por ciertas asunciones y presentan algunas limitaciones, el uso de estos programas de modelización necesita una información detallada de los combustibles, así como una cuidadosa calibración y validación basadas en la observación del comportamiento y propagación de incendios anteriores.

7.1.6 Bibliografía

- Ager, A.A., Vaillant, N.M. & Finney, M.A. (2010). A comparison of landscape fuel treatment strategies to mitigate wildland fire risk in the urban interface and preserve old forest structure. *Forest Ecology and Management* 259:1556–1570. doi:10.1016/J.FORECO.2010.01.032.
- Arca, B., Salis, M., Pellizzaro, G., Bacciu, V., Spano, D., Duce, P., Ager, A.A. & Finney, M.A. (2010). Climate change impact on fire probability and severity in Mediterranean areas. In 'VI International Conference on Forest Fire Research', 5–18 November 2010, Coimbra, Portugal, Ed. Viegas, D.X., University of Coimbra: Coimbra, Portugal. Available at <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/39345>.
- Finney, M.A. (2002). Fire growth using minimum travel time methods, *Canadian Journal of Forest Research*, No 32, pp. 1420–1424.

- Finney, M.A., Seli, R.C., McHugh, C.W., Ager, A.A., Bahro, B. & Agee, J.K. (2006). Simulation of long-term landscape-level fuel treatment effects on large wildfires, in "Fuels Management – How to Measure Success: Conference Proceedings", 28–30 March, Portland, OR., Eds PL Andrews, BW Butler, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Proceedings RMRS-P-41, pp. 125–148. (Fort Collins, CO).
- Parisien, M.A., Snetsinger, S., Greenberg, J.A., Nelson, C.R., Schoennagel, T., Dobrowski, S.Z. & Moritz, M.A. (2012). Spatial variability in wildfire probability across the western United States. *International Journal of Wildland Fire*. <http://dx.doi.org/10.1071/WF11044>.
- Pyne, S.J., Andrews, P. & Laven, R.D. (1996). *Introduction to Wildland Fire* (Second Edition), John Wiley and Sons, New York.
- Salis, M., Arca, B., Alcasena, F., Arianoutsou, M, Bacciu, V., Duce, P., Duguay, B., Koutsias, N., Mallinis, G., Mitsopoulos, I., Moreno, J.M., Pérez, J.R., Urbieto, I.R., Xystrakis, F., Zavala, G. and Spano, D. (2016) Predicting wildfire spread and behaviour in Mediterranean landscapes. *International Journal of Wildland Fire* 25(10): 1015-1032
- Scott, J.H. & Burgan, R. (2005). Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's Surface Fire Spread Model, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-153. (Fort Collins, CO, USA).
- Thompson, M.P., Ager, A.A., Finney, M.A., Calkin, D.E. & Vaillant, N.M. (2012). The Science and Opportunity of Wildfire Risk Assessment, Novel Approaches and Their Applications in Risk Assessment, Dr. YuzhouLuo (Ed.), ISBN: 978-953-51-0519-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/novel-approaches-and-their-applications-in-risk-assessment/advancementsin-integrated-wildfire-risk-assessment>.

7.2 ESTUDIOS DE CASO: REVISIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE LA RED NATURA 2000 EN CASTILLA LA MANCHA

Itziar R. Urbieto y Belén Mateos Grande

7.2.1 Introducción

En esta sección se presenta una revisión de los planes de gestión de todos los espacios naturales protegidos (ENP) que pertenecen a la Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha. Se han analizado distintos aspectos de gestión en relación a los incendios forestales incluyendo las fases de prevención, extinción y restauración. Esta sección es complementaria de la sección 4.1, donde se revisan los protocolos de prevención y lucha contra incendio, ya que en dicha sección se tratan pormenorizadamente los planes de gestión desde el punto de vista de la lucha contra incendios y sus necesidades específicas de adaptación. En este caso, nos centramos en espacios determinados, emblemáticos, para ver cómo la generalidad de dichos protocolos se ajusta en los planes específicos de gestión.

7.2.2 Metodología

Se han analizado todos los planes de gestión de los ENP de Castilla-La Mancha que forman parte de la Red Natura 2000, con el propósito de examinar las directrices y medidas que se incluyen en dichos planes en relación a los incendios forestales. Actualmente, en la Red Natura 2000 de Castilla-La Mancha existen 72 LIC (Lugares de Interés Comunitario), la mayoría aprobados como Zonas de Especial Conservación (ZEC), es decir, con un plan de gestión vigente. Esto supone una superficie protegida de 1.563.873 ha aproximadamente a la que hay que sumarle 38 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), con una superficie en torno a 1.579.154 ha. Por lo tanto, la comunidad autónoma cuenta con casi un 40% de su territorio natural protegido por algún régimen especial.

Para este estudio, se han considerado aquellos espacios inmersos en la fase de aprobación de su plan de gestión, es decir, aquellos todavía denominados como LIC, ZEPA o LIC-ZEPA, y los ya aprobados como ZEC o ZEC-ZEPA (ver tablas 7.2.1 y 7.2.). Se han analizado un total de 76 planes de gestión a los que se ha accedido a través de la página web de la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Tan sólo se han excluido 9 ENP que se encontraban en fase de participación pública y audiencia a interesados y en fase de propuesta en el momento de realización de este estudio al no poder acceder a su plan de gestión.

Se ha recopilado y analizado la información de cada plan de gestión sobre los siguientes aspectos:

- 1) La importancia del fuego en el ecosistema, es decir, si para cada espacio protegido se contempla el fuego como perturbación esencial de los ecosistemas mediterráneos, si mencionan algún factor condicionante para su ocurrencia y si se citan los incendios ocurridos con anterioridad en estos espacios protegidos.
- 2) Las medidas, regulaciones y directrices que se proponen para llevar a cabo las actuaciones de prevención y extinción de incendios forestales y sobre las labores de restauración de las zonas afectadas por el fuego.

Con ello se ha podido realizar una lista de todas las medidas incluidas en los planes de gestión para dividir las en varios subgrupos, dependiendo del aspecto sobre el que se aplican:

- 1) Para las medidas de prevención ante incendios se han creado cuatro sub-apartados teniendo en cuenta si las medidas se aplican sobre el combustible, sobre las infraestructuras y edificaciones ubicadas en el espacio protegido, si se centran en las actividades y usos que se realizan en el espacio o si se refieren a las actividades de concienciación y educación ambiental.
- 2) Para las regulaciones sobre extinción de incendios se han diferenciado tres aspectos, atendiendo al objetivo sobre el que se centran las labores de extinción: el combustible, las infraestructuras o edificaciones y las actividades, usos y equipamiento del espacio natural.
- 3) La información sobre restauración pos-incendio se ha centrado en las actividades de restauración pos-incendio que se proponen en la gestión así como en las actuaciones de sensibilización de la población sobre la importancia de la restauración de los ecosistemas afectados por el fuego.

Tabla 7.2.1. Espacios naturales protegidos en fase de aprobación de la Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha.

NOMBRE	CÓDIGO ENP	SUPERFICIE (Ha)	PROVINCIA
LIC Sierra de San Vicente y valles del Tiétar y Alberche	ES4250001	117.539,01	Toledo
ZEPA Valle del Tiétar y Embalses de Rosarito y Navalcán	ES0000089	68.563,74	Toledo
ZEPA Pinar de Almorox	ES0000391	1.491,29	Toledo
LIC-ZEPA Llanuras de Oropesa, Lagartera y Calera y Chozas	ES0000168	14.798,04	Toledo
LIC-ZEPA Montes de Toledo	ES4250005-ES0000093	218.003,17	Toledo
LIC-ZEPA Ríos de la margen izquierda y berrocales del Tajo	ES4250013	13.472,79	Toledo
LIC Lagunas de Ruidera	ES4210017	2.345,79	Ciudad Real
LIC Ríos Quejigal, Valdeazogues y Alcudia	ES4220007	1.214,53	Ciudad Real
LIC-ZEPA Sierra de los Canalizos	ES4220013-ES0000088	24.564,21	Ciudad Real
LIC-ZEPA Sierra Morena	ES0000090	134.308,27	Ciudad Real
LIC-ZEPA Sierras de Almadén-Chillón-Guadalmaz	ES4220015-ES0000155	6.612,07	Ciudad Real
LIC-ZEPA Ríos de la cuenca media del Guadiana y laderas vertientes	ES4220003	23.483,92	Ciudad Real
LIC-ZEPA Sierra de Alcaraz y Segura y cañones del Segura y del Mundo	ES4210008-ES0000388	174.616,96	Albacete
LIC-ZEPA Hoces del río Júcar	ES4210001-ES0000387	17.698,18	Albacete
LIC-ZEPA Hoces del Cabriel, Guadazaón y ojos de Moya	ES4230013-ES0000159	64.744,96	Albacete
LIC-ZEPA Alto Tajo	ES4240016-ES0000092	140,068	Guadalajara
LIC-ZEPA Sierra de Altomira	ES4240018-ES0000163	29,493	Guadalajara
LIC-ZEPA Valle y salinas del Salado	ES0000165-ES0000489	11.585,19	Guadalajara
LIC-ZEPA Parameras de Maranchón, hoz del Mesa y Aragoncillo	ES4240017-ES0000094	49,442	Guadalajara
LIC-ZEPA Sierra de Ayllón	ES0000164-ES0000488	91.356,70	Guadalajara
LIC-ZEPA Barranco del Dulce	ES0000166	8.347,94	Guadalajara

Tabla 7.2.2. Espacios naturales protegidos aprobados de la Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha.

NOMBRE	CÓDIGO ENP	SUPERFICIE (Ha)	PROVINCIA
ZEC Rincón del Toro	ES4250006	202,07	Toledo
ZEC Mina de la Nava de Ricomalillo	ES4250012	1,19	Toledo
ZEC Sotos del río Alberche	ES4250014	751,4	Toledo
ZEC-ZEPA Río Tajo en Castrejón, islas de Malpica de Tajo y Azután	ES0000169	1971,66	Toledo
ZEPA Carrizales y Sotos del Jarama y Tajo	ES0000438	1689	Toledo
ZEC Barrancas de Talavera	ES4250003	1182,72	Toledo
ZEC Complejo lagunar de La Jara	ES4250011	786,7	Toledo
ZEC Estepas salinas de Toledo	ES4250008	679	Toledo
ZEC Yesares del valle del Tajo	ES4250009	28033	Toledo
ZEC-ZEPA Humedales de la Mancha	ES4250010-ES0000091	14492,77	Toledo
ZEC Túneles de Ojailén	ES4220018	77,16	Ciudad Real
ZEC Alcornocal de Zumajo	ES4220017	3180,53	Ciudad Real
ZEC Sierra de Picón	ES4220002	7825,38	Ciudad Real
ZEC Bonales de la comarca de Montes del Guadiana	ES4220019	285,53	Ciudad Real
ZEC Lagunas volcánicas del Campo de Calatrava	ES4220005	1862,28	Ciudad Real
ZEC Lagunas de Alcoba y Horcajo de los Montes	ES4220020	20,01	Ciudad Real
ZEC-ZEPA Navas de Malagón	ES4220001	466,14	Ciudad Real
ZEC-ZEPA Tablas de Daimiel	ES0000013	2345,79	Ciudad Real
ZEC La Encantada, El Moral y Los Torreones	ES4210002	855	Albacete
ZEC Laguna del Arquillo	ES4210006	522	Albacete
ZEC Laguna de los Ojos de Villaverde	ES4210005	339,74	Albacete
ZEC Sierra de Abenuj	ES4210010	1044,66	Albacete
ZEC Lagunas saladas de Pétrola y Salobrejo y complejo lagunar de Corral Rubio	ES4210004	2415,6	Albacete
ZEC Saladares de Cordovilla y Agramón y laguna de Alboraj	ES4210011	1390	Albacete
ZEC Sierra del Relumbrar y estribaciones de Alcaraz	ES4210016	30677,89	Albacete
ZEC Cueva de la Judía	ES4230009	196,62	Cuenca
ZEC Cueva de los Morciguillos	ES4230010	45,96	Cuenca
ZEC Complejo lagunar de Arcas	ES4230008	275,03	Cuenca
ZEC Sierra del Santerón	ES4230015	2609	Cuenca
ZEC Río Júcar sobre Alarcón	ES4230016	699,77	Cuenca
ZEC Hoces de Alarcón	ES4230006	2778,52	Cuenca
ZEC Estepas yesosas de la Alcarria conquense	ES4230012	11481,79	Cuenca
ZEC Sierras de Talayuelas y Aliaguilla	ES4230002	7763	Cuenca
ZEC Sabinars de Campillos - Sierra y Valdemorillo de la Sierra	ES4230005	13654	Cuenca
ZEC-ZEPA Laguna de El Hito	ES0000161	914,9	Cuenca
ZEC-ZEPA Hoz del río Gritos y páramos de Las Valeras	ES0000160	1733,83	Cuenca
ZEC Rentos de Orchova y vertientes del Turia	ES4230001	4765,48	Cuenca
ZEC Rentos de Orchova y páramos de Moya	ES0000389	6335,55	Cuenca
ZEC-ZEPA Serranía de Cuenca	ES4230014-ES0000162	192461,04	Cuenca
ZEC Cueva de la Canaleja	ES4240013	163	Guadalajara
ZEC Cerros volcánicos de Cañamares	ES4240008	707	Guadalajara
ZEC Rebollos de Navalpotro	ES4240012	1059,83	Guadalajara
ZEC Laderas yesosas de Tendilla	ES4240019	259	Guadalajara
ZEC Quejigares de Barriopedro y Brihuega	ES4240014	4382	Guadalajara
ZEC Rañas de Matarrubia, Villaseca y Casas de Uceda	ES4240004	1315,86	Guadalajara
ZEC Riberas de Valfermoso de Tajuña y Brihuega	ES4240021	107	Guadalajara
ZEC Riberas del Henares	ES4240003	1249,77	Guadalajara
ZEC Sierra de Pela	ES4240007	11972,28	Guadalajara
ZEC Sierra de Caldereros	ES4240024	2368,04	Guadalajara
ZEC-ZEPA Lagunas de Puebla de Beleña	ES4240005	210,07	Guadalajara
ZEC-ZEPA Valle del Tajuña en Torrecuadrada	ES4240015-ES0000392	2825	Guadalajara
ZEC Valle del río Cañamares	ES4240009	1827,39	Guadalajara
ZEC Montes de Picaza	ES4240020	15103	Guadalajara
ZEC Sabinars rastreros de Alustante-Tordesilos	ES4240022	7376	Guadalajara
ZEC-ZEPA Lagunas y parameras del Señorío de Molina	ES4240023	6163,8	Guadalajara

7.2.3 Resultados

7.2.3.1 Análisis de los planes de gestión de los ENP de Castilla-La Mancha incluidos en la Red Natura 2000 en materia de incendios forestales.

A) Análisis de la importancia del fuego como elemento modelador del paisaje y sus factores condicionantes.

Alrededor de un 35% de los planes de gestión analizados menciona el papel del fuego en el diagnóstico que realizan de la situación del espacio protegido (Figura 7.2.1). En algunos casos se hace referencia a los incendios históricos ocurridos en la zona mientras que en la mayoría de planes de gestión se hace referencia al tipo de vegetación que más probabilidades tiene de sufrir incendios debido a su estado de conservación. Tan solo un 20% cita los factores que condicionan la ocurrencia de los incendios, aunque es interesante que algunos identifiquen los usos y actividades dentro del espacio que suponen una mayor peligrosidad ante los incendios. Por último, casi la mitad de los planes de gestión detalla los posibles efectos de los incendios tanto a nivel de formaciones vegetales como a nivel de todo el ecosistema.

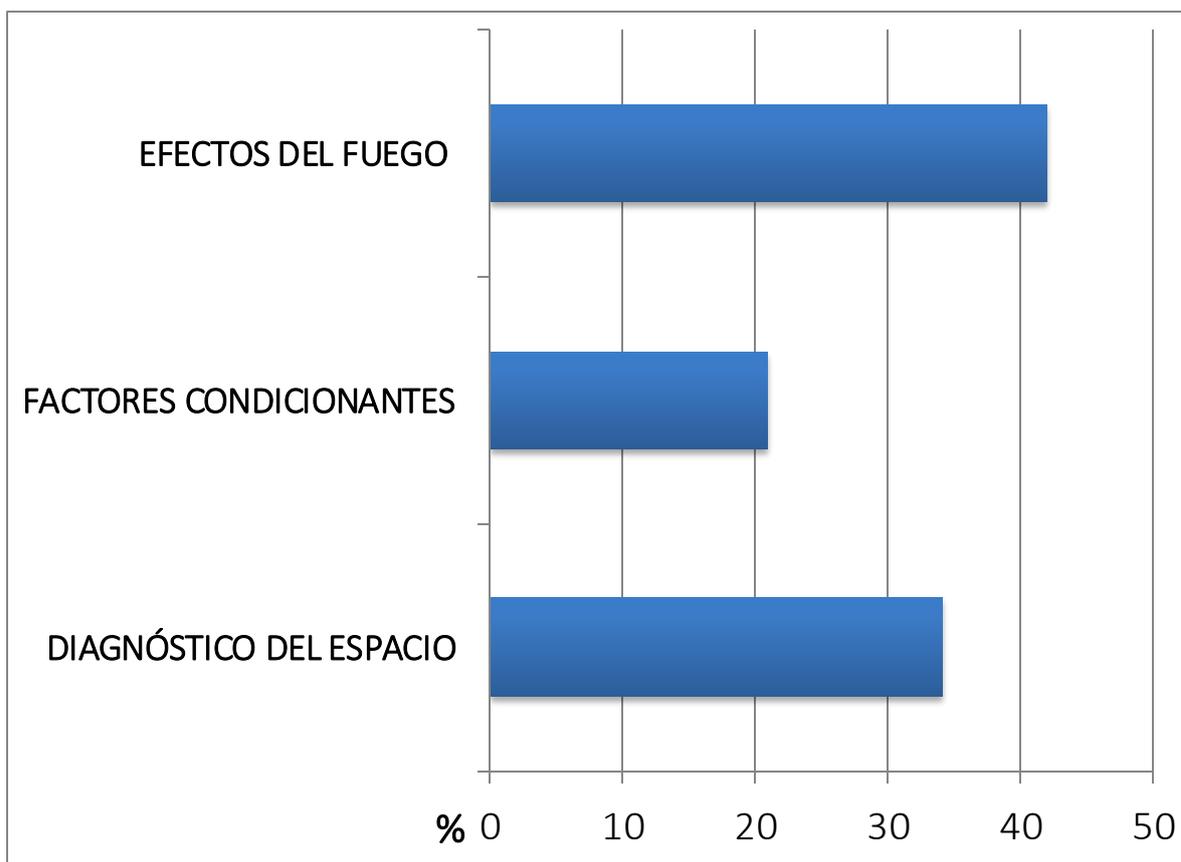


Figura 7.2.1. Porcentaje de ENP pertenecientes a la Red Natura 2000 en CLM en cuyos planes de gestión se incluye un estudio sobre la importancia del fuego en diferentes aspectos.

En lo que se refiere al papel del fuego en el diagnóstico del espacio se mencionan:

- Los incendios ocurridos con anterioridad, así como el año en el que se produjeron y las hectáreas de monte perdidas.

- El tipo de vegetación que más probabilidades tiene de sufrir incendios debido a su estado de conservación

Las menciones más comunes a la vegetación son las siguientes:

- Comunidades vegetales (como rebollares, encinares o quejigares) cerradas y envejecidas con cepas agotadas y pies puntisecos debido a las cortas a matarrasa para el aprovechamiento de leña y carbón producidas durante años.
- Cambronales y ericales asociados a las perturbaciones permanentes como el fuego.
- Pequeños rodales de pino (*Pinus pinaster*) entre los melojares, considerados como Hábitat de Interés Comunitario.
- Presencia de bosque mediterráneo, bosque de ribera, turberas, brezales higroturbosos, vegetación palustre y vegetación halófila.
- Existen formaciones de pino carrasco (*Pinus halepensis*) adaptadas al fuego, por lo que soportan bien los incendios periódicos.
- Matorrales de enebro (*Juniperus spp.*) en excelentes estado de conservación.
- Sabinares de origen secundario de densidad elevada.
- Pinares densos (*Pinus nigra*, *Pinus pinaster*), muy homogéneos y con alta combustibilidad.

Entre los factores condicionantes de los incendios forestales destacan:

- Climáticos:
 - Sequías fuertes y continuas.
 - Altas temperaturas en verano.
- Formaciones vegetales:
 - Paisajes homogéneos y con gran continuidad del combustible debido al abandono de las explotaciones agrícolas y forestales por ser poco rentables económicamente.
 - Montes privados sin control sobre la vegetación.
 - Debilidad de los alcornoques tras la saca del corcho.
- Usos y actividades:
 - La quema de rastrojos y restos vegetales por parte de los ganaderos y agricultores aumenta el riesgo de incendios.
 - La abundante proliferación de viviendas aisladas favorece la ocurrencia de incendios y dificulta las labores de extinción.
 - La presencia de infraestructuras lineales (carreteras, líneas eléctricas, vías de ferrocarril, etc.) aumenta el riesgo de incendios debido a negligencias o accidentes.
 - El aumento de las concentraciones masivas de los visitantes por actividades de ocio y recreativas en estos espacios incrementa la probabilidad de incendios.

- Topografía, la complicada orografía de la zona supone una gran desventaja para las tareas de extinción de incendios, por lo que la superficie calcinada tras un fuego suele ser mayor.

Entre los posibles efectos/impactos del fuego se recogen varios aspectos:

- En la vegetación:
 - Alteración radical de la cobertura vegetal
 - Fragmentación de los ecosistemas
 - Sustitución de la vegetación natural por otras especies de carácter termófilo.
 - Escasa regeneración por semilla en determinadas zonas.
 - Sustitución de la vegetación natural por especies con alta capacidad para el rebrote como el melojo, la encina, las jaras, el tomillo, el torvisco o la ceborrancha.
 - Alta persistencia de determinadas especies como el boj (*Buxus sempervirens*) o el quejigo (*Quercus faginea*) por su gran capacidad para el rebrote tras el fuego.
 - Obligatoriedad de reducción de los pinares (*Pinus halepensis*) regenerados tras un incendio por su elevada espesura.
 - Degradación grave de los bonales y las turberas tras el fuego.
- En el ecosistema:
 - Aceptan el fuego como un proceso natural de los ecosistemas mediterráneos.
 - Incremento de los incendios por causas antrópicas como pueden ser las negligencias o los incendios provocados.
 - Mencionan el fuego como una grave amenaza para la conservación de las masas forestales si su grado de ocurrencia es mayor al régimen de incendios característicos y propios de la zona.
 - Recuperación de las zonas quemadas que no logran regenerarse por medios naturales.

B) Análisis de las directrices y medidas relativas a la prevención de incendios forestales en los ENP.

Como se puede ver en la Figura 7.2.2, las medidas de prevención de incendios que más se incluyen en los planes de gestión de los ENP de la región de Castilla –La Mancha son aquellas que actúan sobre la regulación de las actividades y usos permitidos en los espacios protegidos (70%), seguidas de las medidas relativas al manejo de los combustibles (60%). En menor proporción también se detallan las medidas de vigilancia y prevención de incendios forestales que se aplican y aquellas que se realizan sobre las infraestructuras o edificaciones. Son escasas las medidas que desarrollan actividades de sensibilización, educación y concienciación ambiental en los espacios protegidos.

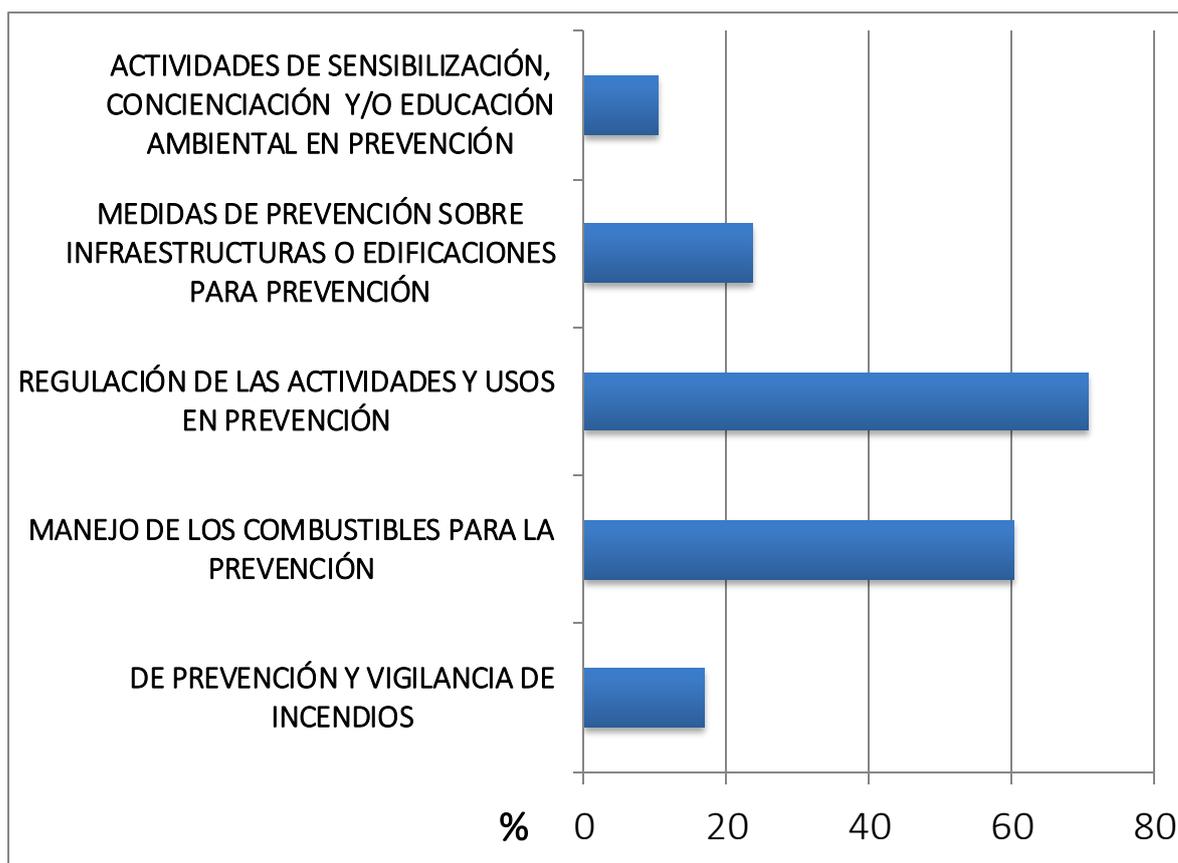


Figura 7.2.2. Porcentaje de ENP pertenecientes a la Red Natura 2000 en CLM en cuyos planes de gestión se incluyen medidas sobre prevención de incendios.

Entre las medidas de prevención y vigilancia de incendios que se proponen en los planes de gestión destacan:

- Existencia de una amplia red de puestos de vigilancia para alertar sobre la existencia de fuego en los primeros estadios del incendio y así poder llevar a cabo las labores de extinción con prontitud. En concreto esta medida sólo está presente en dos ENP de los estudiados (en la Sierra de Ayllón y en los Montes de Toledo).
- Priorizar la aprobación de los Planes Comarcales de Defensa contra incendios donde se revise la red de infraestructuras, equipamientos, medios humanos y actuaciones con las que cuenta el espacio natural para la prevención de incendios. Esta medida es muy común en los ENP de sierra de la provincia de Cuenca (Sierras de Talayuelas y Aliaguilla, Sierra del Santerón o la Serranía de Cuenca).

Entre las medidas sobre el manejo de los combustibles se incluyen las siguientes:

- Fomento de actividades tradicionales:
 - Mantenimiento de las escasas zonas agrícolas (como las plantaciones de almendros, vides u olivos) que estén dentro de los terrenos forestales de los espacios, ya que constituyen una gran ayuda en la lucha contra los incendios forestales debido a que rompen la continuidad de los combustibles. Esta medida no es muy común, pero se incorpora principalmente en los grandes ENP como los Montes de Toledo, Sierra Morena o la Serranía de Cuenca.

- Fomentar y mantener el pastoreo no intensivo y la actividad ganadera tradicional como método natural para controlar la cantidad y densidad de los combustibles. Esta medida es ampliamente utilizada en los ENP de Cuenca y en Guadalajara, aunque en menor medida.
- Actuaciones de prevención de incendios:
 - Prevención en la época otoño-invierno, es decir, llevar a cabo las labores de prevención (reducción del combustible, limpieza del sotobosque, etc.) en otoño o invierno para disminuir el riesgo de incendio por el trasiego del personal y por el uso de maquinaria pesada. Hay que destacar que esta medida sólo se implementa en los ENP de Toledo como el Pinar de Almorox.
 - Todas las actuaciones de prevención de incendios deberán someterse a una evaluación ambiental previa para asegurar que dichas actividades no dañan o perjudican el ecosistema. Cabe destacar que esta medida sólo se contempla en los planes de gestión de los ENP de Ciudad Real, como en los Túneles de Ojailén.
 - Imposición de límites periféricos en la aplicación de las actuaciones de prevención, es decir, todos los tratamientos de prevención de incendios se deberán realizar en un radio de 50 metros alrededor de las entradas a las cuevas o en zonas donde habiten especies animales significativas. Esta medida se aplica en los ENP de Cuenca, como en la Cueva de los Morciguillos.
- Cortafuegos, caminos y pistas:
 - Fragmentación y reducción del combustible forestal mediante cortafuegos, quemas selectivas y otros tratamientos silvícolas. Estas actuaciones deben realizarse siguiendo unas directrices claras: no eliminar totalmente la vegetación, no realizarlos en áreas de mayor diversidad florística y sin que resulten antinaturales, es decir, evitar los cortafuegos tengan la misma anchura a lo largo de toda su área. Esta medida es ampliamente usada en los ENP de las cinco provincias, pero sobre todo en Guadalajara y Cuenca.
 - Prohibición de nuevas aperturas de trochas, caminos, pistas forestales o cortafuegos; salvo en casos de extrema necesidad como en operaciones de salvamento o extinción de incendios.
 - Coordinación con los propietarios de los montes para el mantenimiento en óptimas condiciones de los caminos y pistas para facilitar las labores de prevención y extinción de incendios forestales.

La regulación de las actividades y usos para la prevención de incendios son las siguientes:

- Regulación del uso público:
 - Reordenar la oferta de uso público para prevenir incendios.
 - Balizar las zonas de mayor uso y tránsito para evitar incendios por negligencias, descuidos o provocados. Esta medida es ampliamente empleada en los ENP de Toledo.

- Control de accesos incontrolados de vehículos al río para evitar el riesgo de incendios. Esta medida únicamente se implementa en los ENP por los que transcurre un río como los Sotos del río Alberche.
- Prohibición del uso del fuego en una zona determinada, salvo por motivos de gestión, los cuales deberán contar con una autorización expresa de la Administración. Esta medida se usa en casi todos los ENP de Ciudad Real, Albacete y Guadalajara.
- Regulación de la circulación de los visitantes, tanto a pie como con vehículos a motor, en algunas áreas de los espacios protegidos para disminuir el riesgo de incendio.
- Valorar la alta concentración de visitantes en determinados enclaves recreativos como un riesgo potencial de incendio.
- Regulación de obras y actuaciones de gestión:
 - Establecer una época (preferentemente en otoño) para la realización de obras y otras actuaciones para evitar incendios. Esta medida se aplica en casi todos los ENP de Toledo.
 - Prohibición estricta de la quema de pastizales y otra vegetación natural; salvo autorización expresa de la Administración. Esta medida está presente en casi todos los ENP de la Cuenca y Guadalajara.
 - Obligatoriedad de adopción de medidas de prevención antes de realizar cualquier trabajo forestal previo al descorche de los alcornoques.
- Regulación de actividades dentro del espacio protegido:
 - Prohibición del uso de armas de fuego en zonas determinadas
 - No se permite el uso de cometas, aeromodelismo, ni la liberación de globos de gas o fuego.
 - Prohibición de sobrevuelo de aeronaves, incluidos el aeromodelismo y el uso de drones, a menos de 1.000 metros del suelo; salvo por labores de salvamento, extinción o vigilancia.
 - Solicitar al CIDETRA (Comisión Interministerial entre Defensa y Transporte) una zona de exclusión de sobrevuelo a menos de 1.000 metros del suelo; salvo para las labores de prevención, extinción y salvamento.

Las medidas de prevención de incendios sobre las infraestructuras o edificaciones que se incluyen en los planes de gestión son las siguientes:

- Establecer un criterio de proximidad mínima entre edificaciones (mínimo de 1.000 metros) más estricto que el que existe actualmente, basado en el espacio vital necesario para las especies vegetales más amenazadas.
- Las edificaciones aisladas deberán adoptar medidas de autoprotección frente a incendios, así como también medidas para minimizar la propagación del fuego a otros terrenos forestales circundantes. Esta medida es aplicada en casi todos los ENP de la provincia de Toledo.
- Prohibición de nuevas edificaciones; salvo si son construcciones para emergencias, de salvamento o extinción de incendios.

- Autorización para la creación de nuevas infraestructuras como puestos de vigilancia para la prevención de incendios, pistas y caminos para la extinción, bases para el aterrizaje de aeronaves, etc.

Por último, para la prevención de incendios se propone la realización de las siguientes actividades de sensibilización, concienciación y educación ambiental:

- Realizar campañas de sensibilización sobre los peligros y las consecuencias de los incendios forestales a ganaderos, agricultores y excursionistas.
- Las actividades de carácter educativo o divulgativo se llevarán a cabo bajo supervisión para evitar incendios.

C) Análisis de las directrices y medidas relativas a la extinción de incendios forestales.

Las medidas y directrices de extinción más usadas en los ENP analizados son las que se basan en el manejo de combustibles y sobre las infraestructuras o edificaciones; mientras que las medidas de extinción sobre las actividades o usos y sobre el equipamiento son mínimas, cuando no inexistentes. Los porcentajes de planes de gestión estudiados que las incluyen se pueden observar en la Figura 7.2.3 y se detallan a continuación.

Las medidas sobre el manejo de los combustibles en la extinción de incendios incluyen:

- Priorización en la defensa de los recursos naturales protegidos en caso de incendio forestal.
- Mantenimiento de las escasas zonas agrícolas (como los cultivos de olivos, vides, almendros, etc.) presentes en el espacio debido a su gran ayuda en las tareas de extinción de incendios.
- Autorización para realizar nuevas trochas, caminos o pistas forestales en casos urgentes en la extinción de incendios. Esta medida es muy común en los ENP de Toledo.

Entre las medidas sobre las infraestructuras y edificaciones para la ayuda en la extinción de incendios destacan:

- Existencia de una red de bases, pistas aéreas, helipuertos, aeródromos, etc. para llevar a cabo las labores de extinción de incendios.
- Autorización para la creación de infraestructuras destinadas a la prevención y extinción como helipuertos, pistas, caminos, puestos de mando y vigilancia, etc., en zonas determinadas. Esta medida es altamente usada en los ENP de Cuenca y Guadalajara.
- Existencia de puntos de agua para apoyo a la extinción de incendios con unas características tales que no afecten a la vegetación circundante.
- Autorización para la creación de depósitos y puntos de agua para ayudar en las labores de extinción en zonas determinadas y sin que afecte a la vegetación presente en la zona donde se instalen. Esta medida es ampliamente empleada en los ENP de Guadalajara.

- Todas las instalaciones destinadas al turismo, deporte, investigación o recreo deben contar con medidas de autoprotección frente al fuego.
- Las nuevas viviendas no puedan localizarse a menos de 1.000 metros de otras edificaciones ya existentes para no dificultar las labores de extinción. Esta medida es muy utilizada en los ENP de Toledo.

Entre las medidas sobre las actividades y usos en la extinción tan sólo se ha encontrado una mención:

- Disposición obligatoria de extintores en las cosechadoras para atajar incendios esporádicos.

Por último, sobre el equipamiento en un ENP se destaca:

- El espacio cuenta con un camión para la extinción de incendios.

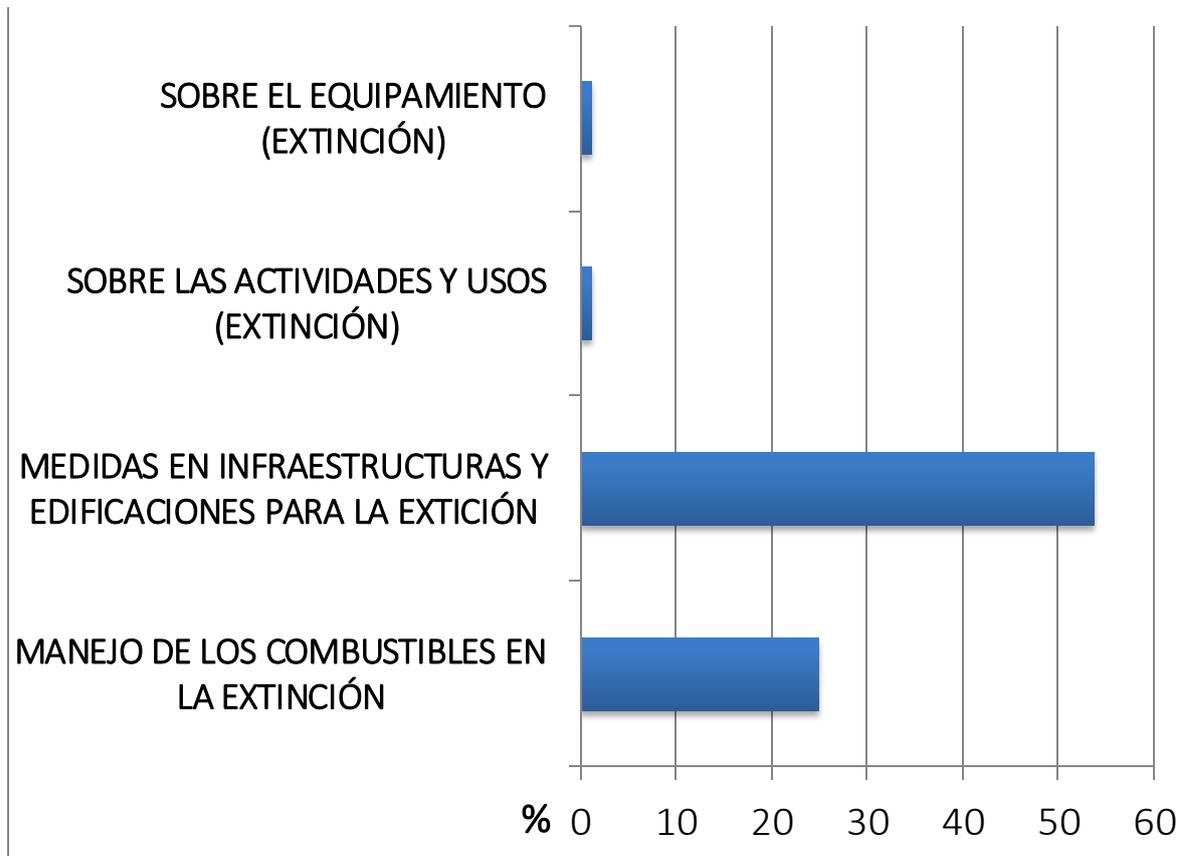


Figura 7.2.3. Porcentaje de ENP pertenecientes a la Red Natura 2000 en CLM en cuyos planes de gestión se incluyen medidas relativas a la extinción de incendios.

D) Análisis de las directrices y medidas relativas a las labores de restauración pos-incendio.

Las medidas de restauración de los ENP en caso de incendio se centran mayoritariamente en las actividades de restauración de las zonas afectadas y en menor medida en las actividades de sensibilización, concienciación y educación ambiental (Figura 7.2.4). Por ejemplo, en la provincia de Toledo se ha encontrado que los ENP se centran mayoritariamente en aplicar medidas de restauración pos-incendio propiamente dichas (en torno al 87%); mientras que son menos los espacios que cuentan con medidas

relativas a las actividades de sensibilización, concienciación y educación ambiental, sólo alrededor de un 6% de los ENP las aplican.

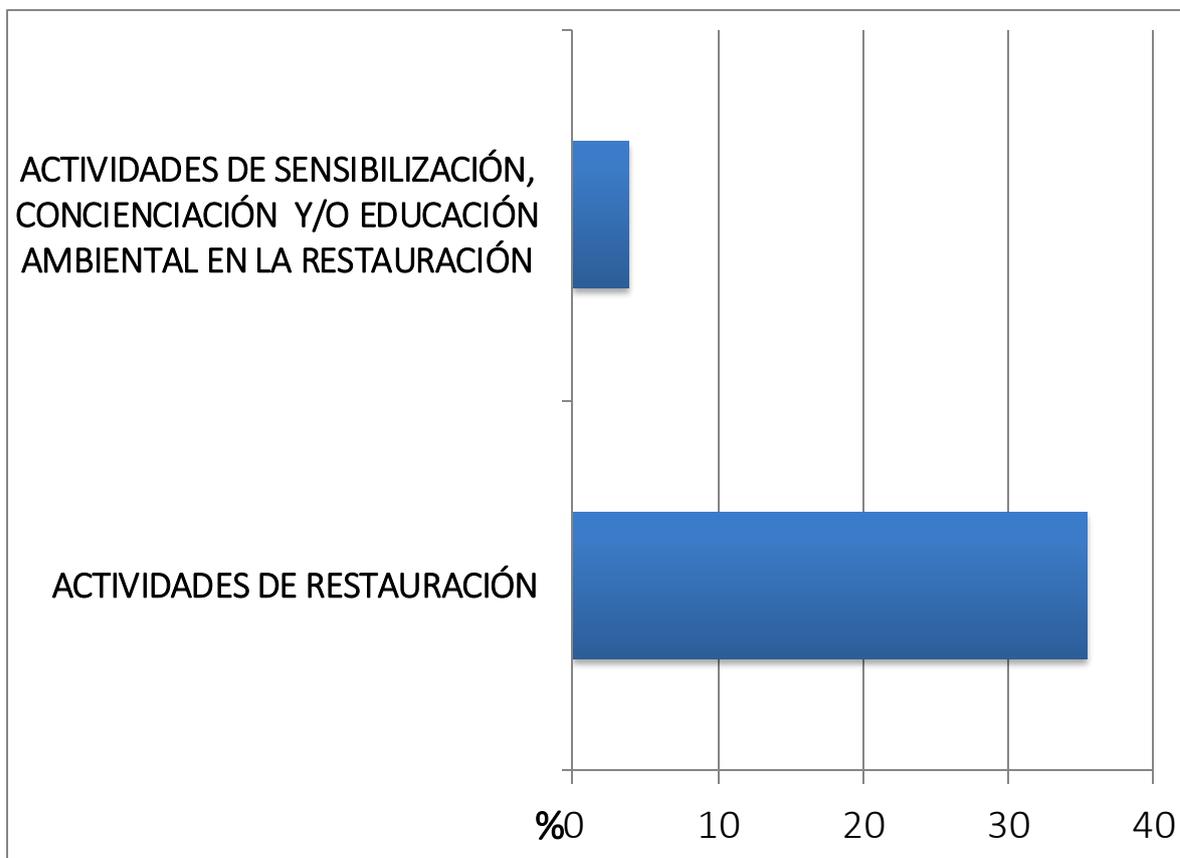


Figura 7.2.4. Porcentaje de ENP pertenecientes a la Red Natura 2000 en CLM en cuyos planes de gestión se incluyen medidas relativas a la restauración pos-incendio.

Entre las actividades de restauración pos-incendio se recogen las siguientes:

- Realización de trabajos de restauración tras incendios ocurridos en el espacio protegido.
- Seguimiento de la evolución de las zonas incendiadas y posteriormente restauradas.
- Los trabajos de restauración deben tener bases bioecológicas sólidas para asemejarse lo máximo posible al funcionamiento natural de los ecosistemas. Esta medida es utilizada en casi todos los ENP de Toledo.
- Planeamiento de labores de restauración de zonas calcinadas que no se hayan regenerado de forma natural, siguiendo unas directrices concretas: prohibición de plantar pino si ya se ha instalado un coscojar de forma natural, que las repoblaciones no sean antinaturales, que se favorezca el estrato arbustivo de los bosques, etc. Esta medida es usada en casi todos los ENP de la provincia de Cuenca.

Las actividades de sensibilización, concienciación y educación ambiental en lo que respecta a la restauración incluyen:

- Fomentar las iniciativas de voluntariado de la población en general en materia de restauración de las áreas degradadas por el fuego.

- Favorecer los acuerdos de custodia con los propietarios para realizar proyectos de restauración de las zonas incendiadas o degradadas.
- Realizar labores y actividades de educación ambiental para la población en general sobre la importancia de la preservación de los bosques en óptimas condiciones.

7.2.4 Conclusiones

Tras los resultados obtenidos en este estudio, se extraen las siguientes conclusiones: En lo que respecta a los planes de gestión de los ENP de Castilla-La Mancha, la mayoría de los espacios mencionan el papel y la importancia del fuego en los ecosistemas (mayoritariamente en Ciudad Real y Cuenca). También se hace un diagnóstico del espacio protegido en función del fuego en gran cantidad de espacios. En cambio, los factores condicionantes de los incendios se mencionan en menor medida.

Las medidas más utilizadas en todos los ENP de las cinco provincias en la etapa de prevención de incendios forestales es la regulación de las actividades y usos autorizados en estos espacios. Con ello se pretende minimizar y restringir al máximo la iniciación del fuego debido a negligencias o descuidos derivados de cualquier actividad que no esté autorizada. Otras de las medidas más citadas para la prevención de incendios en estos espacios es el manejo de los combustibles, ya que con ello se controla la cantidad y densidad de la vegetación y por tanto se reduce la cantidad de combustible que puede arder durante un incendio y con ello la superficie quemada. Las medidas de prevención y vigilancia y las medidas sobre las infraestructuras o edificaciones se llevan a cabo en un porcentaje de ENP mucho menor que las otras medidas anteriormente mencionadas. Finalmente, el grupo de medidas que actúa sobre las actividades de sensibilización, concienciación y educación ambiental es el menos empleado en cualquiera de los ENP de la región.

Las medidas de extinción de los incendios forestales que más se recogen en los planes de gestión de los ENP de la región castellanomanchega son aquellas que actúan sobre las infraestructuras y edificaciones, ya que se trata de la creación de puestos de agua y zonas de aterrizaje de aeronaves que ayudan a combatir los incendios de una forma directa. El siguiente grupo de medidas más empleadas en los ENP son aquellas que interfieren en el manejo de los combustibles, ya que controlar la cantidad, espesura y disposición de la vegetación es clave en la extinción de un incendio.

Por último, las medidas sobre las actividades y usos y las medidas sobre el equipamiento son casi inexistentes en la mayoría de los ENP de las cinco provincias; esto puede deberse a que las medidas de extinción se centran casi exclusivamente en las directrices que ayuden a apagar el fuego de forma directa.

El principal grupo de medidas de restauración pos-incendio propuestas en los ENP son las que regulan las actividades de restauración propiamente dichas, es decir, aquellas acciones que se llevarían a cabo para la restauración de las zonas directamente castigadas por el fuego para devolverlas a un estado lo más natural posible. Por el contrario, las

medidas sobre las actividades de sensibilización, concienciación y educación ambiental con respecto a las labores de restauración son muy escasas en cualquiera de los ENP.

Por último, la mayor parte de los planes de gestión de los ENP analizados son una copia unos de otros, es decir, no se tienen en cuenta las características especiales de cada una de las zonas a la hora de plantear las medidas de prevención, extinción y restauración; sino que se dan unas directrices generales y básicas para todos ellos. Estos planes deberían desarrollar medidas específicas para cada espacio natural y así mejorar la protección frente a los incendios y asegurar su conservación. Algunos aspectos que se podrían incluir son:

- Cartografía detallada de los combustibles de la zona protegida
- Mapas de inflamabilidad de las distintas especies
- Análisis del riesgo de incendio en la zona protegida
- Medidas de silvicultura preventiva compatibles con los objetivos de gestión
- Planificación de actuaciones o estrategias para la protección de las especies clave y hábitats prioritarios
- Regulación de usos específica para la prevención de incendios
- Puesta a punto de sistemas de vigilancia y detección de incendios
- Adecuación de la red hídrica (puntos de agua)
- Disponer de protocolos específicos de actuación en caso de incendio forestal
- Medidas específicas de protección en aquellos espacios que contengan o estén próximos a la interfaz urbano-forestal (RUI) así como campañas de concienciación
- Programas de sensibilización y educación ambiental sobre los incendios forestales para visitantes, así como habitantes del entorno

III. CONCLUSIONES

Al final de cada apartado de la presente memoria se ha incluido una sección propia de conclusiones, donde se elaboran de manera más detallada cuáles son estas en función de los datos obtenidos y su discusión. En este capítulo se recogen los mensajes principales que se derivan de aquéllas:

INFORMACIÓN CIENTÍFICA SOBRE INCENDIOS, CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO

A pesar del elevado esfuerzo científico llevado a cabo en relación al cambio climático y los incendios forestales, aún no existen muchos trabajos científicos que versen explícitamente sobre la vulnerabilidad y adaptación a los incendios forestales en un contexto de cambio climático, siendo este un campo que requiere más atención de cara al futuro.

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EXPERTOS EN INCENDIOS FORESTALES

España cuenta con un destacable y multidisciplinar potencial investigador para hacer frente a los retos que pueda suponer la investigación sobre medidas adaptativas relacionadas con los incendios forestales en un contexto de cambio climático.

FUENTES ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS

La excepcional base de datos de incendios forestales con que cuenta España, así como las numerosas autonómicas correspondientes, constituyen una potente herramienta de análisis de la evolución de los diferentes aspectos de los incendios que, junto a los datos de nuevos escenarios de cambio climático, permiten predecir cómo serán los incendios en condiciones futuras.

FUENTES CARTOGRÁFICAS DE INCENDIOS

A nivel mundial y europeo, la cartografía de incendios es numerosa gracias al avance de las imágenes satelitales. Sin embargo, en el ámbito nacional esta información es prácticamente nula. A nivel autonómico, en algunos casos existe cartografía de zonas de riesgo de incendio y, en muy pocos casos, se dispone de una cartografía de perímetros de incendios. La cartografía de los incendios desde hace unas décadas hasta ahora sigue siendo un asunto pendiente en buena parte de España.

NORMATIVA SOBRE INCENDIOS: COMUNITARIA, NACIONAL Y AUTONÓMICA

Dada la gravedad de los incendios forestales en el ámbito mediterráneo y en concreto en España, la legislación referida a los mismos es abundante. No obstante, y con el fin de resultar más eficaz, ésta deberá ser adaptada teniendo en cuenta los nuevos escenarios de cambio climático y sus consecuencias sobre los incendios.

ACTUACIONES JUDICIALES

El número de diligencias de investigación y sentencias por delitos de medio ambiente relacionado con los incendios forestales es variable anualmente y depende en gran medida del número de incendios y de la causa de los mismos. Se está observando un incremento anual en las cifras de sentencias emitidas, gracias a los informes periciales de

las Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (BIIF) y a la actividad desarrollada por las fiscalías provinciales de medio ambiente. Sólo en el año 2015 se han emitido 158 sentencias en materia de incendios forestales (Memoria Anual de la Fiscalía General del Estado). De éstas, 131 sentencias fueron condenatorias (82,91%) y 27 sentencias absolutorias (17,09%). Esta base jurídica permite anticipar que los incendios provocados no quedarán impunes, lo que puede ser importante cara a situaciones más severas originadas por el calentamiento global en un ambiente en el que los incendios provocados siguen siendo numerosos.

INVESTIGACIÓN DE CAUSAS

En relación con el análisis de las causas, la tendencia generalizada es a la disminución del desconocimiento de la fuente de origen. No obstante, se requiere de esfuerzos adicionales en este sentido. El trabajo desarrollado por las Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (BIIF), en colaboración con las fuerzas policiales, ha permitido lograr profundos avances en el conocimiento de las motivaciones y causalidad de los incendios registrados en el último decenio. Es importante impulsar, proporcionar y mantener un alto nivel formativo en las técnicas y protocolos de investigación a los miembros de los equipos BIIF dependientes de las Comunidades Autónomas. Un mejor conocimiento de las causas de incendio poder ser útil a la hora de enfrentarse a cambios en las situaciones de peligro como las que se anticipan.

HISTORIA RECIENTE DE INCENDIOS EN ESPAÑA

La tendencia temporal del número de incendios, sobre todo de los más pequeños, ha sido significativamente positiva entre 1974-2013, mientras que la superficie quemada ha mostrado una tendencia temporal negativa con importantes variaciones interanuales. Sin embargo, la distribución geográfica de la superficie quemada ha aumentado de forma muy acusada, por lo que el fenómeno del fuego se ha hecho más extensivo, afectando principalmente a la superficie forestal no arbolada.

En relación a las especies afectadas por el fuego, *P. pinaster*, *P. halepensis* y *P. sylvestris* fueron las especies de *Pinus* con mayor frecuencia de incendios y superficie quemada, sin tendencia temporal en el número de incendios y tendencia negativa en superficie quemada. En relación a las especies de *Quercus*, *Q. ilex*, *Q. pyrenaica* y *Q. suber* fueron las especies más afectadas en número de incendios y superficie quemada; con una tendencia significativamente positiva en el número de incendios y falta de tendencia clara en superficie quemada.

INCIDENCIA DE INCENDIOS EN ZONAS CRÍTICAS: HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

Varios hábitats de interés comunitario se encuentran en zonas de alto riesgo de incendios. Destacan varios hábitats prioritarios como los brezales húmedos y los brezales secos atlánticos, los matorrales con laurel, los prados secos calcáreos y los bosques aluviales. Es esperable que el cambio climático haga estos hábitats más vulnerables al incrementar la probabilidad de que sean afectados por incendios.

IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES INDICADORES DE TENDENCIA DE CAMBIO Y DE ZONAS CRÍTICAS DE INCENDIOS FORESTALES EN ANDALUCÍA

Se ha podido constatar una actual tendencia a la ocurrencia de grandes incendios forestales fuera del período estival, condicionados por un elevado estrés hídrico de la vegetación y una alta inestabilidad atmosférica. Las olas de calor son más frecuentes en las últimas décadas, predisponiendo al combustible a arder y, en consecuencia, a la ocurrencia de grandes incendios forestales por incremento de las propagaciones a través del dosel arbóreo.

RELACIONES CLIMA-INCENDIOS EN ESPAÑA (1985-2011)

Se han encontrado relaciones robustas entre las condiciones meteorológicas, usando uno de los índices de peligro meteorológico más usados, como es el FWI canadiense, y los incendios en España. Valores de FWI medio altos durante la estación de incendios han supuesto mayor número de incendios totales y área quemada y, en menor, medida incendios más grandes. Las condiciones de sequía/luvia previas al verano pueden ser importantes puntualmente en algunos territorios.

PELIGRO DE INCENDIO FUTURO EN ESPAÑA

El conjunto de modelos de última generación considerado en este estudio, anticipa un incremento progresivo de las condiciones medias de peligro de incendios a lo largo del presente siglo en toda la región Euro-Mediterránea, y en particular en la Península Ibérica. Pese a la dispersión del multimodelo, la señal es inequívocamente positiva, si bien su magnitud varía de forma considerable dependiendo del escenario de forzamiento radiativo considerado.

Considerando las relaciones históricas descritas en el capítulo de relaciones entre clima e incendios en el pasado, la incidencia de incendios puede aumentar de manera importante, tanto más cuanto mayor sea el calentamiento global como consecuencia del forzamiento radiativo. No obstante, mayores anomalías están aparejadas con una mayor incertidumbre en cuanto a la magnitud del cambio.

Es muy probable que el aumento proyectado en la severidad media de la estación de incendios dé lugar a una mayor frecuencia de situaciones meteorológicas extremas, que redundarán en una mayor probabilidad de ocurrencia de grandes incendios, con un potencial devastador mucho mayor que los incendios ordinarios. Ello tiene importantes repercusiones en la planificación de la lucha contra incendios, que deberá prever esta circunstancia para dotarse de los medios necesarios.

REVISIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE PREVENCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIO

La adaptación de la prevención contra incendios forestales se hace necesaria en un contexto de cambio climático. Disminuir la carga de combustible a través de la concienciación (política y social), de la revalorización del monte, o de la silvicultura preventiva, será imprescindible, intensificando especialmente estas medidas en las zonas de interfaz urbano- rural (RUI).

Los paisajes derivados del cambio climático darán lugar a incendios cuyo comportamiento novedoso implicará el establecimiento de diferentes estrategias operacionales, basadas en la anticipación al incendio en sus puntos débiles, en una mejor comunicación y coordinación y haciendo uso de las nuevas tecnologías.

ANÁLISIS DE COSTES Y EFICIENCIA EN LA INTERVENCIÓN CONTRA INCENDIOS

El análisis de los costes de extinción no puede ser tratado como una simple contabilidad aritmética de los gastos incurridos, es necesario cualificar el volumen del gasto realizado. En este sentido, las herramientas basadas en la eficiencia y productividad, permiten abordar el análisis y seguimiento avanzado de los costes generados por incendio en función del cambio neto en el valor de los recursos afectados.

Para disponer de un conocimiento avanzado sobre los costes y eficiencia, es necesario acometer el reconocimiento del paisaje forestal, incorporando el régimen histórico de incendios, el valor económico de los recursos naturales existentes, el cambio neto en el valor de los mismos por efecto de los incendios potenciales, el coste de los medios de extinción, sus rendimientos operacionales y las combinaciones de medios que puedan conformar las soluciones estratégicas de extinción.

PLANIFICACIÓN FORESTAL EN ESPAÑA ANTE LOS INCENDIOS FORESTALES NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La planificación forestal irá dirigida a prevenir la ocurrencia y minimizar los daños ocasionados por los incendios. Estrategias de actuación sobre la masa forestal permitirán la adaptación de la misma al cambio climático, así como una mitigación del impacto producido. Esto, unido a la adecuación y mejora de las infraestructuras y a una mayor eficiencia de los sistemas de extinción garantizará el alcance de ambos objetivos.

La planificación cobra especial atención en las zonas de interfaz urbano- rural (RUI).

RESPUESTA POSTINCENDIO – NECESIDADES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La restauración post-incendio debe basarse en la evaluación de impacto de los incendios y de la resiliencia del ecosistema. Los impactos de los incendios son muy diversos según las características de los ecosistemas afectados y los regímenes de incendios. Por lo tanto, los enfoques de restauración post-incendio deben ser también diversos para responder a las peculiaridades locales.

La restauración forestal debe promover paisajes más resistentes y resilientes al fuego. Esta debe basarse en la diversificación de especies, la priorización de especies rebrotadoras, la selección de procedencias resistentes a la sequía y técnicas que optimicen un uso eficiente del agua, desde la aclimatación del brinzal en vivero hasta la recolección de escorrentía en el campo.

MODELIZACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE QUEMADO EN UNA ZONA PILOTO

Los mapas de probabilidad de quemado y de intensidades pueden asistir a los gestores a identificar áreas sensibles por comportamiento extremo del fuego, la planificación de actividades preventivas y pueden ayudar en la priorización de las zonas para el tratamiento de combustibles y para la localización de recursos de lucha estratégicos. Esto permite determinar diferencias en la susceptibilidad de ecosistemas y paisajes concretos a la materialización de grandes o intensos incendios, proporcionando también información útil relativa a los efectos de diferentes condiciones ambientales o factores humanos sobre el comportamiento del fuego o su probabilidad. Por tanto, estas herramientas son útiles en tareas de adaptación a cambios en las condiciones climáticas o

el paisaje, siempre que se disponga de una información detallada de los combustibles, así como una cuidadosa calibración y validación basadas en la observación del comportamiento y propagación de incendios anteriores.

ESTUDIOS DE CASO: REVISIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE LA RED NATURA 2000 EN CASTILLA-LA MANCHA

La mayor parte de los planes de gestión de los ENP de la Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha incluyen alguna medida de prevención, extinción y restauración ante la amenaza de los incendios forestales, pero son unas directrices generales, no adaptadas a las características del espacio a proteger.

Estos planes deberían desarrollar medidas específicas para cada espacio natural y así mejorar la protección frente a los incendios en un contexto de cambio climático y asegurar su conservación.

MENSAJE FINA

Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que España tiene capacidad científica de acometer programas de adaptación en el campo de los incendios forestales, y que existe información suficiente, así como experiencia, tanto en la prevención y lucha, como en la planificación forestal, para acometerla. La dinámica de los incendios en las últimas cuatro décadas muestra que su ocurrencia y significación han ido variando a lo largo de nuestra geografía, afectando de manera diferente a distintas masas forestales y hábitats. No obstante, existen una serie de puntos calientes que permanecen. Las relaciones pasadas entre índices de peligro e incendios, unido a las proyecciones futuras de un clima más severo, indican que es esperable cambios relevantes en los incendios, sobre todo en las situaciones más severas, que son las más proclives a generar mayores incendios. El conocimiento ecológico que se tiene de los sistemas forestales nos permite abordar los impactos esperables y gestionar los paisajes con medidas de restauración que los haga más resilientes a una mayor incidencia de incendios o de situaciones de menor precipitación que se anticipan. Los modelos de propagación, así como ecológicos en general, u otros aplicados a la prevención y lucha contra incendios, unidos a los modelos climáticos, son buenas herramientas para poder poner en marcha medidas adaptativas ante al futuro inminente de incremento de peligrosidad. Dada la variedad de nuestro territorio, y la distinta incidencia de los incendios, la adaptación al cambio climático requerirá realizar planes específicos para cada zona. Esto es, la adaptación no podrá basarse en un modelo general que sirva para todo el territorio.

IV. OBSTÁCULOS ENCONTRADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En general, el proyecto no ha tenido dificultades técnicas para su realización. Debido a las restricciones presupuestarias, el proyecto hubo que adaptarlo centrándose en la recopilación de la información, o en estudios de gabinete usando los equipos y materiales disponibles. Las aproximaciones más costosas de simulación de comportamiento de fuego en zonas piloto, supuestos prácticos de planes de prevención o comprobaciones en campo no han podido ejecutarse dada la falta de recursos. De igual manera, el grupo de usuarios o la preparación de materiales audiovisuales no ha podido contemplarse. No obstante, el estudio ha completado en su mayor parte, abordando todos los objetivos inicialmente previstos y, donde ha sido posible, se ha complementado con estudios de casos centrados en valorar como se contempla en fuego en los planes de gestión de zonas piloto, que han podido completarse gracias a realización de algún proyecto fin de grado. El proyecto ha permitido hacer una buena diagnosis de cuál es el estado de la situación y de qué requisitos son necesarios para emprender un plan práctico de actuaciones en la adaptación al cambio climático de todo lo relacionado con los incendios forestales.

V. ANEXOS V Y VI

ANEXO V. TABLA RESUMEN CUMPLIMIENTO

ENTIDAD: UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA				
PROYECTO: LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMATICO: INFORMACION Y HERRAMIENTAS PARA LA ADAPTACIÓN (INFOADAPT)				
CONVOCATORIA DE AYUDAS: 2014				
PRESUPUESTO TOTAL / APORTACIÓN FB: 67.372,00 € / 33.868,00 €				
CRONOGRAMA: 2015-2016				
COMUNIDAD AUTÓNOMA: CASTILLA-LA MANCHA				
ACTIVIDAD	LUGAR DE REALIZACIÓN	IMPACTO ⁷	PRODUCTOS/RESULTADOS⁸	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS⁹
Creación bases de datos	n.a.	n.a.	Capítulo del informe final	Total
Evaluación de tendencias observadas	España	n.a.	Capítulo del informe final	Total
Análisis tendencias futuras de peligro	España	n.a.	Capítulo del informe final	Total
Análisis de normativa y protocolos de lucha contra incendios	España	n.a.	Capítulo del informe final	Total
Análisis de la planificación forestal	España	n.a.	Capítulo del informe final	Total
Análisis de la respuesta posincendio	España	n.a.	Capítulo del informe final	Total

⁷ N° personas, superficie, etc.

⁸ Tipo de documento resultante.

⁹ Nula (0%), escasa (<25%), parcial (50-75 %), total (>75%)

ANEXO VI. INDICADORES DE RESULTADO.

INDICADORES	CUANTIFICAR	DETALLES
Indique si el proyecto implica transferencia de conocimientos a empresas y/o administraciones	No aplica	
Indique si el proyecto aportará información susceptible de ser incorporada al IEPNB	No aplica	
Superficie RN 2000 sobre la que actuará el proyecto (Hectáreas)	General	Se hacen análisis para la generalidad del territorio, pero no específicos
Superficie restaurada y/o conectada objeto del proyecto (Hectáreas)	No aplica	
Nº de especies sobre las que se trabaja para su conservación	No aplica	
Nº de acuerdos de custodia a alcanzar	No aplica	
Nº de especies exóticas invasoras sobre las que se actúa	No aplica	
Nº de PPNN, ENP, Reservas de la Biosfera sobre las que se actúa	General	Se hace análisis para la generalidad del territorio, pero no específicos

INDICADORES (línea Biodiversidad Marina y Litoral)	CUANTIFICAR	DETALLES
Nº de programas de gestión que se pretenden elaborar		
Nº de herramientas para el incremento del conocimiento científico de los hábitats y especies marinas	General	Estudio de los hábitats terrestres

INDICADORES (Línea Cambio Climático y Calidad Ambiental)	CUANTIFICAR	DETALLES
Indique si el proyecto implica transferencia de conocimientos a empresas y/o administraciones	No	
Nº de sectores del PNACC sobre los que se trabaja	Uno	bosques

Si su proyecto trabaja en PP.NN., indicar nº	No aplica	
Nº de medidas de ahorro energético propuestas	No aplica	
Superficie gestionada (Hectáreas)	General	Se hace un análisis genérico para España, pero no específico de un área particular
Nº de medidas de mitigación sobre las que se trabaja	No aplica	
Nº de medidas de fomento de la salud a través de la mejora de la calidad del aire	No aplica	
Indique si es un proyecto de lucha contra las amenazas a la biodiversidad	No aplica	

VI. AUTORES DE LA MEMORIA FINAL

Alloza, José Antonio – CEAM, Universidad de Barcelona. jantonio@ceam.es

Bedia, Joaquín – Instituto de Física de Cantabria, C.S.I.C. – bediaj@unican.es

Chamorro Cobo, Daniel - Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). daniel.chamorro@uclm.es

Moreno Rodríguez, José Manuel – Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). josem.moreno@uclm.es

Fernández Ramiro, Mónica María – Grupo TRAGSA. mfra@tragsa.es

Franquesa, Magí – Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). magi.franquesa@uclm.es

Guerrero Vera, Carmen – Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba.

Gutiérrez, José Manuel – Instituto de Física de Cantabria, C.S.I.C. - manuel.gutierrez@unican.es

Hinojosa Centeno, María Belén – Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). mariabelen.hinojosa@uclm.es

Mateos Grande, Belén – Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Belen.Mateos@alu.uclm.es

Luna Trenado, Belén – Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). belen.luna@uclm.es

Molina Martínez, Juan Ramón – Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba.

Pérez Ramos, B. - Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). beatriz.perez@uclm.es

Quesada Cortés, Carolina – Grupo TRAGSA. cqc@tragsa.es

Rodríguez y Silva, Francisco – Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba. ir1rosif@uco.es

Rodríguez Victori, Manuel – Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba.

Rodríguez Urbieta, T. Itziar – Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). itziar.rodriiguez@uclm.es

Ruiz Tudela, Laura – Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba.

Torres, Iván - Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). ivan.torres@uclm.es

Vallejo, V. Ramón – CEAM, Universidad de Barcelona. vvallejo@ub.edu

Viedma, Olga - Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). olga.viedma@uclm.es

Zavala, Gonzalo - Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). gonzalo.zavala@uclm.es