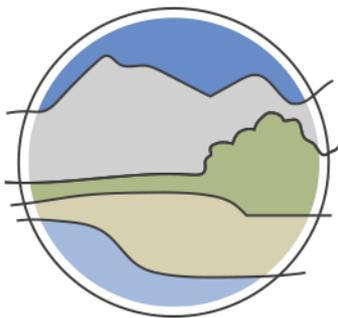




ANÁLISIS DE ESCENARIOS, A CORTO Y MEDIO PLAZO, DEL RIESGO DE AFECCIÓN POR INCENDIOS FORESTALES PARA AL MENOS VEINTICINCO TIPOS DE HÁBITAT DE BOSQUE Y MATORRAL

Andrea Duane, Lluís Brotons, Marta Lerner,
Mónica Fernández, Beatriz Vila, Julia Chacón-Labela,
David S. Pescador, Francisco Lloret





ANÁLISIS DE ESCENARIOS, A CORTO Y MEDIO
PLAZO, DEL RIESGO DE AFECCIÓN POR INCENDIOS
FORESTALES PARA AL MENOS VEINTICINCO TIPOS
DE HÁBITAT DE BOSQUE Y MATORRAL





Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

El presente documento fue realizado en el marco del proyecto *Establecimiento de un sistema estatal de seguimiento del Estado de Conservación de los Tipos de Hábitat en España*, promovido y financiado por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, desarrollado entre 2015 y 2017.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo Martín¹

Realización y producción

Tragsatec

Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo² y Juan Carlos Simón Zarzoso²

Coordinación científica

Andrea Duane Bernedo^{3,4} y Lluís Brotons Alabau^{3,5}

Autores

Andrea Duane Bernedo^{3,4}

Lluís Brotons Alabau^{3,5}

Marta Lerner Cuzzi²

Mónica Fernández Ramiro²

Beatriz Vila Molina²

Julia Chacón Labella⁶

David Sánchez Pescador^{2,6}

Francisco Lloret Maya^{3,6}

Coordinación y revisión editorial

Argantonio Rodríguez-Merino²

Jara Andreu Ureta²

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan²

¹ Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

⁴ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)

⁵ Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

⁶ Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:

Duane A, Brotons L, Lerner M, Fernández M, Vila B, Chacón-Labella J, Pescador D S, Lloret F 2019. Análisis de escenarios, a corto y medio plazo, del riesgo de afección por incendios forestales para al menos veinticinco tipos de hábitat de bosque y matorral. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 47 pp.

Las opiniones que se expresan en esta obra no representan necesariamente la posición del Ministerio para la Transición Ecológica. La información y documentación aportadas para la elaboración de esta monografía son responsabilidad exclusiva de los autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 638-19-088-X

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. RECOPIACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN	7
2.1. Proyecto Foto Fija.....	7
2.2. Mapa de combustibilidad	10
2.3. Información bibliográfica	11
3. SENSIBILIDAD DE LAS ESPECIES A LOS INCENDIOS FORESTALES	11
4. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN POR INCENDIO FORESTAL DE LOS ÚLTIMOS SEIS AÑOS.....	13
4.1. Efecto sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat.....	13
4.1.1. Determinación de los impactos.....	13
4.1.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos	25
4.2. Efecto sobre la estructura y función de los tipos de hábitat.....	25
4.2.1. Determinación de los impactos.....	25
4.2.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos	27
5. DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INCENDIO FORESTAL DE LOS PRÓXIMOS 12 AÑOS .27	
5.1. Efecto sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat.....	27
5.1.1. Determinación de los impactos.....	27
5.1.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos	41
5.2. Efecto sobre la estructura y función de los tipos de hábitat.....	42
5.2.1. Determinación de los impactos.....	42
5.2.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos	42
6. CONCLUSIONES.....	42
7. REFERENCIAS	44
ANEXO I Matriz de afectación de los diferentes tipos de incendios sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat	45



1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una propuesta metodológica para evaluar la presión y amenaza de los incendios forestales sobre los hábitats propuestos por la Directiva 92/43/CEE presentes en España. Esta propuesta se estructura en cuatro partes:

- Recopilación de fuentes de información y bases de datos.
- Determinación de la sensibilidad de las especies que caracterizan los tipos de hábitat a los incendios forestales.
- Determinación de la presión por incendio forestal de los últimos 6 años.
- Determinación de la amenaza por incendio forestal de los próximos 12 años.

2. RECOPIACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN

A continuación, se relacionan las distintas fuentes de información necesarias para estudiar la afectación por riesgo de incendios forestales sobre los distintos tipos de hábitat del territorio nacional.

2.1. Proyecto Foto Fija

El proyecto Foto Fija del Mapa Forestal de España¹ (MAPA 2009-2015; en adelante Foto Fija) consiste en una actualización del Mapa Forestal de España (MFE)² que recoge los principales cambios que se han producido en la superficie forestal como consecuencia, principalmente, de incendios, repoblaciones, talas, forestaciones de la Política Agraria Común (PAC) y cambios de uso del suelo. Se elabora mediante fotointerpretación de cambios y su integración en el MFE, obteniendo una cartografía a un año de referencia. Se trata de un proyecto trienal, existen ediciones de 2009, 2012, y 2015 y es usado para dar cumplimiento a los compromisos de información suscritos por España a nivel europeo e internacional. Su principal valor es la naturaleza sistemática y homogénea de su información, que permite obtener datos válidos y comparables, y su carácter de producto periódico en el tiempo, que facilita obtener datos comparativos en diferentes momentos. Ambos aspectos hacen de la Foto Fija una importante fuente de información acerca de las tendencias y evolución de los ecosistemas forestales españoles. El proyecto Foto Fija es un proyecto de titularidad pública que puede ser solicitado al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

El proyecto Foto Fija cuenta con tres coberturas GIS (del inglés *Geographic Information System*), que son:

- Capa que recoge la información correspondiente al periodo de 1997 a 2009.
- Capa que recoge la información correspondiente al periodo de 2010 a 2012.

¹ https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/mapa-forestal-espana/foto_fija_mfe.aspx

² https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/mapa-forestal-espana/situacion_actual_historica.aspx



- Capa que recoge la información correspondiente al periodo de 2013 a 2015.

La Foto Fija, en las capas señaladas, presenta las áreas georreferenciadas de los incendios que han ocurrido en cada periodo, diferenciando aquellas donde la vegetación ha desaparecido por completo de aquellas en las que existe un regenerado de la vegetación.

Para cada una de las ediciones de Foto Fija anteriormente enumeradas se genera una capa auxiliar de apoyo para su fotointerpretación. Esta capa de apoyo está generada a partir de la información geométrica y alfanumérica que aportan las siguientes fuentes:

- Comunidades autónomas: que facilitan los perímetros de incendios de los que disponen.
- JRC (*Joint Research Centre*): que facilita los perímetros de incendios a partir de imágenes satélite.
- MAPA: facilita información a partir de la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF).

Además, se dispone, para cada edición de la Foto Fija, de unas capas de apoyo de cambios donde se van recogiendo los incendios nuevos que vayan ocurriendo en cada periodo, así como aquellas zonas incendiadas en el pasado y que permanezcan sin vegetación a fecha de una Foto Fija determinada y las zonas regeneradas. El uso, tanto de estas capas de apoyo como de las tres coberturas de Foto Fija reseñadas anteriormente, será necesario para estudiar la recurrencia e intensidad de los incendios en los distintos tipos de hábitat.

En la Figura 1 se muestra el esquema conceptual del proyecto de Foto Fija del año 2009, encuadrándose en rojo la parte correspondiente a los cambios producidos por incendios forestales.

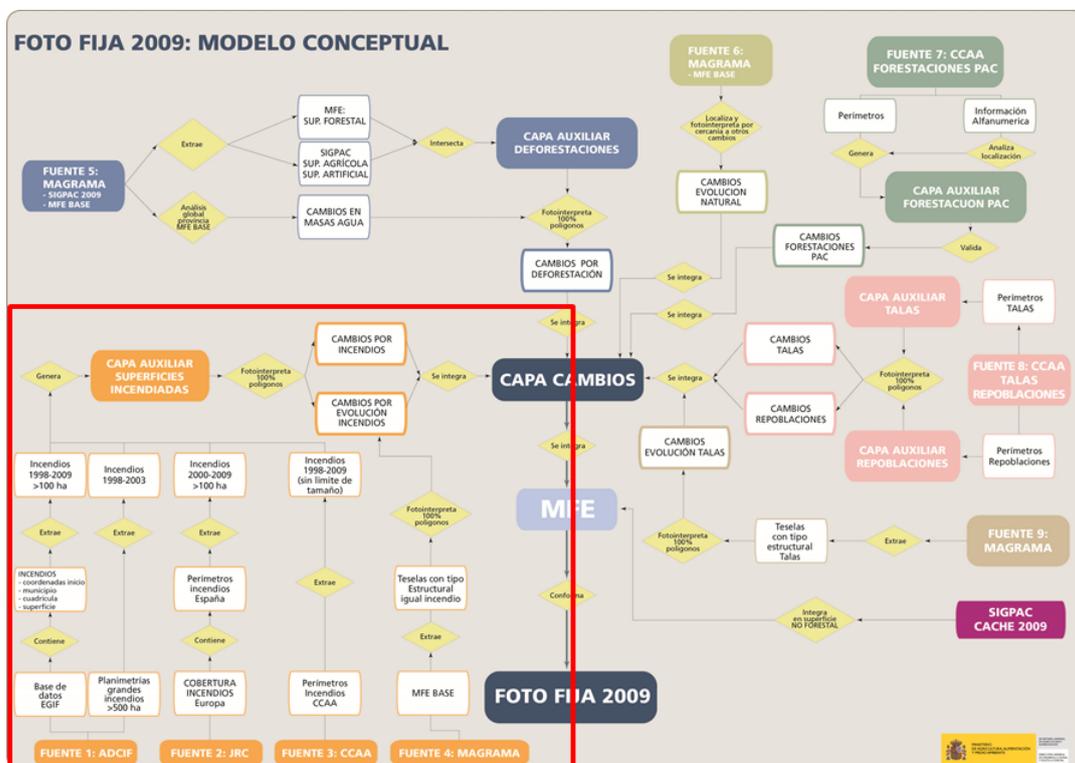


Figura 1 Esquema conceptual del proyecto Foto Fija. Detalle en rojo correspondiente a cambios por incendios forestales. Fuente: extraída del proyecto Foto Fija 2009.



En las siguientes imágenes se muestra la distribución espacial de los tipos estructurales del proyecto Foto Fija 2009 (Figura 2) y un detalle de la capa de cambios en la provincia de Ourense (Figura 3).

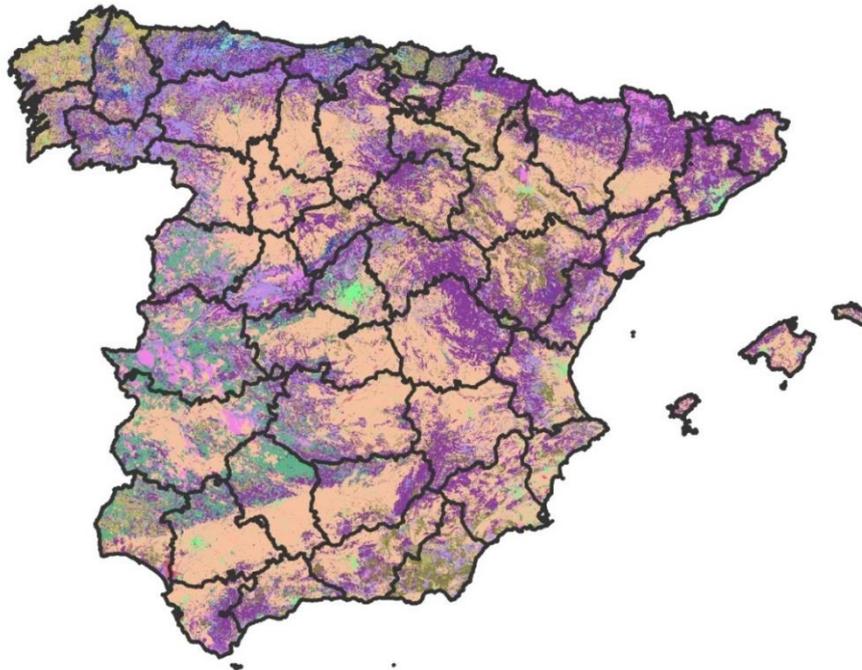


Figura 2 Foto Fija 2009. Fuente: extraída del proyecto Foto Fija 2009.

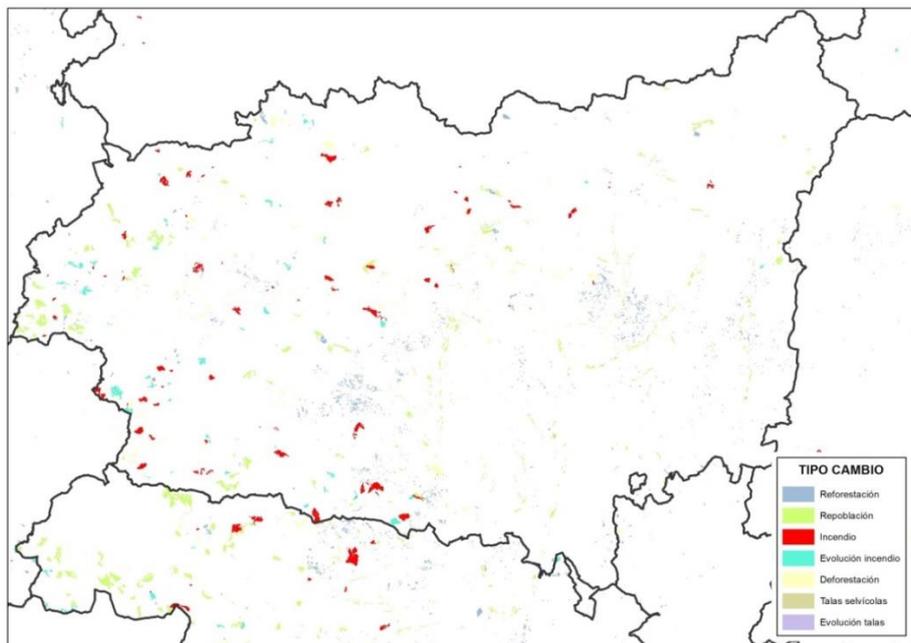


Figura 3 Detalle de la capa de cambios del proyecto Foto Fija 2009 en la provincia de Ourense. Fuente: elaboración propia a partir del proyecto Foto Fija 2009.



2.2. Mapa de combustibilidad

La combustibilidad de un sistema forestal se define como la capacidad del mismo para arder, desprendiendo la energía suficiente para consumirse y provocar la inflamación de la vegetación vecina, extendiendo así el fuego. Esta se interpreta a partir de los modelos de combustible.

Los distintos modelos de combustible se diferencian unos de otros por la cantidad de combustible, su origen y su estructura vertical y horizontal. La fuente de información que facilita estos modelos es el Mapa Forestal de España a escala 1:25.000³ (en adelante MFE25) para todas aquellas comunidades autónomas donde este se haya elaborado⁴, y en el resto de comunidades, a la espera de que pase por ellas este proyecto decenal que es el MFE25, se obtendrán del Mapa de Modelos de Combustible de España a escala 1:50.000 (Figura 4).

Datos

- Escala de la capa: 1:25.000 para el último mapa forestal, 1:50.000 para la versión anterior.
- Periodicidad: junto con los mapas forestales españoles (cada 10 años aproximadamente).
- Variable a usar: modelo de combustible (modelos de Rothermel).
- Fuente: MFE, edición de 2015 a escala 1:25.000 y MFE a escala 1:50.000⁵ (edición 1997-2006; en adelante MFE50).

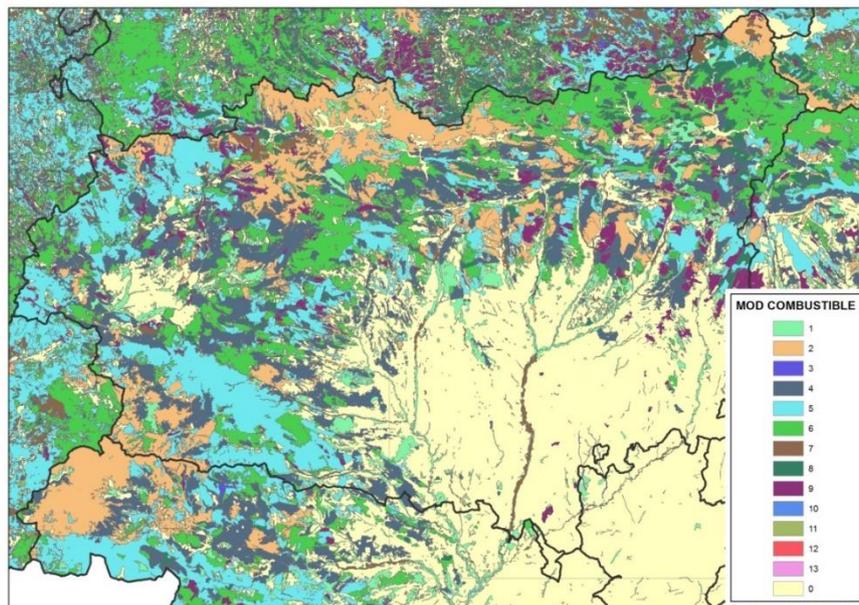


Figura 4 Detalle de la capa del Mapa de Modelos de Combustible en la provincia de León. Escala 1:50.000. Fuente: elaboración propia a partir del Mapa de Modelos de Combustible de España.

³ https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/mapa-forestal-espana/mfe_25.aspx

⁴ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe25_informacion_disp.aspx

⁵ <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50.aspx>



2.3. Información bibliográfica

El efecto de los incendios sobre la estructura y función de los tipos de hábitat es directo, y muchos artículos describen estos efectos. Dado que se considera que el fuego afecta siempre y de forma grave a la estructura y función de los tipos de hábitat, no se detallan umbrales de afectación ni variables a medir de los tipos de hábitat como en otras perturbaciones.

Algunas referencias que pueden ser útiles para los analistas, pero no indispensables para la presente propuesta son: Bodi *et al.* (2012), Lloret & Zedler (2009), Paula *et al.* (2009) y Pausas (2008, 2012).

3. SENSIBILIDAD DE LAS ESPECIES A LOS INCENDIOS FORESTALES

Los incendios forestales producen un efecto directo sobre la extensión de los ecosistemas terrestres, ya que destruyen tejidos de la vegetación. No obstante, a menudo la vegetación mediterránea es capaz de regenerar o establecerse con éxito tras un incendio. Las especies pueden ser ampliamente clasificadas en tres grupos en función de su estrategia regenerativa (si la tienen): germinadoras obligadas, rebrotadoras obligadas y rebrotadoras facultativas.

A causa de los mecanismos de regeneración, la composición de especies no acostumbra a modificarse después del fuego y las mismas especies vuelven a aparecer con más o menos rapidez (auto-sucesión; Hanes 1971). Con la auto-sucesión, los cambios de composición son poco importantes, sobretodo pasados cinco años desde la última perturbación. En cambio, se pueden producir cambios cuantitativos relacionados con la pérdida de biomasa, por ejemplo. En el caso de incendios recurrentes, estos efectos pueden intensificarse hasta hacerse prácticamente irreversibles, al menos a medio plazo. Una frecuencia demasiado elevada de incendios puede disminuir la capacidad de supervivencia de las especies rebrotadoras, puede impedir una acumulación suficiente de semillas en el suelo o copas, y también puede afectar a la recuperación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

Por lo tanto, los efectos de los incendios sobre la extensión o superficie ocupada por un tipo de hábitat pueden ser diversos en función de dos propiedades: 1) la capacidad de la vegetación de establecerse de nuevo tras el incendio, y 2) la intensidad y recurrencia de los incendios.

Así que solo se considerarán impactos negativos de los incendios sobre la extensión del tipo de hábitat en aquellos casos en que la vegetación no tenga estrategias de regeneración post-incendio, o en caso que los incendios sean de muy alta intensidad o con una muy alta recurrencia. En el resto de ocasiones, aunque los incendios hayan quemado la vegetación, no se considerará que hay un impacto sobre la superficie ocupada por el tipo de hábitat ya que la vegetación regenerará.

Para evaluar la sensibilidad de la superficie ocupada por los tipos de hábitat frente a los incendios forestales, se ha construido una matriz que muestra si el tipo de hábitat puede ver reducida su extensión o no en función del tipo de incendio (intensidad y recurrencia). La matriz se ha elaborado en el marco de este proyecto para todos los tipos de hábitat, y por lo tanto las diferentes comunidades pueden usarla de manera directa, aunque hay algunos tipos de hábitat de los que no se tiene información sobre sus estrategias post-incendio. La fuente bibliográfica para determinar las estrategias post-incendio de las especies principales de los tipos de hábitat es Paula *et al.* (2009).



A continuación, se describen las estrategias de tres especies forestales que ejemplifican bien las diferentes situaciones que pueden ocurrir en función de los rasgos funcionales:

- *Pinus uncinata* no tiene ningún rasgo funcional que le permita regenerar después de los incendios. Por lo tanto, siempre que se vea afectado por un incendio verá disminuida su superficie.
- *Fagus sylvatica* rebrota en los incendios en un 70% de los casos y tiene yemas de germinación en las copas. Por lo tanto, se ha establecido que esta especie no verá afectada su superficie ocupada en incendios de baja recurrencia o baja intensidad (yemas no afectadas y buena capacidad de regeneración), pero sí en incendios de alta intensidad o alta recurrencia (desaparecen las yemas de las copas y muchos individuos no rebrotan).
- *Quercus pyrenaica* rebrota a partir del lignotubérculo. Por lo tanto, se ha establecido que nunca perderá superficie a no ser que sea por incendios de alta recurrencia, cuando el individuo no ha tenido el tiempo suficiente para acumular nutrientes en el lignotubérculo y no es capaz de volver a brotar.

Si bien la matriz elaborada para todos los tipos de hábitat se encuentra en el Anexo I del presente documento, a continuación, se muestra un extracto de la misma (Tabla 1) correspondiente a los tipos de hábitat de bosque de la Cartografía de los Tipos de Hábitat Forestales de España 1:50.000 (CHFE50) estudiados en el presente trabajo.

Tabla 1 Ejemplo de afección de diferentes tipologías de incendios (alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia) sobre la extensión de los tipos de hábitat de bosque de la Cartografía de los Tipos de Hábitat Forestales de España 1:50.000 (CHFE50) estudiados. Fuente: elaboración propia.

Características del tipo de hábitat			Características de los incendios			
Código CHFE50	Especie característica del tipo de hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
111MN_11	<i>Pinus uncinata</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_23	<i>Fagus sylvatica</i>	Rebrotadora, 70% de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
111MN_32	<i>Quercus pyrenaica</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
111MN_43	<i>Quercus suber</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
111MN_51	<i>Pinus nigra</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_63	<i>Pinus pinea</i>	Germinadora estimulada por calor. No serótina	Sí	No	Sí	No

La especie característica del tipo de hábitat es la que está indicada en la descripción del tipo de hábitat. En tipos de hábitat con especies arbóreas, la especie característica corresponde a la especie arbórea (que es la que da estructura). En tipos de hábitat con especies de matorral o herbazal,



corresponde a la primera especie de la descripción de la cual se tiene información de su estrategia post-incendio.

Se evalúa la sensibilidad a la intensidad y a la recurrencia por separado, y después se aplicará el peor pronóstico. La sensibilidad de los tipos de hábitat, por lo tanto, está definida según la sensibilidad a estas dos clasificaciones por separado, y posteriormente se considerará la tipología de incendio que tenga una mayor superficie afectada.

En cuanto a los efectos de los incendios sobre la estructura y función de los tipos de hábitat, estos producen un efecto directo sobre la extensión de los ecosistemas terrestres, ya que destruyen los tejidos de la vegetación viva. Los efectos están relacionados con las temperaturas letales, y pequeñas diferencias entre especies –como el grosor de la corteza, inflamabilidad del follaje, etc.– pueden modificar los umbrales de susceptibilidad a los daños provocados por el calor. Aunque la vegetación mediterránea sea capaz de regenerar o establecerse con éxito tras un incendio, la estructura y función de los tipos de hábitat queda fuertemente modificada porque los incendios pueden causar uno o más de los siguientes procesos:

- Pérdida de biomasa aérea.
- Pérdida de capacidad reproductora.
- Pérdida de biodiversidad.
- Pérdida de suelo por erosión post-incendio.
- Pérdida de nutrientes y de productividad.
- Mortalidad directa.
- Mortalidad asociada con alguna otra perturbación en caso de que queden individuos vivos (sequía, plagas, etc.).

Estas modificaciones sobre la estructura y función de los tipos de hábitat pueden ser temporales o irreversibles a largo plazo (25-30 años), en función de la comunidad presente tras el incendio. No obstante, dado el carácter de cambio drástico asociado a los incendios, se considera que los efectos causados por los incendios son de alta intensidad, aunque a largo plazo pueda existir recuperación.

En este caso no se consideran diferencias entre los incendios de alta y baja recurrencia o de alta o baja intensidad, ya que en todos los casos hay cambios grandes en la estructura y función de los tipos de hábitat.

4. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN POR INCENDIO FORESTAL DE LOS ÚLTIMOS SEIS AÑOS

4.1. Efecto sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat

4.1.1. Determinación de los impactos

Para estudiar el impacto que producen los incendios sobre la extensión o superficie ocupada por los tipos de hábitat, se analizan dos factores fundamentales que caracterizan a los mismos: la recurrencia y la intensidad, en los últimos seis años de los cuales se dispone de información (periodo 2010-2015).



Análisis de recurrencia

Para analizar la recurrencia se utilizará la información que proporciona el proyecto de Foto Fija sobre los incendios ocurridos en el pasado. Se considerará de alta recurrencia aquella zona que se quema más de una vez en 9,5 años, que es la media entre el tiempo en el que muchas especies germinadoras aún no han tenido tiempo de crear los elementos reproductivos (15 años para *Pinus halepensis*) y el tiempo en el que las especies rebrotadoras tienen dificultades para acumular nuevos nutrientes para rebrotar (cuatro años). Dado que la fuente de información de incendios ocurridos es la Foto Fija, se considerará en este análisis un periodo de tiempo inicial de 12 años, periodo que comprende la Foto Fija 2009 (1997-2009), el cual pasará a nueve años una vez que se llegue al momento en el que la foto se calcule cada tres años. El resto del territorio donde se han producido incendios se caracterizará por tener una recurrencia baja.

Para determinar las zonas de alta y baja recurrencia se cruzan los incendios ocurridos en el periodo 1997-2009 con los ocurridos en el periodo 2010-2015. Cuando en una zona hayan ocurrido incendios en ambos periodos se considerará que esta zona incendiada es de alta recurrencia. El resto de zonas incendiadas será de baja recurrencia (Figura 5).



Figura 5 Zonas de alta y baja recurrencia de incendios. Fuente: elaboración propia.

Una vez establecidas las zonas de alta y baja recurrencia, se cruzará el tipo de hábitat objeto de estudio con dichas zonas como en el ejemplo de la Figura 6.

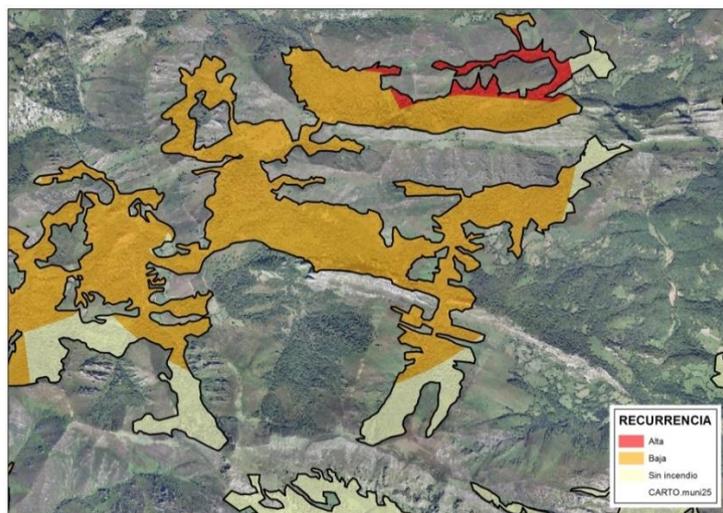


Figura 6 Recurrencia determinada en el tipo de hábitat de *Fagus sylvatica* en la provincia de Asturias (detalle). Fuente: elaboración propia a partir de la información de incendios ocurridos recopilada por Foto Fija.



Como las características estructurales y morfológicas de los tipos de hábitat definidos para el caso que ocupa este trabajo varían mucho según la zona en la que se encuentren, el análisis anterior se realizará por provincia, considerando que provincialmente estas características permanecerán de forma bastante homogénea. De esta forma, las Tablas 2, 3, 4, 5, 6 y 7 muestran la distribución espacial (en ha) para los tipos de hábitat objeto de estudio en función de la recurrencia.

Tabla 2 Distribución espacial (en ha) de la recurrencia de incendios para los tipos de hábitat de *Fagus sylvatica*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Araba/Álava	28.328,68			28.328,68
Barcelona	5.074,47			5.074,47
Burgos	18.661,46		26,49	18.687,95
Girona	12.149,09			12.149,09
Guadalajara	234,53			234,53
Gipuzkoa	15.475,16		52,10	15.527,26
Huesca	8.744,52			8.744,52
León	25.300,75		36,90	25.337,64
Lleida	2.027,57	0,36	12,42	2.040,36
La Rioja	23.724,32	97,07	116,55	23.937,95
Lugo	108,13			108,13
Madrid	22,23			22,23
Navarra	121.522,09	77,46	2.238,33	123.837,89
Asturias	49.468,78	43,43	11.084,55	60.596,76
Palencia	5.015,33		1,29	5.016,62
Cantabria	33.439,00	0,05	1.558,95	34.998,01
Segovia	120,04			120,04
Soria	2.681,87			2.681,87
Bizkaia	3738,34		17,32	3.755,66
Zaragoza	549,18			549,18
TOTAL <i>F. sylvatica</i>	356.385,55	218,38	15.144,91	371.748,83



Tabla 3 Distribución espacial (en ha) de la recurrencia de incendios para los tipos de hábitat de *Pinus nigra*.

Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Albacete	15.128,61			15.128,61
Ávila	84,10			84,10
Barcelona	14.629,56	1,64	106,21	14.737,41
Burgos	809,17			809,17
Castellón/Castelló	13.234,01			13.234,01
Cuenca	135.223,71	1.347,01	709,03	137.279,76
Girona	136,82			136,82
Granada	14.197,26			14.197,26
Guadalajara	31.255,30		241,69	31.496,99
Huesca	6.135,97			6.135,97
Jaén	44.102,80			44.102,80
Lleida	44.703,12		30,09	44.733,21
Murcia	4.960,81		220,37	5.181,18
Soria	3.188,30		0,02	3.188,33
Tarragona	6.954,77			6.954,77
Teruel	36.311,06	1.302,02	1,64	37.614,72
Valencia/València	3.055,99			3.055,99
Zaragoza	123,99			123,99
TOTAL <i>P. nigra</i>	374.235,37	2.650,67	1.309,05	378.195,10



Tabla 4 Distribución espacial (en ha) de la recurrencia de incendios para los tipos de hábitat de *Pinus pinea*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Albacete	2.601,32			2.601,32
Ávila	8.608,82		817,40	9.426,22
Badajoz	215,78			215,78
Barcelona	9.548,96		24,03	9.572,99
Burgos	163,32			163,32
Cáceres	1.365,88			1.365,88
Cádiz	3.640,72		5,07	3.645,79
Ciudad Real	28,36			28,36
Córdoba	1.653,80		36,39	1.690,19
Cuenca	5.481,55		7,74	5.489,29
Girona	2.394,37		18,24	2.412,61
Huelva	39.337,02	20,63	285,10	39.642,75
Jaén	2.532,63			2.532,63
Madrid	8.964,07		9,96	8.974,03
Salamanca	100,38			100,38
Segovia	3.613,95		0,00	3.613,95
Sevilla	5.098,74	3,31	2,09	5.104,14
Toledo	1.182,62	17,51	27,82	1.227,95
Valladolid	30.403,03		62,57	30.465,60
Zamora	3.608,28		8,98	3.617,26
TOTAL <i>P. pinea</i>	130.543,61	41,45	1.305,38	131 890,44

Tabla 5 Distribución espacial (en ha) de la recurrencia de incendios para los tipos de hábitat de *Pinus uncinata*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Barcelona	4.391,88			4.391,88
Girona	15.132,40		24,82	15.157,22
Huesca	20.589,31		33,15	20.622,46
Lleida	48.144,31		56,03	48.200,35
Navarra	997,74			997,74
Soria	72,54			72,54
Teruel	26,76			26,76
TOTAL <i>P. uncinata</i>	89.354,95		114,00	89.468,95



Tabla 6 Distribución espacial (en ha) de la recurrencia de incendios para los tipos de hábitat de *Quercus pyrenaica*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Araba/Álava	11.111,75			11.111,75
Ávila	24.549,88	328,88	192,11	25.070,87
Badajoz	558,51			558,51
Burgos	60.359,46	13,94	66,71	60.440,12
Cáceres	62.233,43	998,34	5.955,55	69.187,32
Cádiz	9,77			9,77
Ciudad Real	6.778,46		8,36	6.786,82
Cuenca	90,66			90,66
Granada	2.501,47			2.501,47
Guadalajara	19.189,52		150,32	19.339,84
Gipuzkoa	140,38		1,33	141,71
Huelva	149,22			149,22
Jaén	43,63			43,63
León	183.654,61	1.982,37	6.883,68	192.520,66
La Rioja	27.897,42			27.897,42
Lugo	6.627,79		866,73	7.494,53
Madrid	20.757,76		64,68	20.822,44
Navarra	700,29			700,29
Ourense	36.212,37	210,69	5.500,41	41.923,46
Asturias	2.627,41	175,03	1.161,54	3.963,98
Palencia	47.678,78		171,85	47.850,63
Pontevedra	8,07			8,07
Salamanca	71.662,78	421,35	961,04	73.045,17
Cantabria	19.617,23		977,84	20.595,08
Segovia	21.220,91		5,60	21.226,51
Soria	30.536,56		38,49	30.575,04
Tarragona	86,21			86,21
Teruel	1.459,69			1.459,69
Toledo	14.780,65		42,17	14.822,82
Bizkaia	398,17			398,17
Zamora	46.528,82	211,61	1.016,30	47.756,73
Zaragoza	1.497,16			1.497,16
TOTAL Q. pyrenaica	721.668,84	4.342,21	24.064,71	750.075,75



Tabla 7 Distribución espacial (en ha) de la recurrencia de incendios para los tipos de hábitat de *Quercus suber*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Badajoz	10.553,27		95,45	10.648,72
Barcelona	734,18			734,18
Cáceres	33.841,33	18,31	192,33	34.051,97
Cádiz	74.257,78	95,64	132,79	74.486,22
Castellón/Castelló	4.078,79		12,31	4.091,11
Ciudad Real	5.412,47	19,48	6,29	5.438,24
Córdoba	5.639,58			5.639,58
A Coruña	7,70			7,70
Girona	30.115,07	158,39	5.430,32	35.703,77
Granada	362,29		111,34	473,63
Gipuzkoa	0,61			0,61
Huelva	13.967,96	98,31	147,63	14.213,90
Jaén	2.399,37			2.399,37
León	592,37		19,59	611,96
Lugo	186,19		27,47	213,66
Madrid	152,80			152,80
Málaga	12.917,41	194,31	1.123,99	14.235,72
Ourense	345,24		88,58	433,82
Pontevedra	20,35			20,35
Salamanca	1.932,88		2,80	1.935,67
Cantabria	716,07			716,07
Sevilla	13.339,97			13.339,97
Toledo	1.644,23			1.644,23
Valencia	144,64			144,64
Zamora	327,76		47,59	375,35
Zaragoza	100,75			100,75
TOTAL Q. suber	213.791,09	584,43	7.438,58	221.814,10

Como se observa en las tablas anteriores, el tipo de hábitat con mayor superficie afectada por incendios en alta recurrencia es el tipo de hábitat del *Quercus pyrenaica*, como habría de esperar considerando la morfología y estructura de los distintos tipos de hábitat objeto de estudio.

Análisis de intensidad

De igual forma que para determinar la recurrencia, la intensidad se establece con ayuda del proyecto de Foto Fija sobre los incendios ocurridos en el pasado. Se partirá de la información que proporcionan las capas de apoyo de incendios ocurridos.

Se definen como de alta intensidad aquellas zonas del territorio donde se ha producido un incendio en el periodo 1997-2009 y en las que, no habiendo habido incendio alguno en el periodo 2010-2015, pasado los seis últimos años, es decir, en el año 2015, sigue sin regenerar la vegetación (Figura 7).

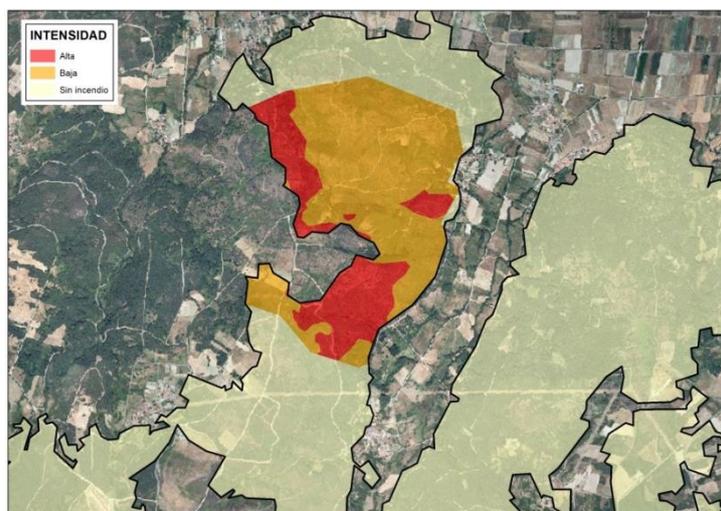


Figura 7 Intensidad determinada en el tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica* en la provincia de Ourense (detalle).
Fuente: elaboración propia.

Al igual que en el caso de la recurrencia, si bien el análisis GIS anterior se ha hecho a nivel de toda la península ibérica para que cubra toda la superficie de los tipos de hábitat objeto de estudio en este trabajo, los resultados se darán en hectáreas por provincia (Tablas 8, 9, 10, 11, 12 y 13).

Tabla 8 Distribución espacial (en ha) de la intensidad de incendios para los tipos de hábitat de *Fagus sylvatica*.
Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta intensidad	Baja intensidad	Total general
Araba/Álava	28.328,68			28.328,68
Barcelona	5024,54		49,93	5.074,47
Burgos	18.687,95			18.687,95
Girona	12.147,22		1,88	12.149,09
Guadalajara	234,53			234,53
Gipuzkoa	15.527,26			15.527,26
Huesca	8.701,30		43,22	8.744,52
León	25.324,11		13,53	25.337,64
Lleida	2.039,65		0,71	2.040,36
La Rioja	23.805,55		132,40	23.937,95
Lugo	108,13			108,13
Madrid	22,23			22,23
Navarra	123.759,97		77,92	123.837,89
Asturias	60.451,48		145,28	60.596,76
Palencia	5.016,62			5.016,62
Cantabria	34.884,14		113,87	34.998,01
Segovia	120,04			120,04
Soria	2.676,45		5,42	2.681,87
Bizkaia	3.755,66			3.755,66
Zaragoza	361,66		187,52	549,18
TOTAL <i>F. sylvatica</i>	370.977,17		771,66	371.748,83



Tabla 9 Distribución espacial (en ha) de la intensidad de incendios para los tipos de hábitat de *Pinus nigra*.
Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta intensidad	Baja intensidad	Total general
Albacete	14.982,03		146,59	15.128,61
Ávila	84,10			84,10
Barcelona	14.269,80		467,61	14.737,41
Burgos	809,17			809,17
Castellón/Castelló	13.170,68		63,33	13.234,01
Cuenca	135.761,24		1.518,52	137.279,76
Girona	136,82			136,82
Granada	14.197,26			14.197,26
Guadalajara	31.471,27		25,72	31.496,99
Huesca	5799,86		336,11	6.135,97
Jaén	43.947,42		155,38	44.102,80
Lleida	44.660,29		72,91	44.733,21
Murcia	5.181,18			5.181,18
Soria	3.188,33			3.188,33
Tarragona	6.954,77			6.954,77
Teruel	34.181,44		3.433,28	37.614,72
Valencia/València	3.055,99			3.055,99
Zaragoza	123,99			123,99
TOTAL <i>P. nigra</i>	371.975,64		6.219,46	378.195,10



Tabla 10 Distribución espacial (en ha) de la intensidad de incendios para los tipos de hábitat de *Pinus pinea*.

Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta intensidad	Baja intensidad	Total general
Albacete	2.601,32			2.601,32
Ávila	8.869,68		556,54	9.426,22
Badajoz	215,78			215,78
Barcelona	9.515,59		57,40	9.572,99
Burgos	163,32			163,32
Cáceres	1.365,88			1.365,88
Cádiz	3.645,79			3.645,79
Ciudad Real	28,36			28,36
Córdoba	1.627,84		62,35	1.690,19
Cuenca	5.489,29			5.489,29
Girona	2.392,07		20,54	2.412,61
Huelva	39.347,71		295,05	39.642,75
Jaén	2.532,63			2.532,63
Madrid	8.857,69		116,34	8.974,03
Salamanca	100,38			100,38
Segovia	3.613,95			3.613,95
Sevilla	5.100,83		3,31	5.104,14
Toledo	1.189,07		38,88	1.227,95
Valladolid	30.279,16		186,44	30.465,60
Zamora	3.596,24		21,03	3.617,26
TOTAL <i>P. pinea</i>	130.532,58		1.357,86	131.890,44

Tabla 11 Distribución espacial (en ha) de la intensidad de incendios para los tipos de hábitat de *Pinus uncinata*.

Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta intensidad	Baja intensidad	Total general
Barcelona	4.385,36		6,52	4.391,88
Girona	15.157,22			15.157,22
Huesca	20.545,79		76,68	20.622,46
Lleida	48.113,24		87,10	48.200,35
Navarra	997,74			997,74
Soria	72,54			72,54
Teruel	26,76			26,76
TOTAL <i>P. uncinata</i>	89.298,66		170,30	89.468,95



Tabla 12 Distribución espacial (en ha) de la intensidad de incendios para los tipos de hábitat de *Quercus pyrenaica*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta intensidad	Baja intensidad	Total general
Araba/Álava	11.111,75			11.111,75
Ávila	24.200,46		870,41	25.070,87
Badajoz	558,51			558,51
Burgos	60.333,87		106,25	60.440,12
Cáceres	64.788,77		4398,55	69.187,32
Cádiz	9,77			9,77
Ciudad Real	6.786,82			6.786,82
Cuenca	90,66			90,66
Granada	2.501,47			2.501,47
Guadalajara	18.786,65	0,00	553,19	19.339,84
Gipuzkoa	141,71			141,71
Huelva	149,22			149,22
Jaén	43,63			43,63
León	187.220,06	0,00	5.300,60	192.520,66
La Rioja	27.897,42			27.897,42
Lugo	7.420,99		73,54	7.494,53
Madrid	20.820,65		1,80	20.822,44
Navarra	700,29			700,29
Ourense	41.622,52	37,70	263,25	41.923,46
Asturias	3.772,31		191,67	3.963,98
Palencia	47.714,33		136,30	47.850,63
Pontevedra	8,07			8,07
Salamanca	71.250,09		1.795,08	73.045,17
Cantabria	20.595,08			20.595,08
Segovia	21.141,47		85,04	21.226,51
Soria	30.575,04			30.575,04
Tarragona	86,21			86,21
Teruel	1.459,69			1.459,69
Toledo	14.813,92		8,89	14.822,82
Bizkaia	398,17			398,17
Zamora	44.767,64		2.989,09	47.756,73
Zaragoza	1.497,16			1.497,16
TOTAL Q. pyrenaica	733.264,40	37,70	16.773,66	750.075,75



Tabla 13 Distribución espacial (en ha) de la intensidad de incendios para los tipos de hábitat de *Quercus suber*.

Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta intensidad	Baja intensidad	Total general
Badajoz	10.313,10		335,63	10.648,72
Barcelona	732,09		2,10	734,18
Cáceres	30.022,88		4.029,09	34.051,97
Cádiz	73.942,28		543,94	74.486,22
Castellón/Castelló	4.091,11			4.091,11
Ciudad Real	5.238,51		199,73	5.438,24
Córdoba	5.575,49		64,09	5.639,58
A Coruña	7,70			7,70
Girona	34.733,97		969,81	35.703,77
Granada	473,63			473,63
Gipuzkoa	0,61			0,61
Huelva	11.777,45		2.436,45	14.213,90
Jaén	2.364,09		35,27	2.399,37
León	562,37		49,59	611,96
Lugo	213,66			213,66
Madrid	152,80			152,80
Málaga	13.888,94		346,77	14.235,72
Ourense	433,82			433,82
Pontevedra	20,35			20,35
Salamanca	1.877,80		57,88	1935,67
Cantabria	716,07			716,07
Sevilla	10.438,56	0,00	2.901,41	13.339,97
Toledo	1.644,23			1.644,23
Valencia/València	144,64			144,64
Zamora	374,52		0,82	375,35
Zaragoza	100,75			100,75
TOTAL Q. suber	209.841,52	0,00	11.972,58	221.814,10

Como puede apreciarse en las tablas anteriores, el tipo de hábitat que presenta superficie quemada en alta intensidad de una cierta entidad es el del *Quercus pyrenaica*, con 37,70 ha en Ourense.

Una vez calculadas las superficies quemadas en alta/baja intensidad y en alta/baja recurrencia, se estudian ambos resultados por separado, porque muy probablemente haya muy pocos casos de ambas tipologías. Posteriormente, se propone aplicar la evaluación que tenga una superficie afectada mayor (más superficie afectada por alta intensidad o por alta recurrencia según la sensibilidad del tipo de hábitat). En la Tabla 14 se muestra el ejemplo de los tipos de hábitat de *Quercus pyrenaica* en la provincia de Ourense. Este tipo de hábitat se ve afectado únicamente por la alta recurrencia, por lo tanto, no se considera la alta intensidad (Figura 15).



Tabla 14 Ejemplo de afectación de incendios sobre los tipos de hábitat de *Quercus pyrenaica* en Ourense. Fuente: elaboración propia.

Características hábitats			Características incendios			
Código	Especie característica del tipo de hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
CHFE50						
111MN_32	<i>Quercus pyrenaica</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No

Tabla 15 Afectación de la recurrencia de incendios en la provincia de Ourense. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Sin incendio	Alta recurrencia	Baja recurrencia	Total general
Ourense	36.212,37	210,69	5.500,41	41.923,46

En el caso de Ourense, el tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica* sufre una presión por incendios que corresponde al 0,5% de la superficie del tipo de hábitat en esa provincia, valor que se considera prácticamente despreciable, pudiendo concluir que los incendios de los últimos seis años no tienen impacto relevante sobre la superficie del tipo de hábitat *Quercus pyrenaica* en Ourense.

4.1.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos

En el caso de los incendios, al ser una perturbación puntual, aislada y que queda registrada a nivel espacial, no requiere un seguimiento anual o periódico, ya que puede realizarse su evaluación al final del periodo considerado. Además, para evaluar la recurrencia es necesario hacerlo para todo el periodo.

4.2. Efecto sobre la estructura y función de los tipos de hábitat

4.2.1. Determinación de los impactos

A diferencia de la metodología empleada para evaluar los efectos sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat, en este caso no se diferencian los incendios según su nivel de intensidad o recurrencia, ya que se establece que en todos casos los incendios provocan un impacto alto sobre la estructura y función de los tipos de hábitat terrestres.

Se recomienda entonces un cruce de las capas de incendios ocurridos con las capas de perímetros de los tipos de hábitat para los seis años de evaluación, y calcular así el área que afecta a la estructura y función de los tipos de hábitat.

Si bien se ha realizado el cálculo para todos los tipos de hábitat objeto de este estudio, se recoge en la Tabla 16 el ejemplo del tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica* en hectáreas.



Tabla 16 Porcentaje de superficie quemada (en ha) en seis años en el tipo de hábitat *Quercus pyrenaica*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Superficie quemada en 6 años	Total general	% área quemada en 6 años
Araba/Álava	0,00	11.111,75	0,00
Ávila	520,99	25.070,87	2,08
Badajoz	0,00	558,51	0,00
Burgos	80,65	60.440,12	0,13
Cáceres	6.953,89	69.187,32	10,05
Cádiz	0,00	9,77	0,00
Ciudad Real	8,36	6.786,82	0,12
Cuenca	0,00	90,66	0,00
Granada	0,00	2.501,47	0,00
Guadalajara	150,32	19.339,84	0,78
Gipuzkoa	1,33	141,71	0,94
Huelva	0,00	149,22	0,00
Jaén	0,00	43,63	0,00
León	8.866,05	192.520,66	4,61
La Rioja	0,00	27.897,42	0,00
Lugo	866,73	7494,53	11,56
Madrid	64,68	20.822,44	0,31
Navarra	0,00	700,29	0,00
Ourense	5.711,10	41.923,46	13,62
Asturias	1.336,57	3963,98	33,72
Palencia	171,85	47.850,63	0,36
Pontevedra	0,00	8,07	0,00
Salamanca	1.382,39	73.045,17	1,89
Cantabria	977,84	20.595,08	4,75
Segovia	5,60	21.226,51	0,03
Soria	38,49	30.575,04	0,13
Tarragona	0,00	86,21	0,00
Teruel	0,00	1.459,69	0,00
Toledo	42,17	14.822,82	0,28
Bizkaia	0,00	398,17	0,00
Zamora	1.227,91	47.756,73	2,57
Zaragoza	0,00	1.497,16	0,00
TOTAL Q. pyrenaica	28 406,92	750.075,75	3,79

Como puede verse en la tabla anterior, en la provincia de Ourense, si bien el efecto sobre la superficie ocupada por el tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica* no era relevante, el efecto de los incendios sobre la estructura y función va cobrando importancia.



4.2.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos

En el caso de los incendios, al ser una perturbación puntual, aislada y que queda registrada en el territorio a nivel espacial, no requiere un seguimiento anual o periódico, ya que puede realizarse su evaluación al final del periodo considerado. Se pueden recalcular las superficies quemadas en alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia a partir de las publicaciones de los mapas de la Foto Fija, que se actualizan cada 3 años.

5. DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INCENDIO FORESTAL DE LOS PRÓXIMOS 12 AÑOS

5.1. Efecto sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat

5.1.1. Determinación de los impactos

A continuación, se detalla el tratamiento de los datos que hay que realizar a través de un análisis GIS para evaluar la amenaza de incendio forestal en los próximos 12 años, a partir de los datos de perímetros disponibles y del mapa de combustibilidad derivado del MFE. La metodología se basa en conseguir representar un régimen de incendios a nivel de paisaje (área quemada en polígonos de 20x20 km) que recoja la variabilidad regional, y modificar este régimen dentro de cada unidad de 20x20 km a partir de la combustibilidad de los diferentes tipos de hábitat para conseguir la variabilidad a escala local. Finalmente, se obtiene la probabilidad de incendio en cada tipo de hábitat.

1. Preparación de la capa de combustibilidad.

- Se parte del Mapa de Modelos de Combustible en formato vectorial, el cual estará definido para toda la superficie forestal en España.
- Se asigna a cada modelo de combustible un factor que cuantifica su combustibilidad en función de la velocidad de propagación del fuego y la longitud de llama, conforme con los valores que se establecen en el libro "La defensa contra incendios forestales" (Vélez-Muñoz 2009). Para obtener estos factores, se escalan los modelos a partir de los valores de propagación establecidos en Vélez-Muñoz (2009) conforme a la equivalencia con el modelo 4, el cual, con una velocidad de propagación de 26 m/min y longitud de llama de 6 m, actúa como referente (Tabla 17). Partiendo de que el modelo 4 tiene un valor de 10 (máxima combustibilidad) y el modelo 3 tiene un valor de 9,5 (ligeramente inferior), se calcula el peso relativo de la velocidad de propagación y de la altura de llama, y se escalan el resto de modelos. Finalmente, se ajustan los valores de manera que el modelo de combustible con factor medio tenga valor 1 (modelo 2 igual a la probabilidad de incendio), que los modelos por debajo a este tengan valores inferiores (disminuyen probabilidad de incendio) y que los modelos por encima tengan valores superiores (aumentan probabilidad de incendio).



Tabla 17 Correspondencia entre los modelos de combustible y su valor cuantitativo asignado de combustibilidad. Fuente: elaboración propia.

Modelo de combustible	Velocidad de propagación (m/min)	Longitud de llama (m)	Combustibilidad cuantitativa tomando modelo 4 como 10 y modelo 3 como 9,5	Misma escala que columna anterior pero tomando modelo del medio como 1
8	1	0,4	0,6	0,14
9	2	0,7	1,0	0,26
10, 11	2	1,1	1,4	0,36
5	7	1,5	2,6	0,67
7, 12, 13	8	1,8	3,0	0,78
2	12	2	3,9	1
6	21	2	5,3	1,37
1	27	1,3	5,6	1,44
3	35	4	9,5	2,45
4	26	6	10,0	2,59

2. El mapa de combustibilidad resultante en formato vectorial se convierte a formato ráster en píxeles de 50x50 m (Figura 8).

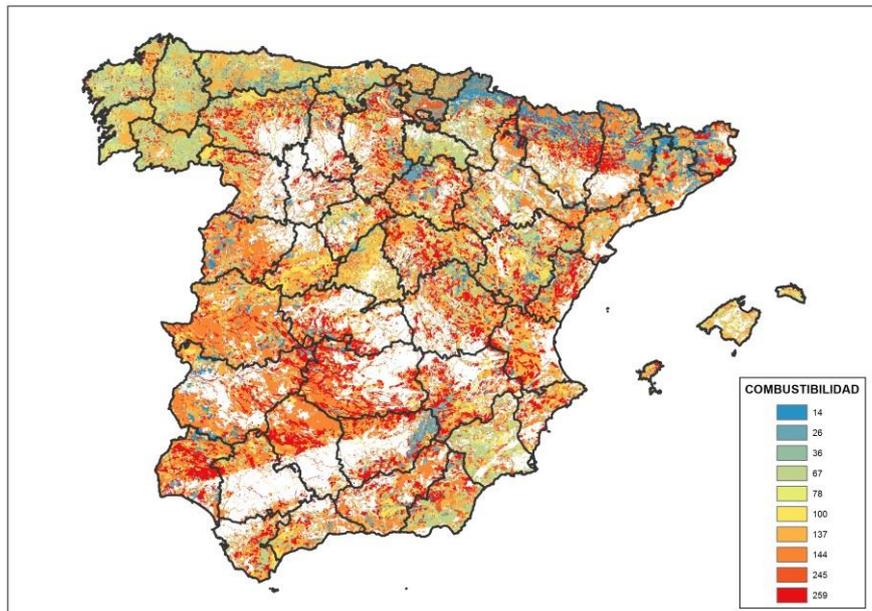


Figura 8 Mapa de combustibilidad (los valores de la tabla anterior se pasan a enteros para facilitar su tratamiento). Fuente: elaboración propia a partir de los modelos de combustibles establecidos en el MFE25 y el Mapa de Modelos de Combustibles de España a escala 1:50.000.

3. Dividir la región de estudio en subregiones de 20x20 km. Se ha considerado que estas subregiones son unidades de régimen adecuadas para contemplar un régimen homogéneo en ellas, y a su vez sustentar cierta variabilidad regional. Como los tipos de hábitat que se están



estudiando se encuentran distribuidos por todo el territorio nacional, se creará una malla única que cubra dicha superficie.

4. Calcular la superficie forestal dentro de las subregiones de 20x20 km a partir del mapa de combustibilidad (Figura 9 y 10).

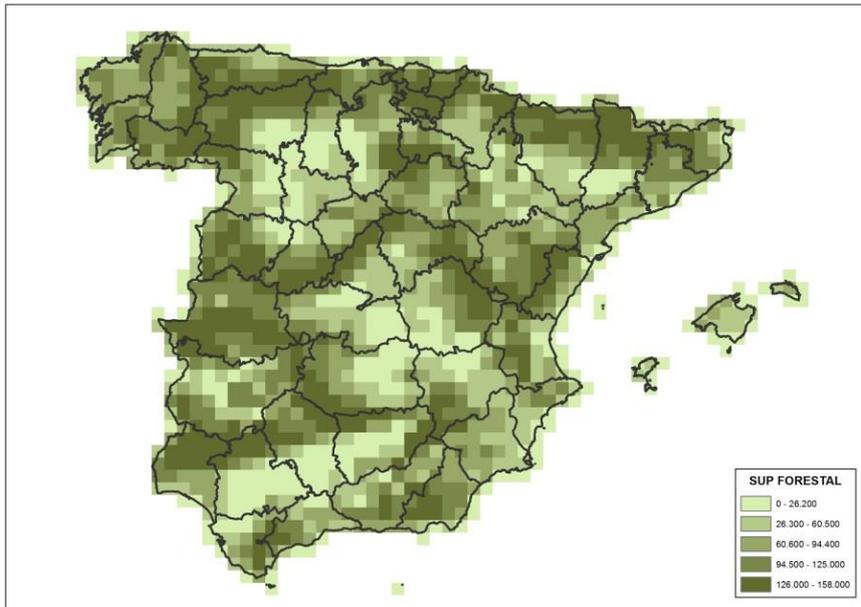


Figura 9 Superficie forestal en cuadrículas 20x20 km. Fuente: elaboración propia a partir del Mapa de Combustibilidad anteriormente elaborado.

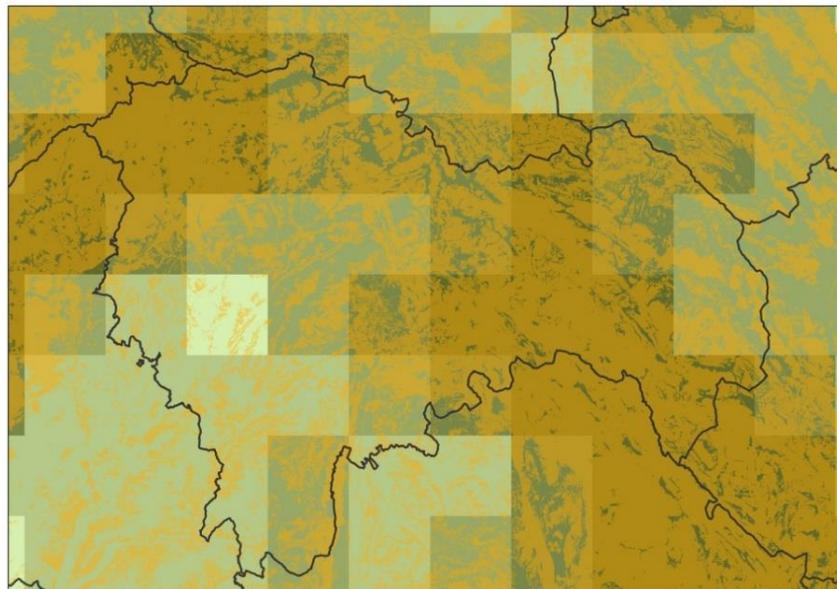


Figura 10 Detalle de la determinación de superficie forestal en cuadrículas 20x20 km en Guadalajara. La leyenda de colores es la misma que en la Figura 9. Fuente: elaboración propia a partir del Mapa de Combustibilidad anteriormente elaborado.



5. Superponer al mapa anterior los perímetros de incendios del mayor rango temporal que se tenga disponible. Para ello se utilizan las coberturas de apoyo del proyecto Foto Fija disponibles que son las correspondientes a los periodos 1997-2009, 2010-2012 y 2013-2015 (19 años). Calcular la suma del área quemada superpuesta para todo el periodo por subregiones de 20x20 km y dividir esta área por la superficie forestal de la subregión, consiguiendo así un porcentaje de área forestal quemada en el periodo considerado (Figura 11).

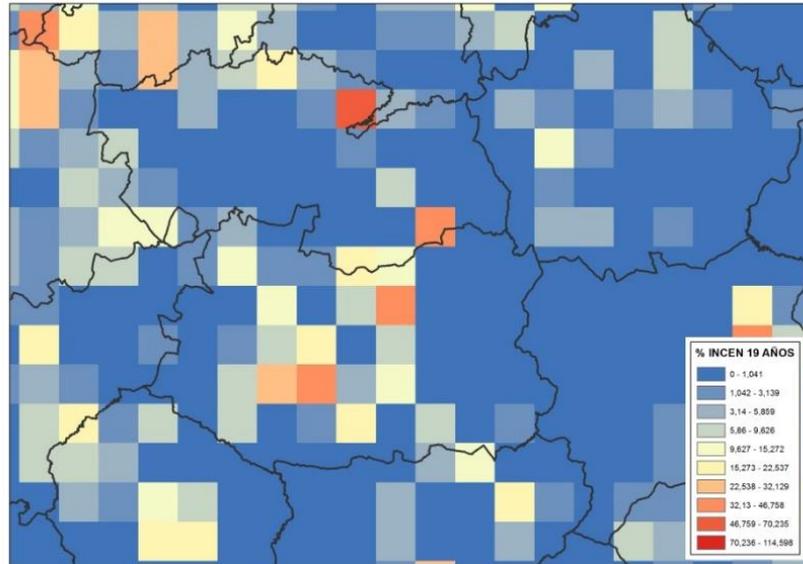


Figura 11 Detalle del porcentaje de superficie forestal quemada en los 19 años de periodo considerado. Fuente: elaboración propia.

6. Calcular el equivalente para 12 años (periodo amenazas) con una regresión lineal simple respecto al periodo que abarquen los incendios pasados (19 años; Figura 12).

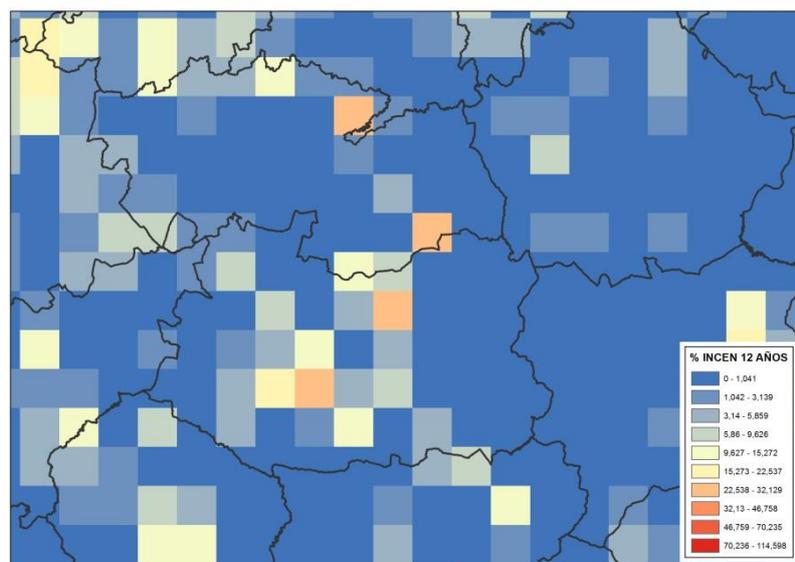


Figura 12 Estimación del porcentaje de superficie forestal quemada en los próximos 12 años. Fuente: elaboración propia.



7. Dividir el porcentaje de área quemada en 12 años entre el número de celdas forestales que tenga cada subregión de 20x20 km. De esta forma se obtiene la probabilidad de quemar en 12 años cada píxel forestal de 50x50 m (resolución del mapa de combustibilidad; Figura 13). Se aconseja ofrecer este valor en tanto por 10 000, ya que es muy pequeño.

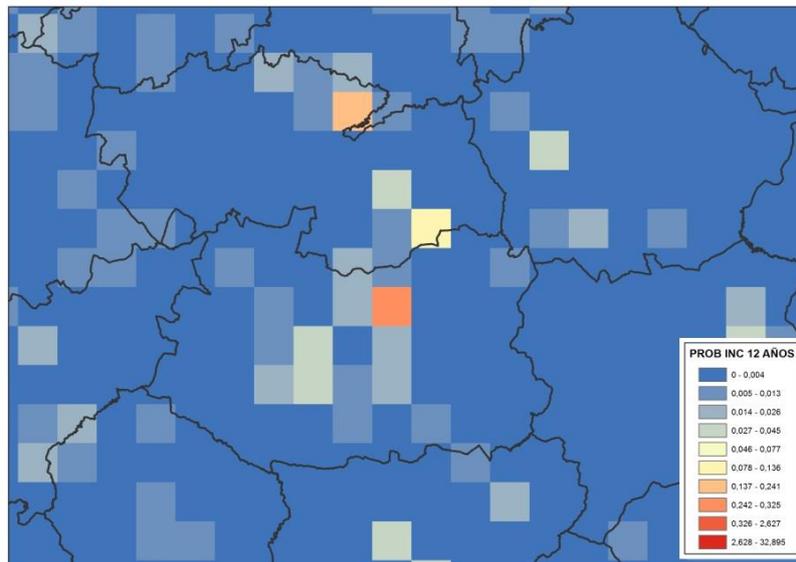


Figura 13 Probabilidad de quemarse en 12 años cada píxel forestal de 50x50 m. Fuente: elaboración propia.

8. Aplicar un proceso de estadística para cada píxel de 50x50 m con el promedio de la probabilidad de quemar en 12 años de 20 km a la redonda. Este proceso permite suavizar los valores calculados en el punto 7, de manera que los límites entre subregiones no sean tan bruscos (Figura 14).

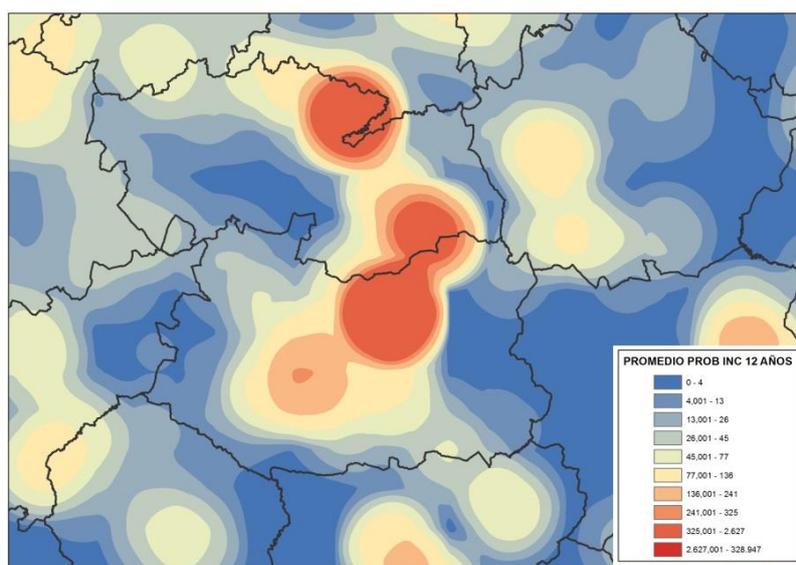


Figura 14 Promedio de la probabilidad de quemarse en 12 años cada píxel forestal de 50x50 m. Fuente: elaboración propia.



9. Multiplicar los valores de combustibilidad del mapa de combustibilidad reclasificado (punto 2) por la probabilidad de quemarse en 12 años calculada en el punto 8. Los valores de combustibilidad disminuirán o aumentarán esta probabilidad. Al final se obtiene un mapa de resolución 50x50 m con la probabilidad de cada píxel de quemarse en 12 años según su combustibilidad (Figura 15).

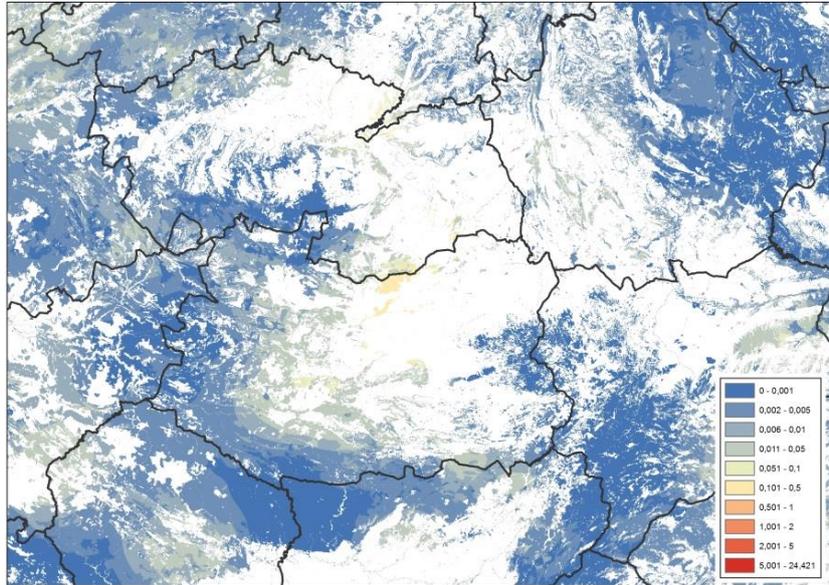


Figura 15 Probabilidad de cada píxel de quemarse en 12 años en función de su combustibilidad. Fuente: elaboración propia.

10. Por otro lado, se determina el mapa de alta/baja recurrencia y alta/baja intensidad de los incendios ocurridos que se recogen en las tres últimas ediciones del proyecto Foto Fija.
 - Se definirán como de alta recurrencia aquellas zonas en las que hayan ocurrido al menos dos incendios en las tres ediciones de Foto Fija consideradas y baja recurrencia al resto de superficie.
 - Se considerarán como de alta intensidad aquellas zonas que habiendo sufrido un incendio en un periodo del proyecto Foto Fija, continúan sin vegetación en el siguiente periodo del mismo. Esto querrá decir que el incendio ha sido muy intenso, independientemente de su superficie.

En la siguiente matriz (Tabla 18) se presentan los valores de los distintos campos del proyecto Foto Fija que se han considerado para determinar la intensidad y la recurrencia, Las dos últimas columnas recogen los valores de intensidad y recurrencia obtenidos con la metodología descrita. Se han utilizado tanto las tres ediciones de Foto Fija como la capa de cambios de cada una de las ediciones.



Tabla 18 Matriz de decisión de la intensidad y recurrencia de los incendios. Fuente: elaboración propia.

Nota: INT= intensidad (1= alta intensidad, 2= baja intensidad, 3= intensidad indeterminada, zonas que han sufrido algún incendio en el periodo de la última Foto Fija (2013-2015) y permanecen sin regenerar. No puede asegurarse que se trate de un incendio de alta intensidad por falta de datos a futuro, pero se han asimilado de alta intensidad por situarse en el peor escenario posible y del lado de la seguridad para la conservación del tipo de hábitat). REC= recurrencia (1=alta recurrencia, 2= baja recurrencia).

MF50	CAMBIO 2009	Foto Fija 2009	CAMBIO 2012	Foto Fija 2012	CAMBIO 2015	Foto Fija 2015	TIPO	INT	REC	
TIPO DE HABITAT= ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4)	INC09 - (21)	INC (TIPE= 6)	INC09 (31)	INC (TIPE= 6)	INC09 (311 y Apoy09)	INC (TIPE= 6)	1	1	2	
			INC09 (31)		INC15 (21)		2	1	1	
			INC12 (21)		INC12 (311 y Apoy12)		3	1	1	
			INC12 (21)		INC15 (21)		4	3	1	
			INC09 (31)		REGINC09 (1511+ 1531 y Apoy09)	REG (CLAMFE<130 y E1= 1 ó 2)	5	1	2	
			INC12 (21)		REGINC12 (1511+ 1531 y Apoy12)		6	1	1	
			INC09 (31)		INCREG15 (1511+ 1531 y Apoy15)		7	1	1	
			INC12 (21)		INCREG15 (1511+ 1531 y Apoy15)		8	2	1	
			INC09 (31)		OC-NOINC15 (resto)		9	1	2	
			INC12 (21)		OC-NOINC15 (resto)		10	2	1	
			INC09 (31)		NOINC15 (-)		ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	11	1	2
			INC12 (21)		NOINC15 (-)			12	2	1
			REGINC09 (151 y Apoy09)		INC15 (21)		INC (TIPE= 6)	13	3	1
			INCREG12 (151 y Apoy12)		INC15 (21)			14	3	1
			OC-NOINC12 (resto)		INC15 (21)	15		3	1	
			REGINC09 (151 y Apoy09)		REGINC09 (1511+ 1531 y Apoy09)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	16	2	2	
			REGINC09 (151 y Apoy09)		INCREG15 (1511+ 1531 y Apoy15)		17	2	1	
			REGINC09 (151 y Apoy09)		OC-NOINC15 (resto)		18	2	2	
			INCREG12 (151 y Apoy12)		REGINC12 (1511+ 1531 y Apoy12)		19	2	1	
			INCREG12 (151 y Apoy12)		INCREG15 (1511+ 1531 y Apoy15)		20	2	1	
			INCREG12 (151 y Apoy12)		OC-NOINC15 (resto)		21	2	1	
INCREG12 (151 y Apoy12)	OC-NOINC15 (resto)									

Continúa en la siguiente página ►



MFES0	CAMBIO 2009	Foto Fija 2009	CAMBIO 2012	Foto Fija 2012	CAMBIO 2015	Foto Fija 2015	TIPO	INT	REC				
TIPO DE HABITAT= ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4) (cont.)	INC09 - (21) (cont.)	INC (TIPE= 6) (cont.)	OC-NOINC12 (resto)	REG (CLAMFE < 130 y E1= 1 ó 2) (cont.)	INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	REG (CLAMFE < 130 y E1= 1 ó 2) (cont.)	22	2	1				
			OC-NOINC12 (resto)		OC-NOINC15 (resto)		23	2	2				
			REGINC09 (151 y Apoy09)		NOINC15 (-)		24	2	2				
			INCREG12 (151 y Apoy12)		NOINC15 (-)		25	2	1				
			OC-NOINC12 (resto)		NOINC15 (-)		26	2	2				
			NOINC12 (-)		ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4)		INC15 (21)	INC (TIPE= 6)	27	3	1		
							INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	REG (CLAMFE < 130 y E1= 1 ó 2)	28	2	1		
							OC-NOINC15 (resto)		29	2	2		
							NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4)	NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4)	30	2	2
									INC12 (311)	INC (TIPE= 6)	31	1	1
									INC15 (21)		32	3	1
			INC12 (21)		INC (TIPE = 6)		REGINC12 (1511+1531 y Apoy12)	33	2	1			
							INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	REG (CLAMFE < 130 y E1= 1 ó 2)	34	2	1		
							OC-NOINC15 (resto)	35	2	1			
	NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4)		36		2	1						
	REGINC09 (151 y Apoy09)	INC (TIPE= 6)		37		3	1						
	INCREG12 (151 y Apoy12)			38		3	1						
	OC-NOINC12 (resto)			39		3	1						
	REGINC09 (151 y Apoy09)	REG (CLAMFE < 130 y E1= 1 ó 2)		40		2	2						
	REGINC09 (151 y Apoy09)			41		2	1						
	REGINC09 (151 y Apoy09)			OC-NOINC15 (resto)		42	2	2					
	INCREG12 (151 y Apoy12)		REGINC12 (1511+1531 y Apoy12)	43	2	1							
	INCREG12 (151 y Apoy12)		INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	44	2	1							
	INCREG12 (151 y Apoy12)		OC-NOINC15 (resto)	45	2	1							
	OC-NOINC12 (resto)		INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	46	2	1							
	OC-NOINC12 (resto)		OC-NOINC15 (resto)	47	2	2							

Continúa en la siguiente página ►



MFES0	CAMBIO 2009	Foto Fija 2009	CAMBIO 2012	Foto Fija 2012	CAMBIO 2015	Foto Fija 2015	TIPO	INT	REC		
TIPO DE HABITAT= ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4) (cont.)	INCREG09 - (151) (cont.)		REGINC09 (151 y Apoy09)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2) (cont.)	NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	48	2	2		
			INCREG12 (151 y Apoy12)		NOINC15 (-)		49	2	1		
			OC-NOINC12 (resto)		NOINC15 (-)		50	2	2		
			NOINC12 (-)	ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	INC15 (21)	INC (TIPOES= 6)	51	3	1		
					INCREG15 (1511+1531)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	52	2	1		
					OC-NOINC15 (resto)		53	2	2		
					NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	54	2	2		
					INC12 (21)	INC (TIPOES = 6)	INC12 (311)	INC (TIPOES= 6)	55	1	2
							INC15 (21)		56	3	1
	REGINC12 (1511+1531 y Apoy12)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	57	2			2				
	INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)		58	2			1				
	OC-NOINC15 (resto)		59	2			2				
	NOINC15 (-)		ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	60			2	2			
	INCREG12 (151 y Apoy12) OC-NOINC12 (resto)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2) (cont.)	INC15 (21)	INC (TIPOES= 6)	61	3	1				
			OC-NOINC12 (resto)		62	3	2				
			INCREG12 (151 y Apoy12)	REGINC12 (1511+1531 y Apoy12)	63	2	2				
			INCREG12 (151 y Apoy12)	INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	64	2	1				
			INCREG12 (151 y Apoy12)	OC-NOINC15 (resto)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	65	2	2			
			OC-NOINC12 (resto)	INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	66	2	2				
			OC-NOINC12 (resto)	OC-NOINC15 (resto)	67	2	2				
			INCREG12 (151 y Apoy12)	NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	68	2	2			
			OC-NOINC12 (resto)	NOINC15 (-)		69	2	2			
	NOINC12 (-)	ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4)	INC15 (21)	INC (TIPOES= 6)	70	3	2				
			INCREG15 (1511+1531)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	71	2	2				
			OC-NOINC15 (resto)		72	2	2				
			NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	73	2	2				

Continúa en la siguiente página ►



MFES0	CAMBIO 2009	Foto Fija 2009	CAMBIO 2012	Foto Fija 2012	CAMBIO 2015	Foto Fija 2015	TIPO	INT	REC
TIPO DE HABITAT= ARB (CLAMFE < 130 y E1= 3 ó 4) (cont.)	NOINC09 - (-)	ARB (CLAMFE<130 y E1= 3 ó 4)	INC12 (21)	INC (TIPOES = 6)	INC12 (311)	INC (TIPOES= 6)	74	1	2
					INC15 (21)		75	3	1
					REGINC12 (1511+1531 y Apoy12)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	76	2	2
					INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)		77	2	1
					OC-NOINC15 (resto)		78	2	2
					NOINC15 (-)		79	2	2
			INCREG12 (151 y Apoy12)	REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	INC15 (21)	INC (TIPOES= 6)	80	3	1
			OC-NOINC12 (resto)		INC15 (21)		81	3	2
			INCREG12 (151 y Apoy12)		REGINC12 (1511+1531 y Apoy12)	82	2	2	
			INCREG12 (151 y Apoy12)		INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	83	2	1	
			INCREG12 (151 y Apoy12)		OC-NOINC15 (resto)	84	2	2	
			OC-NOINC12 (resto)		INCREG15 (1511+1531 y Apoy15)	85	2	2	
			OC-NOINC12 (resto)		OC-NOINC15 (resto)	86	2	2	
			INCREG12 (151 y Apoy12)		NOINC15 (-)	ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	87	2	2
			OC-NOINC12 (resto)		NOINC15 (-)		88	2	2
			NOINC12 (-)		ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	INC15 (21)	INC (TIPOES= 6)	89	3
				INCREG15 (1511+1531)		REG (CLAMFE< 130 y E1= 1 ó 2)	90	2	2
				OC-NOINC15 (resto)			91	2	2
				NOINC15 (-)		ARB (CLAMFE< 130 y E1= 3 ó 4)	92	2	2



11. Para evaluar la probabilidad de quemarse en alta o baja intensidad, se calcula para cada subregión de 20x20 km el porcentaje que se ha quemado en alta intensidad y en baja intensidad según la información de la Foto Fija. Después se multiplica cada porcentaje de alta o baja (en tanto por uno) por el mapa anteriormente calculado de probabilidad de quemarse de cada píxel (Figura 15). La suma de los dos mapas (Figuras 16 y 17) tendría que ser la probabilidad anteriormente calculada.



Figura 16 Probabilidad de quemarse en 12 años en alta intensidad. Fuente: elaboración propia.



Figura 17 Probabilidad de quemarse en 12 años en baja intensidad. Fuente: elaboración propia.



12. Se procede de igual manera a calcular la probabilidad de incendios de baja y alta recurrencia en 12 años. Se calcula para cada subregión de 20x20 km el porcentaje de área quemada en baja recurrencia y en alta recurrencia según la información de la Foto Fija. Al igual que con la intensidad, después se multiplica cada porcentaje de alta o baja (en tanto por uno) por el mapa anteriormente calculado de probabilidad de quemarse de cada píxel (Figura 15). La suma de los dos mapas (Figuras 18 y 19) es la probabilidad anteriormente calculada.



Figura 18 Probabilidad de quemarse en 12 años en alta recurrencia. Fuente: elaboración propia.



Figura 19 Probabilidad de quemarse en 12 años en baja recurrencia. Fuente: elaboración propia.



Un caso concreto de las operaciones realizadas en los dos últimos puntos se puede apreciar en la Figura 20, en la cual se recoge toda la información para un píxel concreto (reseñado en círculo azul) perteneciente a la provincia de Salamanca y correspondiente al tipo de hábitat *Quercus pyrenaica*. Este píxel presenta los siguientes valores:

- GPORAI: valor de la probabilidad de alta intensidad.
- GPORBI: valor de la probabilidad de baja intensidad.
- GPOAR: valor de la probabilidad de alta recurrencia.
- GPORBR: valor de la probabilidad de baja recurrencia.
- GPROB: valor de la probabilidad total (resultado del punto 9).

Como se ha comentado anteriormente, la suma de GPORAI y GPORBI es igual a GPROB. Lo mismo ocurre para el caso de la recurrencia.

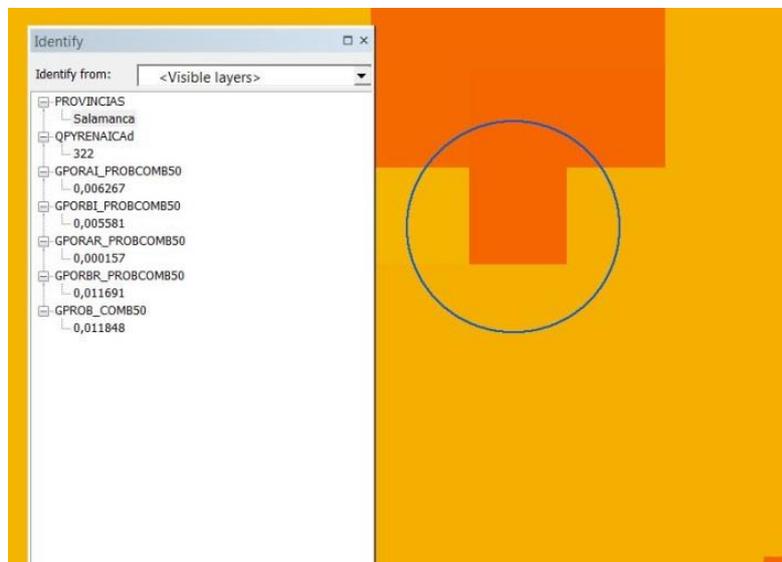


Figura 20 Detalle de la probabilidad calculada para un píxel 50x50 m concreto. Fuente: elaboración propia.

13. Para evaluar el grado de afectación por incendios forestales para cada tipo de hábitat, se considerarán los valores de probabilidad de incendio en los píxeles dentro de los polígonos de los tipos de hábitat. La suma dos a dos de estos valores (alta/baja intensidad y alta/baja recurrencia) da respectivamente la probabilidad de quemarse en alta/baja intensidad y alta/baja recurrencia para toda la zona del tipo de hábitat en los próximos 12 años. Como esta probabilidad está en unidades de área a quemar respecto a área disponible, si se multiplica por el área que ocupa el tipo de hábitat en cuestión, se obtiene el área potencial a quemar en este periodo de tiempo. Esta área potencial a quemar determina para cada tipo de hábitat el riesgo de quemarse en un periodo de 12 años (Figura 21).

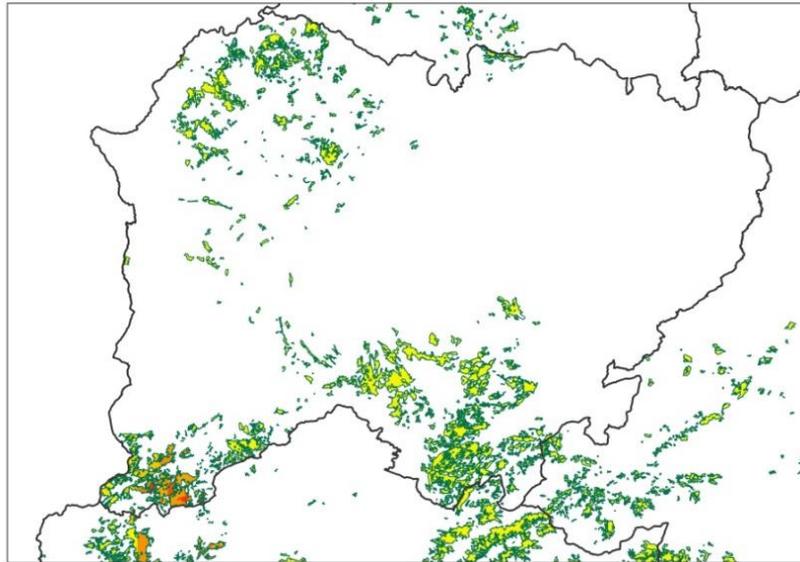


Figura 21 Detalle de probabilidad de quemarse del tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica* en 12 años en alta intensidad en la provincia de Salamanca. Fuente: elaboración propia.

14. Finalmente, se escoge el tipo de incendio que tenga una superficie afectada mayor (alta intensidad o alta recurrencia) y más sensible para cada tipo de hábitat. Combinar las dos tipologías de incendios (recurrencia e intensidad), aunque podría ser útil ecológicamente, no sería realista ya que hay poca variabilidad de polígonos que combinen las 4 posibilidades. Por lo tanto, se propone analizar la superficie quemada según las dos tipologías de clasificación, y posteriormente aplicar la evaluación correspondiente a la que tenga una superficie afectada mayor (más superficie afectada por alta intensidad o por alta recurrencia según la sensibilidad del tipo de hábitat).

Para el tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica*, afectado según la Tabla 1 por los incendios ocurridos en alta recurrencia y teniendo en cuenta lo enunciado en el párrafo anterior, el resultado se muestra en la Tabla 19.

De la Tabla 19 se puede deducir que las provincias donde existe una mayor probabilidad de quemarse en alta recurrencia para el tipo de hábitat el *Quercus pyrenaica* son Zamora y Guadalajara. Por tanto, en las mismas la afección al tipo de hábitat será grave, mientras que en el resto del territorio nacional será casi inexistente. Cabe reseñar que esta tabla indica no tanto valores absolutos, sino la comparativa entre provincias y el grado de diferencia entre unas y otras.



Tabla 19 Comparativa por provincia de la superficie probable de arder en alta recurrencia del tipo de hábitat de *Quercus pyrenaica*. Fuente: elaboración propia.

Provincia	Superficie del tipo de hábitat (m ²)	Suma de la probabilidad de quemarse en 12 años	Superficie x probabilidad 12 años (m ²)	Superficie probable de incendiarse en 1 año (m ²)	% tipo de hábitat de quemarse en 1 año
Araba	111.117.528,17	0,002	239.862,09	19.988,51	0,02
Ávila	250.708.671,79	0,000	0,00	0,00	0,00
Badajoz	5.585.128,99	0,000	0,00	0,00	0,00
Burgos	604.401.163,11	0,000	0,00	0,00	0,00
Cáceres	691.873.221,48	0,283	195.882.935,33	16.323.577,94	2,36
Cádiz	97.707,45	0,000	0,00	0,00	0,00
Ciudad Real	67.868.171,87	0,000	0,00	0,00	0,00
Cuenca	906.631,63	0,000	0,00	0,00	0,00
Granada	25.014.689,90	0,000	0,00	0,00	0,00
Guadalajara	193.398.365,34	33,466	6.472.250.369,79	539.354.197,48	278,88
Gipuzcoa	1.417.077,05	0,000	0,00	0,00	0,00
Huelva	1.492.172,85	0,000	0,00	0,00	0,00
Jaén	436.349,01	0,000	0,00	0,00	0,00
León	1.925.206.578,26	3,107	5.981.230.770,47	498.435.897,54	25,89
La Rioja	278.974.237,12	0,000	0,00	0,00	0,00
Lugo	74.945.294,43	0,000	0,00	0,00	0,00
Madrid	208.224.415,22	0,000	0,00	0,00	0,00
Navarra	7.002.939,49	0,000	0,00	0,00	0,00
Ourense	419.234.618,65	1,805	756.782.553,78	63.065.212,82	15,04
Asturias	39.639.796,76	0,000	0,00	0,00	0,00
Palencia	478.506.344,45	0,000	0,00	0,00	0,00
Pontevedra	80.701,60	0,000	0,00	0,00	0,00
Salamanca	730.451.738,28	4,286	3.130.741.392,04	260.895.116,00	35,72
Cantabria	205.950.770,26	0,000	0,00	0,00	0,00
Segovia	212.265.142,07	0,000	0,00	0,00	0,00
Soria	305.750.421,27	0,000	0,00	0,00	0,00
Tarragona	862.085,51	0,000	0,00	0,00	0,00
Teruel	14.596.859,68	0,067	979.996,61	81.666,38	0,56
Toledo	148.228.163,26	0,000	0,00	0,00	0,00
Bizkaia	3.981.687,92	0,003	12.434,45	1.036,20	0,03
Zamora	477.567.266,08	32,054	15.308.075.870,60	1.275.672.989,22	267,12
Zaragoza	14.971.603,21	0,000	0,00	0,00	0,00

5.1.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos

En el caso de los incendios, al ser una perturbación puntual, aislada y que queda registrada en el territorio a nivel espacial, no requiere un seguimiento anual o periódico, ya que puede realizarse su evaluación al final del periodo considerado. Se pueden recalcular las superficies quemadas en alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia a partir de las publicaciones de los mapas de la Foto Fija, que se actualizan cada tres años.



5.2. Efecto sobre la estructura y función de los tipos de hábitat

5.2.1. Determinación de los impactos

Al igual que en el apartado 4.2.1, y a diferencia de la metodología empleada para evaluar los efectos sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat, en este caso no se diferencian los incendios según su nivel de intensidad o recurrencia, ya que se establece que en todos casos los incendios provocan un impacto alto sobre la estructura y función de los tipos de hábitat terrestres.

Se propone por tanto realizar el mismo análisis GIS que el definido en el apartado 4.2.1. sin diferenciar alta/baja recurrencia y alta/baja intensidad.

5.2.2. Periodicidad en la aplicación de los protocolos

En el caso de los incendios, al ser una perturbación puntual, aislada y que queda registrada en el territorio a nivel espacial, no requiere un seguimiento anual o periódico, ya que puede realizarse su evaluación al final del periodo considerado. Se pueden recalcular las superficies quemadas a partir de las publicaciones de los mapas de la Foto Fija, que se actualizan cada 3 años.

6. CONCLUSIONES

Tras haber realizado el análisis GIS para la determinación de las presiones y amenazas de los incendios forestales sobre los distintos tipos de hábitat se puede concluir que:

- La metodología propuesta utiliza como fuentes de información proyectos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MFE y Foto Fija), que se generan periódicamente para todo el territorio nacional y están disponibles públicamente, lo cual permite hacer un seguimiento muy bueno de los tipos de hábitat.
- Dicha metodología dará mejores resultados al aplicarse sobre la cartografía base de tipos de hábitat más antigua. De esta forma no estarán eliminadas de la superficie del tipo de hábitat las zonas afectadas por incendios con las que posteriormente se está determinando la intensidad y la recurrencia, factores claves a la hora de analizar el impacto del fuego sobre un tipo de hábitat.
- Para hacer un seguimiento idóneo del estado de conservación de los tipos de hábitat, habrá que procurar partir de unos perímetros de estos tipos de hábitat lo más antiguos posibles, que permanezcan invariables en el tiempo de manera que se pueda estudiar su evolución.
- Los resultados de la metodología serían más concluyentes en el caso de aplicarla sobre otros tipos de hábitat distintos a los elegidos en el presente documento (*Fagus sylvatica*, *Pinus uncinata*, *Pinus pinea*, *Pinus nigra*, *Quercus pyrenaica* y *Quercus suber*), ya que estos no se caracterizan precisamente por verse afectados de forma grave por los incendios forestales.



- Se considera que debería mejorarse la cobertura de apoyo de incendios procedente del proyecto Foto Fija de forma que se distingan claramente aquellos incendios que han ocurrido en un periodo de los que han sucedido en el periodo anterior. Si bien esta información se ha ido mejorando a medida que transcurren las distintas ediciones de Foto Fija, hay que incidir en ello hasta tener los límites digitalizados con cierta precisión de todos los incendios de cierta entidad ocurridos en España.
- En la determinación de las amenazas por incendios forestales, a la hora de calcular el promedio de la probabilidad de quemarse la superficie forestal en 12 años, sería necesario hacer un estudio más detallado en la elección del radio tomado. En el presente estudio se ha considerado un radio de 20 km, lo que ha podido ocasionar una excesiva homogenización de toda la información de partida.
- La metodología propuesta mejora cuando la escala del estudio es menor, es decir, a nivel de tesela o rodal de tipo de hábitat. Difícilmente puede compararse la evolución como consecuencia de los incendios de dos o más teselas de un tipo de hábitat en el caso de que estas se encuentren localizadas en dos zonas geográficamente alejadas dentro de España, ya que sus características serán muy diferentes. Es por ello que en este análisis se ha tratado de reducir la superficie de estudio al considerar ámbitos más homogéneos proporcionando los resultados por provincia, ya que a nivel nacional serían poco realistas.



7. REFERENCIAS

- Bodi M, Cerdà A, Mataix-Solera J & Doerr S H. 2012. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 12: 33-55.
- Hanes T L. 1971. Succession after fire in the chaparral of Southern California. *Ecological Monographs*. 41(1): 27-52.
- Lloret F & Zedler P H. 2009. The effect of forest fire on vegetation. pp. 257-295. In: A. Cerda P R. Robichaud (eds). *Fire effects on soils and restoration strategies*. Science Publishers Inc., Enfield, New Hampshire, USA.
- MAPA. 2009-2015. Foto Fija del Mapa Forestal de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Serie publicación digital. Madrid.
- Paula S, Arianoutsou M, Kazanis D, Tavsanoglu Ç, Lloret F, Buhk C, Ojeda F, Luna B, Moreno J M, Rodrigo A, Espelta J M, Palacio S, Fernández-Santos B, Fernandes P M & Pausas J G. 2009. Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. *Ecology*. 90: 1420.
- Pausas J G, Llovet J, Rodrigo A & Vallejo R. 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? A review. *International Journal of Wildland Fire*. 17(6): 713-723.
- Pausas J. 2012. *Incendios Forestales. Una visión desde la ecología*. Colección ¿Qué sabemos de?, 32. Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la Catarata. Madrid. 119 pp.
- Vélez-Muñoz R. 2009. *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*. 2ª edición. Mcgraw-Hill. 864 pp.



ANEXO I Matriz de afectación de los diferentes tipos de incendios sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat

Tabla I. 1 Afección de diferentes tipologías de incendios (alta o baja intensidad y alta o baja recurrencia) sobre la superficie ocupada por los tipos de hábitat de bosque de la Cartografía de los Tipos de Hábitat Forestales de España 1:50.000 (CHFE50). Fuente: elaboración propia.

Características de los tipos de hábitat			Características de los incendios			
Código CHFE50	Especie característica del tipo de hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
11MX_15a	<i>Arbutus unedo</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11MX_15b	<i>Erica arborea</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
11MX_16	<i>Juniperus thurifera</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
11MX_17	<i>Olea europaea sylvestris</i> y <i>Pistacia atlantica</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
111R42	<i>Phoenix canariensis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
2113	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
111MN_11	<i>Pinus uncinata</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_12	<i>Pinus sylvestris</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_13	<i>Abies alba</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_21	<i>Quercus robur</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
111MN_22	<i>Fagus sylvatica</i>	Rebrotadora 70% de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
111MN_24	<i>Betula pendula</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
111MN_31	<i>Quercus faginea</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas y de la raíz	No	No	Sí	No
111MN_32	<i>Quercus pyrenaica</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
111MN_32	<i>Quercus pyrenaica</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
111MN_43	<i>Quercus suber</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
111MN_51	<i>Pinus nigra</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_62	<i>Pinus pinaster</i>	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas aéreo	No	No	Sí	No
111MN_63	<i>Pinus pinea</i>	Germinadora estimulada por calor. No serótina	Sí	No	Sí	No
111MN_64	<i>Pinus halepensis</i>	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas aéreo	No	No	Sí	No

Continúa en la siguiente página ►



Características de los tipos de hábitat			Características de los incendios			
Código CHFE50	Especie característica del tipo de hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
111MN_41 y 111MN_42	<i>Quercus ilex</i>	Rebrotadora del cuello de la raíz	No	No	Sí	No
111251	<i>Ilex aquifolium</i>	Rebrotadora 70%. Yemas en las raíces	Sí	No	Sí	No
113123	<i>Erica arborea</i> y <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
113125	<i>Cytisus oromediterraneus</i> y <i>Erica arborea</i>	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
212131	<i>Ulex europaeus</i> y <i>Erica cinerea</i>	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
212132	<i>Erica arborea</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
212133	<i>Genista florida</i>	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas en suelo	No	No	Sí	No
1131124	<i>Genista hispanica occidentalis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
2121121	<i>Cistus</i> spp.	Germinadora estimulada por calor. Banco de semillas en suelo	No	No	Sí	No
2121126	<i>Stahelina dubia</i>	Rebrotadora de yemas epicórmicas	Sí	No	Sí	No
21211212	<i>Stauracanthus genistoides</i>	?	?	?	?	?
21211213	<i>Ulex australis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
1234	<i>Helianthemum</i> spp.	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
1235	<i>Lepidion subulati</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
1236	<i>Teucrium</i> spp	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No
2112	<i>Erica arborea</i>	Rebrotadora de lignotubérculo	No	No	Sí	No
2116	<i>Rhamnus crenulata</i>	?	?	?	?	?
3216	<i>Fraxinus</i> spp. Dehesa	Rebrotadora de raíz. Dehesa	-	No	Sí	No
111MN_11	<i>Pinus uncinata</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
31	<i>Castanea sativa</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
11 MN_52	<i>Abies pinsapo</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_61	<i>Juniperus phoenicea</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
111MN_71	<i>Pinus canariensis</i>	Rebrotadora	No	No	Sí	No
11222	<i>Retama monosperma</i>	?	?	?	?	?
11341	<i>Cytisus oromediterraneus</i>	Rebrotadora y germinadora	No	No	Sí	No

Continúa en la siguiente página ►



Características de los tipos de hábitat			Características de los incendios			
Código CHFE50	Especie característica del tipo de hábitat	Rasgos funcionales referentes a los incendios	Alta intensidad	Baja intensidad	Alta recurrencia	Baja recurrencia
12331	<i>Salsola vermiculata</i>	?	?	?	?	?
12332	<i>Atriplex glauca</i>	?	?	?	?	?
12333	<i>Helichrysum</i> spp.	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
12371	<i>Launaea arborescens</i>	?	?	?	?	?
12372	<i>Artemisia thuscula</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
12374	<i>Salsola vermiculata</i>	?	?	?	?	?
21221	<i>Euphorbia regis-jubae</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
3212	<i>Quercus pyrenaica</i> Dehesa	Rebrotadora de lignotubérculo. Dehesa	-	No	Sí	No
3213	<i>Quercus suber</i> . Dehesa	Rebrotadora de yemas epicórmicas. Dehesa	-	No	Sí	No
3211	<i>Quercus ilex</i> . Dehesa	Rebrotadora de cuello de la raíz. Dehesa	-	No	Sí	No
111252	<i>Tilia</i> spp.	?	?	?	?	?
111253	<i>Taxus baccata</i>	?	?	?	?	?
112211	<i>Euphorbia balsamifera</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
112212	<i>Euphorbia canariensis</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
113111	<i>Juniperus sabina</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí
113121	<i>Juniperus communis</i>	Sensible al fuego	Sí	Sí	Sí	Sí