

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica.



Outubro 2018

Autores

M. Conceição Colaço

Francisco Castro Rego

CEABN-InBIO, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.

Sandra Sánchez García

Elena Canga Libano

CETEMAS (Centro Tecnológico Forestal de la Madera)

Pumarabule s/n, Carbayín 33936, Siero. Asturias. España.

Enrique Jiménez Carmona

José M. Fernández Alonso

Cristina Fernández Filgueira

CIF-Lourizán (INGACAL)

Carretera Marín km 3.5, 36153 Pontevedra. España

Alejandro Cantero Amiano

HAZI Fundazioa

Granja Modelo de Arkaute s/n, 01002 Vitoria-Gasteiz

Índice

Palavras introdutórias	1
Capítulo 1. As estatísticas dos incêndios florestais: uma ferramenta de planeamento	3
1.1 Introdução	3
1.2 Fontes de Informação	3
1.3 Número de incendios y superficies afectadas.....	5
1.4 Causas de los incendios.....	14
1.5 Considerações finais.....	20
Capítulo 2. Meteorologia: A componente dinâmica no risco de incêndio florestal	23
2.1 Introdução	23
2.2 El Norte de España	23
2.3 Portugal	28
2.4 Em modo de resumo	32
2.5 Fuentes de información meteorológica	32
2.6 Bibliografía	33
Capítulo 3. Mapas de Combustibles.....	36
3.1 Introducción	36
3.2 Sistemas de clasificación de modelos de combustible	36
3.3 Cartografía forestal básica a nivel estatal	38
3.4 Nuevas tecnologías	39
3.5 Metodología: creación de mapas de combustible a partir de datos LiDAR	41
3.6 Aplicación de la metodología: proceso y salidas gráficas.	45
3.7 Futura validación del método y retroalimentación de información	47
3.8 Bibliografía	47
Capítulo 4. Ferramentas de simulação.....	50
4.1 Introducción	50
4.2 Farsite.....	52
4.3 Flammap.....	54
4.4 Landscape Treatment Designer.....	57
4.5 Bibliografía	58

Capítulo 5. A dimensão social a incluir num plano de risco.....	62
5.1 Componente social dos incêndios florestais.....	62
5.2 Actuar na diminuição das ignições: Probabilidade do evento ocorrer	63
5.3 Actuar sobre a vulnerabilidade social	64
5.4 Actuar sobre o prejuízo potencial	68
5.5 Os actores.....	68
5.6 Motivações para a actuação no terreno: Gestão do risco	69
5.7 Considerações finais.....	70
5.8 Mais informação diversa	70
5.9 Bibliografia	71

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estatísticas gerais acumuladas dos incêndios nas 4 regiões autónomas: Galiza, Astúrias, Cantábria, País Basco para o período entre 1980-2015.....	5
Tabela 2 – Estatísticas gerais acumuladas dos incêndios em Portugal para o período entre 2003-2017	11
Tabela 3 – Número de ocorrências por tipo de causa	14
Tabela 4– Área ardida por tipo de causa	14
Tabela 5 – Motivações dos incêndios com tipo de causa Intencionado	16
Tabela 6 - Número de ocorrências investigadas e a correspondente área ardida tanto em valor absoluto como em percentagem para o período de 2003 a 2017.....	17
Tabela 7 - Classes de valor de DSR e o grau de severidade meteorológica correspondente.	29
Tabela 8 - Conjunto de indicadores que influenciam a vulnerabilidade social.....	66
Tabela 9 - Factores que influenciam a decisão de preparar ou não preparar para mitigação dos IF.	69

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolución de la superficie total quemada (ha).....	6
Figura 2 - Evolución del número de incendios registrados	7
Figura 3 -Evolución de la superficie media de los incendios registrados cada año (ha)	7
Figura 4 - Evolución de la duración media de los incendios: tiempo medio entre detección y extinción (horas)	7
Figura 5 - Duración media de los incendios: superficie media quemada por mes (ha)	8
Figura 6 - Duración media de los incendios: tiempo medio entre detección y extinción (horas)	8
Figura 7 -Evolución anual de la superficie total quemada por GIF (ha)	9
Figura 8 - Evolución anual del número de GIF	9
Figura 9 -Número de GIF según mes	9
Figura 10 - Duración media de los GIF según mes: tiempo medio entre detección y extinción (horas)	10
Figura 11 - Evolución de la duración media de los GIF: tiempo medio entre detección y extinción (horas)	10
Figura 12 – Evolução do número de ocorrências e das áreas ardidas por tipo de solo no período de 2003 a 2017	11
Figura 13 – Média da duração dos incêndios para o período de 2003 a 2017.	12
Figura 14 - Evolução do número de grandes incêndios (GIF) por classe de área ardida para o período de 2003 a 2017	12
Figura 15 – Área ardida nos GIF por categorias de dimensão de área (ha) no período de 2003-2017.....	13
Figura 16 – Percentagem de área ardida de todos os incêndios ocorridos no período de 2003-2017, agregados por categorias de dimensão de área	13
Figura 17 - Evolución de la superficie total quemada según causa (ha)	15
Figura 18 - Evolución del número de incendios registrados según causa.....	15
Figura 19 - Evolución de la superficie media de los incendios registrados según causa (ha)	15
Figura 20 - Evolución de la duración media de incendios: tiempo medio entre detección y extinción según causa (h)	16
Figura 21 - Percentagens de causas das ocorrências investigadas e determinadas de 2003 a 2017.....	18
Figura 22 – Percentagem de ignições por tipo de causa e classe de DSR (período 2003-2017). 19	
Figura 23 – Percentagem área ardida por tipo de causa e classe de DSR (período 2003-2017) 19	

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Figura 24 – Impacto médio da área ardida por tipo de causa e classe de DSR (período 2003-2017)	20
Figura 25 - Superficie total quemada por mes (ha).....	24
Figura 26 - Número total de incendios registrados según mes	24
Figura 27 - Superficie total quemada en hectáreas (a) y Número total de incendios registrados (b) según rango de Temperatura máxima en ° C.....	25
Figura 28 - Superficie media quemada en hectáreas según rango de Temperatura máxima en ° C (ha)	25
Figura 29 - Superficie total quemada en hectáreas (a) y Número total de incendios registrados (b) según rango de Velocidad del Viento en km/h.....	26
Figura 30 - Superficie media quemada según rango de Velocidad del Viento en km/h (ha).....	26
Figura 31 - Superficie total quemada en hectareas (a) y número total de incendios registrados (b)según Dirección del Viento	26
Figura 32 - Superficie media quemada según Dirección del Viento (ha)	27
Figura 33 - Número total de incendios registrados según Índice de Peligro Meteorológico (Prealerta=1; Alerta=2; Alarma=3 y Alarma extrema=4)	27
Figura 34 - Número total de incendios registrados según Índice de Peligro Meteorológico y según meses.....	28
Figura 35 - Número de igniões por mês (barras) para o período de 2003-2017 e a média mensal (linha). (Adapt. Colaço et al., 2015)	28
Figura 36 - Número de días no ano por cada grau de Severidade Meteorológica	30
Figura 37 - Número médio de igniões por dia e por classe de DSR no período de 2003-2017. 30	
Figura 38 - Área ardida (hectares) por classe de DSR para o período de 2003-2017 (os valores no topo das colunas representam a área ardida na classe de DSR mais elevada).	31
Figura 39 - Esquema de trabajo a través de la herramienta Molder Builder del programa ArcGis.	44
Figura 40 - Modelos de combustible. Escala municipal. Concejo “Ibias”	46
Figura 41 - Modelos de combustible. Escala rodal. MUP Valcarcel.	46
Figura 42 - Simulación mediante el modelo físico HIGRAD/FIRETEC de la interacción entre dos frentes de fuego (Dupuy et al. 2011)	51
Figura 43 - Visualización de la simulación de un caso de estudio mediante el programa Farsite.....	53
Figura 44 - Determinación de los principales vectores de propagación (Fire Paths) en un área de estudio mediante Flammap	55
Figura 45 - Determinación de la variación espacial de la velocidad de propagación en el área de estudio mediante Flammap	56

Figura 46 - Determinación de área contigua que maximiza la función objetivo sin exceder las restricciones de tratamiento – opción agregado (izquierda) y localización de los polígonos que maximizan la función objetivo dentro de las restricciones de tratamiento, sin tener en cuenta su relación espacial – opción no agregado (derecha) mediante LTD.....	58
Figura 47 - Modelo conceptual de risco de incêndio com os campos de intervenção (laranja) para a sua diminuição (adaptado de Colaço, 2017 e Pardellas Santiago et al., 2018).....	62
Figura 48 - Achismos vs evidência científica (retirado facebook, créditos: Lucasprudeencio)...	65
Figura 49 - Programa Aldeia Segura Pessoas Seguras (Portugal): www.aldeiasegura.pt	66
Figura 50 - Índice de envejecimiento medio de cada municipio (%) no ano de 2011	67
Figura 51 - Índice de envejecimiento medio de cada municipio para o ano de 2017 (Fonte: Instituto Nacional Estatística).	68

Palavras introdutórias

Serve este capítulo para introduzir o conteúdo deste Guia de Boas Práticas intitulado: “Planes de riesgo de incendio – un lenguaje común para la Península Ibérica”.

Enquadrado no projecto “PLURIFOR – Planos Transnacionais para a Gestão dos Riscos Florestais” do programa INTERREG SUDOE, o seu conteúdo resulta de uma primeira análise realizada sobre os planos de risco de incêndio florestal de Portugal, Galiza, Astúrias e País Basco. Através de diversas entrevistas a actores chave nos dois países, identificaram-se as principais forças e fraquezas nos diferentes planos. Como resultado escreveu-se este guia com as melhores práticas relativas a diferentes componentes do risco de incêndio florestal que devem ser tomadas em consideração na elaboração dos planos de risco de incêndio.

O objectivo principal deste guia é a descrição dos principais temas e conteúdos que deveriam constar nos planos de risco de incêndio florestal numa escala transnacional, tendo como finalidade a partilha de uma linguagem técnica comum entre os gestores implicados no risco de incêndio, otimizando e melhorando a eficiência dos planos nos dois países.

Não se pretendeu ser exaustivo, mas sim alertar para algumas temáticas referenciadas como deficitárias em Portugal ou nalguma Região Autónoma Espanhola estudada. Igualmente os conteúdos centram-se principalmente no campo da prevenção e não do combate.

O guia consiste em cinco capítulos. O primeiro, “As estatísticas dos incêndios florestais: uma ferramenta de planeamento” aborda as possíveis fontes de dados a utilizar nas diversas regiões, bem como procura contextualizar os números referentes aos incêndios, seus impactos e suas causas. Sem um conhecimento aprofundado da realidade em cada região, as acções preventivas passam a ser generalizadas sem ir ao foco do problema.

O segundo capítulo trabalha a “Meteorologia: A componente dinâmica no risco de incêndio florestal”. Os incêndios florestais ou rurais como se começaram a nomear em Portugal a partir de 2018, estão intimamente ligados à meteorologia. Esta é a componente temporal, a qual em conjunto com a componente espacial (capítulo 3) permite avaliar o risco de incêndio num determinado espaço. Assim, neste capítulo 2 ficamos a conhecer quais as alturas do ano em média mais perigosas para cada região, o que, em termos de cooperação transnacional e inter-regional ajuda a criar épocas para intercâmbio de técnicos, meios, aproveitando o desfasamento do perigo ao longo do ano.

O capítulo 3 dedica-se à elaboração dos mapas de combustíveis. Para o planeamento, esta informação é fundamental. As características dos combustíveis florestais presentes no território têm um papel predominante no comportamento do incêndio. Neste capítulo exploram-se os diferentes tipos de informação e ferramentas chave para a criação de mapas de combustíveis, desde técnicas mais tradicionais até à utilização de novas tecnologias como o LiDAR. Conclui-se com uma aplicação prática da metodologia utilizando os dados LiDAR à escala municipal na região das Astúrias.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Proseguimos com a utilização das novas tecnologias no capítulo 4 o qual se intitula “Ferramentas de simulação”. A utilização de simuladores e modelos de comportamento do incêndio permite obter informação sobre quais são as áreas com maior probabilidade de ocorrer um incêndio, assim como em caso de incêndio, quais as zonas em que este seria mais intenso e com maior impacto. Neste capítulo descrevem-se os diferentes tipos de simuladores, suas potencialidades e qual a informação de base necessária para a sua utilização correcta, tais como a informação cartográfica realista dos combustíveis florestais presentes (capítulo 3).

O quinto capítulo fecha o círculo da prevenção debatendo a “Dimensão social a incluir num plano de risco”. Apresenta-se um modelo conceptual de risco de incêndio salientando quais são os campos de intervenção sob os quais se pode actuar para redução deste risco. Questões sobre a vulnerabilidade social, as motivações da população para actuar ou não no campo da prevenção, a importância da educação ambiental para reduzir o número de ignições e a necessidade de uma educação para a redução do risco com vista à autoprotecção das populações são alguns dos temas abordados. Termina-se com alguns exemplos de boas práticas em projectos de prevenção de incêndios florestais em que se trabalha com as comunidades para o bem comum.

Com estes 5 capítulos abarcam-se a componente espacial, temporal e social, fechando-se o ciclo da prevenção.

Sendo este projecto internacional e dedicado aos planos transnacionais não podemos deixar de salientar a falta de uma política comum em relação à gestão do incêndio florestal ao nível da União Europeia. A preocupação relacionada com os incêndios florestais e seus impactos existe e foram criadas uma série de medidas para apoiar as florestas e silvicultura. Diversas Direcções-Gerais da Comissão Europeia estão envolvidas no desenvolvimento e acompanhamento de medidas no domínio da informação, prevenção, combate a incêndios e recuperação de áreas queimadas. Porém, todas estas medidas são dispersas e são os países membros da União Europeia que determinam as medidas que devem ser tomadas a nível nacional e regional para fazer frente aos incêndios florestais. Esta diversidade de medidas a qual é positiva pois procura ir à especificidade local, pode ser no entanto uma barreira à boa cooperação transnacional principalmente quando a linguagem técnica não é comum, podendo inviabilizar trabalhos conjuntos entre países e regiões. Este guia pretende ser um pequeno contributo ao procurar harmonizar a linguagem técnica na Península Ibérica.

Não queremos deixar de salientar que no caso do combate a incêndios, a União Europeia através do Mecanismo Europeu de Protecção Civil apoia os diversos países quando os incêndios tomam proporções elevadas. No entanto, no campo da prevenção, através por exemplo de intercâmbio de técnicos e práticas, implementação de medidas preventivas no terreno ou planos comuns de risco de incêndio na zona fronteiriça, não existe nenhum mecanismo europeu que apoie este tipo de acções. Esta começa a ser uma necessidade evidente, a qual poderia ser colmatada com uma directiva europeia ou mecanismo europeu para a gestão integrada dos incêndios florestais, o qual permitiria quebrar barreiras e potenciar parcerias para fazer frente aos incêndios florestais na Europa.

Capítulo 1.

As estatísticas dos incêndios florestais: uma ferramenta de planeamento

M. Conceição Colaço, Alejandro Cantero, Francisco C. Rego

1.1 Introdução

Este capítulo procura apresentar as estatísticas disponíveis dos incêndios florestais em Portugal e no Norte de Espanha. Assim torna-se possível contextualizar os dois países quanto ao número de incêndios florestais, seu impacto em termos de área ardida e as suas causas. O conhecimento destas tendências permite ao leitor atuar em termos de prevenção e planeamento não só a nível local como regional.

1.2 Fontes de Informação

Norte de Espanha

El artículo 28 de la Ley de Montes 43/2003 otorga al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), a través de su Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal, la coordinación de la elaboración de la Estadística Forestal española, junto con los demás órganos competentes de la Administración General del Estado y las comunidades autónomas. Dentro de la estadística forestal española se incluyen los incendios forestales, de los que existe desde 1968 una base de datos de ámbito nacional. El Área de Defensa contra Incendios Forestales (ADCIF) del MAPAMA es el organismo encargado de homogeneizar, mantener, elaborar y publicar esta estadística, a partir de la información que remiten las comunidades autónomas, de cada uno de los siniestros forestales que ocurren en nuestro país.

La estadística definitiva se obtiene del proceso informático de los Partes de Incendio Forestal. El Parte de Incendio Forestal es un formulario que recoge para cada incendio más de 150 campos de datos y en papel supone al menos 4 páginas. Las dos primeras hojas contiene los Datos Generales del Incendio, (en adelante y por simplificación, nos referiremos a él como Parte de Incendio o P.I.). Las siguientes hojas del parte contienen los Datos Particulares de cada Monte afectado por el incendio (Parte de Monte o P.M.).

Para hacer posible este proceso, las comunidades autónomas CC.AA. han de introducir en la aplicación informática creada por el MAPAMA, antes del tercer cuatrimestre de cada año, la información estadística referente a los incendios acontecidos el año anterior. La grabación de estos formularios y su explotación permite obtener la Estadística definitiva (EGIF), a través de la Base de Datos Nacional de Incendios Forestales, y así se elabora la publicación anual disponible en Internet, en la *web* de MAPAMA.

La estadística de incendios forestales permite crear una extensa base de datos, que constituye una herramienta básica e imprescindible para la planificación, tanto en prevención como en extinción de incendios forestales. Para poder elaborar una estadística correcta, que permita obtener conclusiones válidas, es preciso que la información de partida sea real y completa. Hay

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

que recordar que incendio forestal se define como “fuego que avanza sin control sobre terreno forestal afectando a vegetación que no estaba destinada a arder”¹. De esta definición debe entenderse que para que un fuego sea considerado incendio forestal debe afectar necesariamente a terreno forestal, arbolado o no.

Por tanto, para poder realizar el análisis de los incendios históricos en la Cornisa Cantábrica se han empleado los datos suministrados por la citada Área de Defensa Contra Incendios Forestales del MAPAMA. El formato de la base de datos es el de la aplicación antigua EGIFW (Windows) y que no se corresponde exactamente con la estructura de la que existe en la nueva EGIFWEB. El periodo de datos solicitados y disponibles es 1980-2015 para las comunidades cantábricas (Asturias, Cantabria y País Vasco), excepto Galicia que sí comprende el año 2016. No se ha contabilizado el periodo 1968-1979 porque no todas las provincias cuentan con datos y porque la situación forestal y socio-económica ha variado desde entonces.

El volumen de datos manejado es enorme, con más de 300.000 incendios analizados, aunque los Partes antiguos adolecen en algunos casos de la falta puntual de datos y, aunque han pasado por un proceso de depuración, aparecen algunos datos erróneos que no se han tenido en cuenta.

Portugal

Em Portugal existe desde 2001 o Sistema de Gestão da Informação de Incêndios Florestais (SGIF), sendo competência do Instituto para a Conservação da Natureza e Florestas (ICNF) a sua manutenção à escala nacional, e os registos das áreas ardidas (Lei nº76/2017). Os dados das ocorrências (localização, tipologia quanto ao uso do solo, 1ª intervenção, extinção, entre outros) são fornecidos ao SGIF pela Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). A investigação das causas dos incêndios e dados de detecção, bem como a validação das áreas ardidas e seu levantamento cartográfico são competência da Guarda Nacional Republicana (GNR) tendo enquadramento legal através do Decreto-Lei n.º22/2006, de 2 de fevereiro. As Câmaras Municipais, por decreto lei n.º 55/2007, de 12 de Março, deverão colaborar no levantamento cartográfico das áreas ardidas podendo inserir directamente no SGIF, sendo posteriormente validado.

Os dados anteriores a 2001 podem encontrar-se em relatórios anuais realizados pelo actual ICNF. É possível encontrar dados fiáveis a partir de 1980, mas até essa data os registos eram bastante escassos e oficialmente só eram recolhidos se atingissem os perímetros florestais públicos ou comunitários, não sendo por isso possível perceber-se a sua real dimensão (Natário, 1997).

No âmbito deste documento serão utilizados os dados referentes ao período entre 2003 e 2017 com vista a ter a base de dados mais completa em termos de causalidade e meteorologia associada. O endereço web para o SGIF a qual tem uma área pública que disponibiliza a

¹ Definición de incendio forestal según la *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*.

informação sobre os incêndios florestais em Portugal é o seguinte:
<https://fogos.icnf.pt/sgif2010/login.asp>

No contexto do SGIF, a classificação das ocorrências obedece a várias regras. Assim, uma ocorrência deve ser classificada como agrícola, sempre que a área florestal não iguale ou exceda 1 ha e a área agrícola seja maior que a área florestal. Terá a mesma classificação de agrícola sempre que a área florestal seja nula e a área agrícola seja não nula. As ocorrências são classificadas como florestais sempre que a área florestal iguale ou exceda 1 ha. Desde o ano de 2017 os incêndios passam a denominar-se incêndios rurais e não incêndios florestais, pois apesar de afectarem em grande proporção os espaços florestais, áreas agrícolas e de mato são igualmente afectadas.

1.3 Número de incendios y superficies afectadas

Norte de Espanha

Los siguientes cuadros muestran la magnitud del problema que suponen los incendios forestales en estos 36 años analizados. El porcentaje de la superficie quemada de propiedad particular ha sido, como media, del 66%, aunque en Galicia ha alcanzado el 79%. Según datos del Ministerio, los porcentajes de titularidad forestal privada oscilan entre el 28% de Cantabria, el 56% de Asturias y País Vasco y casi el 98% en Galicia.

Tabela 1 - Estatísticas gerais acumuladas dos incêndios nas 4 regiões autónomas: Galiza, Astúrias, Cantábria, País Basco para o período entre 1980-2015.

CC.AA	Nº de conatos (Sup.<1 ha)	Sup. de conatos (Sup.<1 ha)	Nº de incendios (Sup.>=1 ha)	Sup. de incendios (Sup.>=1 ha)
Galicia	88.466	31.673	147.131	1.345.903
Asturias	28.273	5.509	15.820	413.783
Cantabria	12.948	924	2.103	190.409
País Vasco	3.487	895	2.687	39.231
Total Norte	133.174	39.001	167.741	1.989.326

CC.AA	Nº Total de incendios (conatos+Inc)	Sup. Forestal (ha)	Sup. No Forestal (ha)	Sup. Total quemada (ha)
Galicia	235.597	1.364.894	12.681	1.377.576
Asturias	44.093	419.133	159	419.292
Cantabria	15.051	190.522	811	191.333
País Vasco	6.174	38.615	1.511	40.126
Total Norte	300.915	2.013.165	15.162	2.028.327

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

CC.AA	Sup. arbolada (ha)	Sup. desarbolada (ha)	Sup. media quemada (ha/inc)
Galicia	494.540	870.354	5,85
Asturias	125.916	293.217	9,51
Cantabria	33.166	157.356	12,71
País Vasco	21.080	17.535	6,50
Total Norte	674.701	1.338.463	6,74

CC.AA	Sup. Total quemada (ha)	Sup. Total geográfica (km2)	Porc. Total quemado (%)
Galicia	1.377.576	29.574	46,58
Asturias	419.292	10.604	39,54
Cantabria	191.333	5.321	35,96
País Vasco	40.126	7.235	5,55
Total Norte	2.028.327	52.734	38,46

Este valor de Porcentaje de la superficie total quemada intenta simbolizar en % la magnitud de las superficies quemadas sobre el total geográfico de cada Comunidad Autónoma. Es evidente que los incendios forestales se concentran en la superficie forestal y que en 36 años un mismo monte ha podido arder varias veces, pero esa magnitud intenta expresar la mayor probabilidad de sufrir un incendio forestal en Galicia, Asturias o Cantabria frente al País Vasco.

En las estadísticas del MAPAMA se cita a la región noroeste, que comprende Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y las provincias de León y de Zamora, como la de mayor riesgo forestal de España. Ha habido años, como el reciente 2017, donde esta región ha concentrado la mitad de los fuegos, tres cuartas partes de la superficie forestal y más del 65 por ciento de la superficie arbolada quemada en España. En el presente informe no se ha incluido León ni Zamora, debido a que pertenecen a Castilla y León.

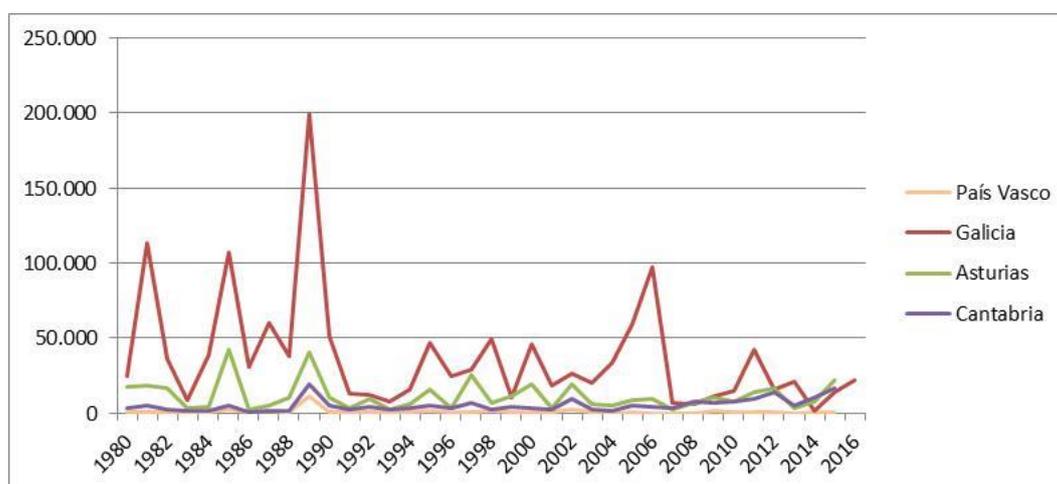


Figura 1 - Evolución de la superficie total quemada (ha)

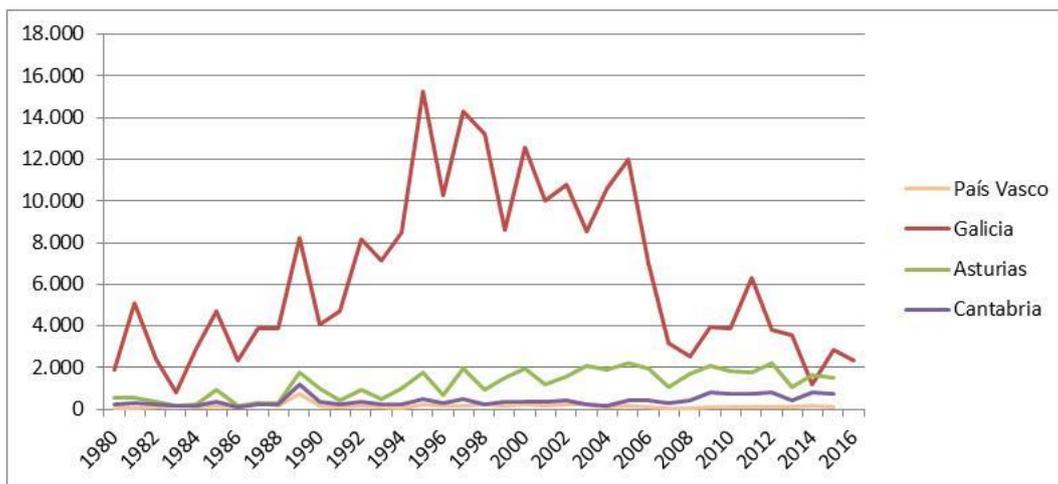


Figura 2 - Evolución del número de incendios registrados

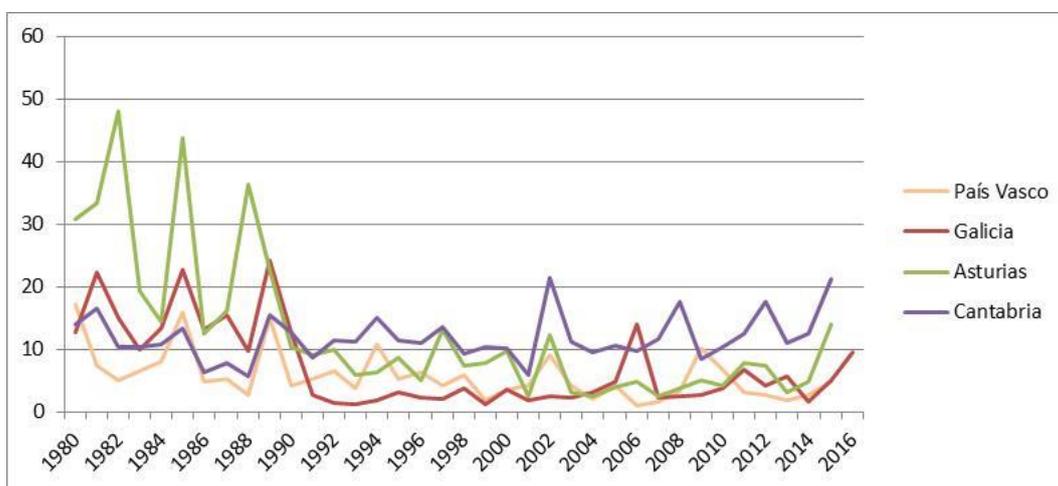


Figura 3 -Evolución de la superficie media de los incendios registrados cada año (ha)

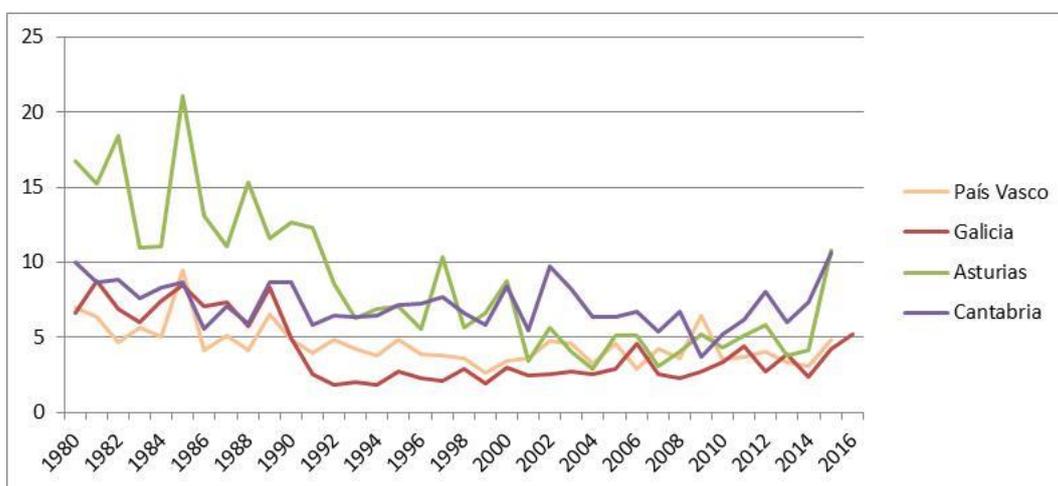


Figura 4 - Evolución de la duración media de los incendios: tiempo medio entre detección y extinción (horas)

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Magnitud media de los incendios

Las estadísticas oficiales asignan una estimación del impacto causado por cada incendio, tanto a nivel económico como a nivel ecológico. Debido a la variación de los métodos seguidos, al cambio de moneda y a la inflación del valor económico, se ha preferido centrar el análisis únicamente en las superficies afectadas.

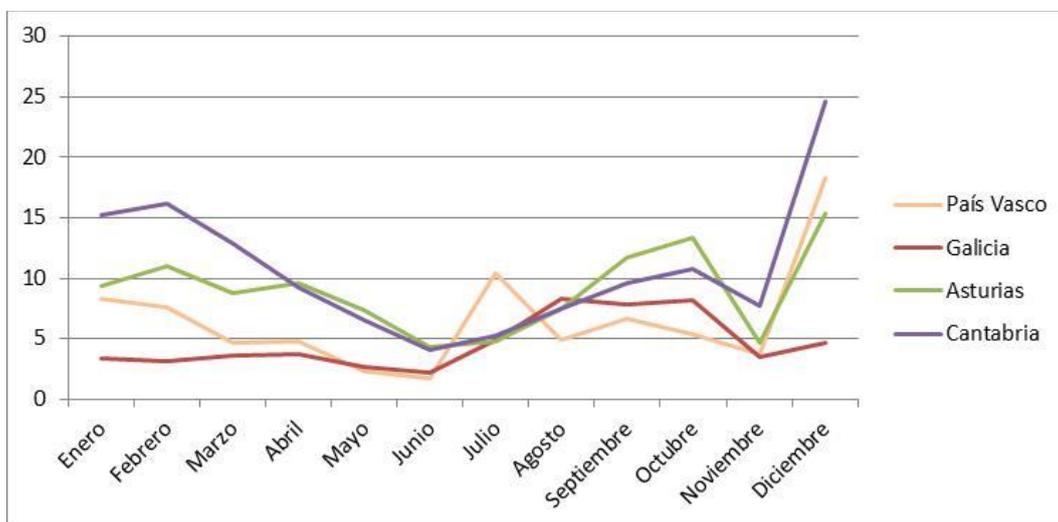


Figura 5 - Duración media de los incendios: superficie media quemada por mes (ha)

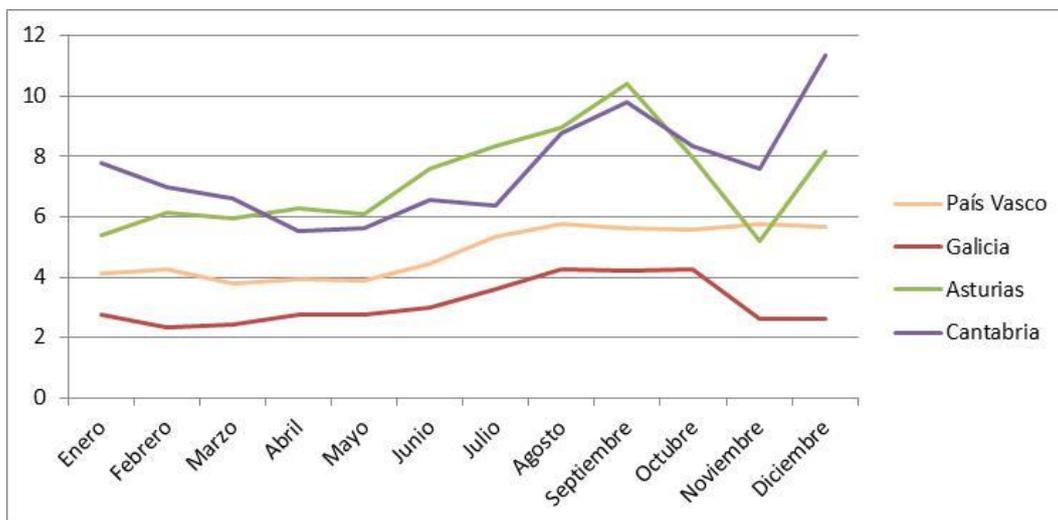


Figura 6 - Duración media de los incendios: tiempo medio entre detección y extinción (horas)

Grandes incendios

Se consideran grandes incendios forestales (GIF) a los que afecten al menos a 500 ha. En el periodo analizado se han registrado 337 GIF, más o menos 10 de ellos por año y 257 de ellos (76%) en Galicia.

Los GIF no hacen referencia solamente a sus dimensiones, sino también a su gran intensidad (con longitudes de llamas de más de 2 metros de altura) y velocidad de propagación mayor de 3 km/h). Estas condiciones suelen sobrepasar los límites de la capacidad de extinción de los

medios disponibles y, además, no suelen presentar un frente lineal, sino varios focos inconexos que al crecer interaccionan y hacen aumentar la intensidad del incendio.

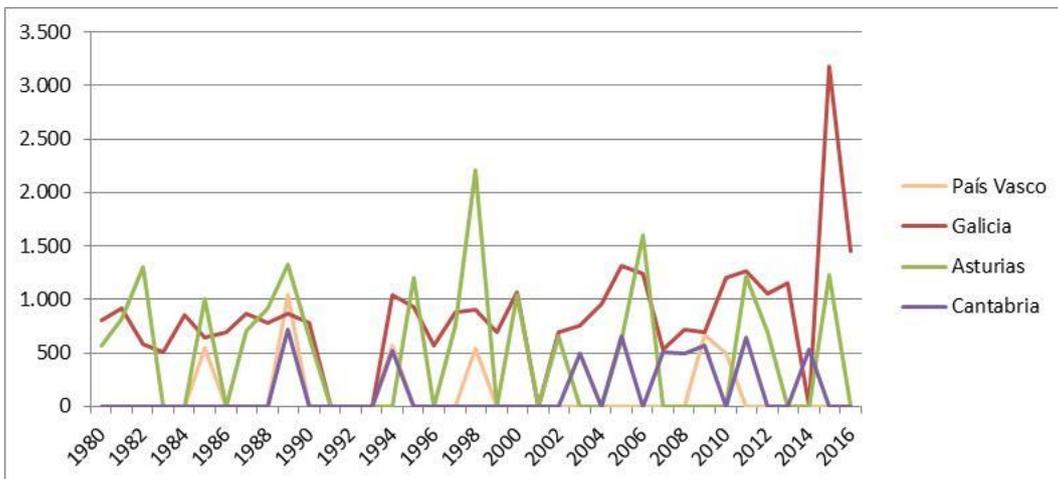


Figura 7 -Evolución anual de la superficie total quemada por GIF (ha)

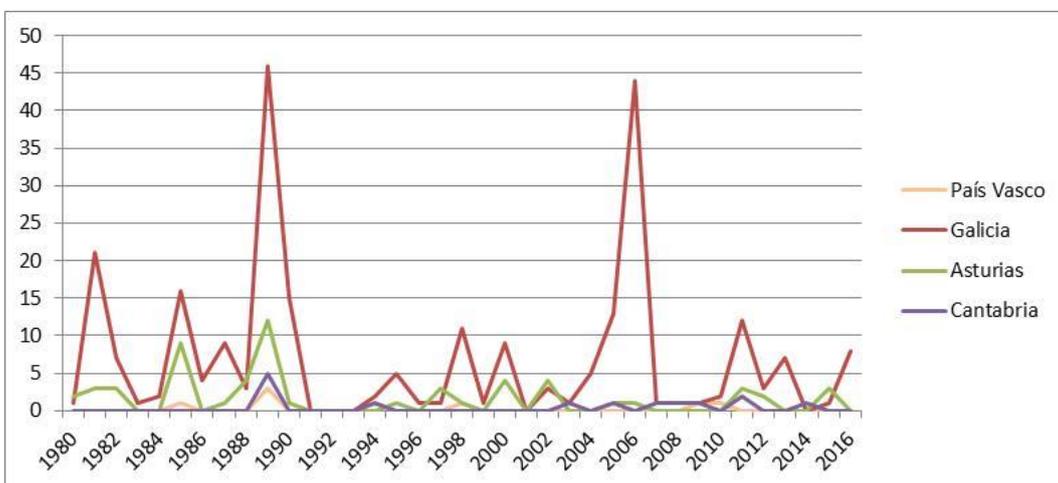


Figura 8 - Evolución anual del número de GIF

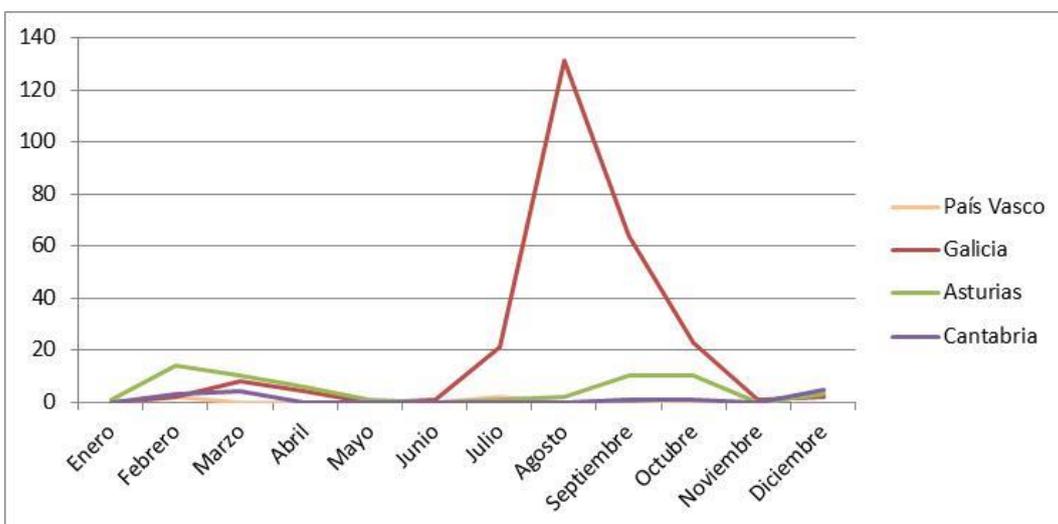


Figura 9 -Número de GIF según mes

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

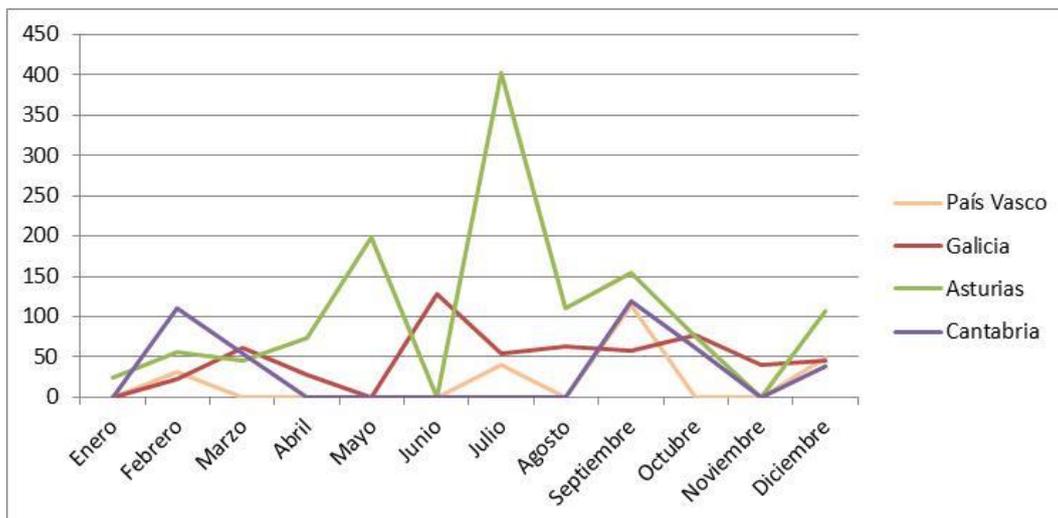


Figura 10 - Duración media de los GIF según mes: tiempo medio entre detección y extinción (horas)

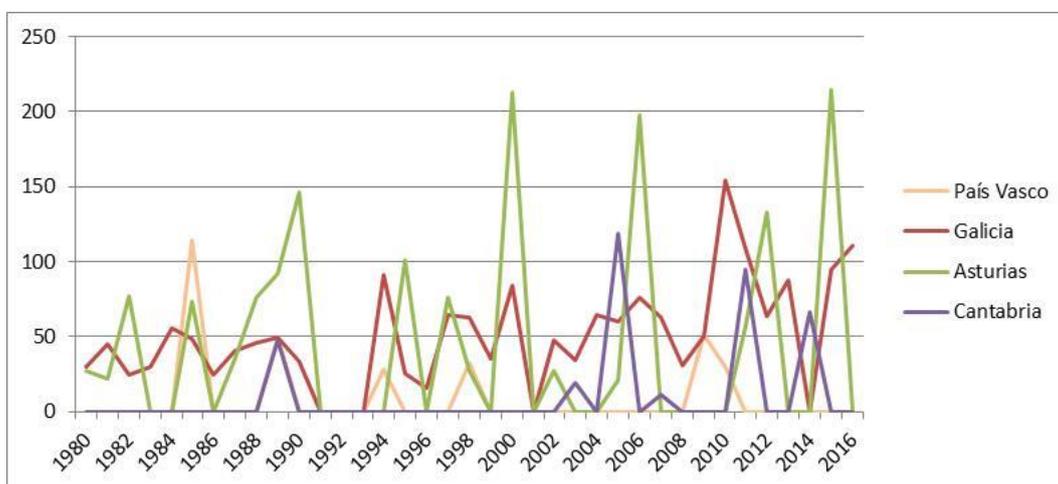


Figura 11 - Evolución de la duración media de los GIF: tiempo medio entre detección y extinción (horas)

Portugal

Em Portugal, 84,2% das florestas localizam-se em propriedade privada, 13,8% em terrenos comunitários e apenas 2% em áreas públicas (RCM nº6-B/2015). Os incêndios não conhecem fronteiras e têm afectado ao longo dos anos tanto áreas públicas como privadas. As estatísticas que se apresentam olham para o país de uma forma global não indo ao pormenor do tipo de propriedade nem ao distrito ou concelho.

Tabela 2 – Estatísticas gerais acumuladas dos incêndios em Portugal para o período entre 2003-2017

	Portugal Continental	Florestal	Matos e Pastagens	Agricultura
Área total (ha)	8.908.892	3.154.800	2.853.228	2.114.278
Área ardida acumulada (2003-2017) (ha)	2.532.532	1.268.677	1.097.838	166.017
% área ardida / tipo de ocupação de solo	28%	40%	38%	8%
nº total de incendios >1ha	62.415	nº total de fogachos <1ha	245.050	
Superfície Queimada por Incendio (ha)	41 ha	Superfície queimada média por ocorrência (inc + fog) (ha)		8 ha

A área acumulada ardida ao longo de 15 anos (2003-2017) mostra que em termos de percentagem, os incêndios já percorreram 40% da área florestal disponível e muito perto de 40% da área total de pastagens e matos disponível no país. Como seria de esperar, pelas condições de humidade e de estrutura da própria vegetação incorporada na categoria de agricultura, somente 8% de áreas agrícolas queimaram ao longo destes últimos 15 anos.

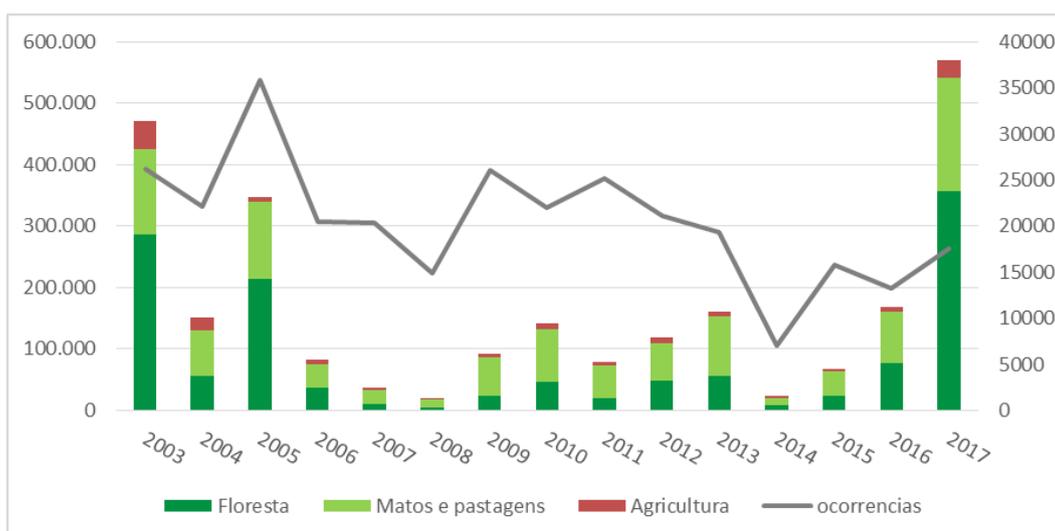


Figura 12 – Evolução do número de ocorrências e das áreas ardidas por tipo de solo no período de 2003 a 2017

A Figura 12 mostra como tem sido a evolução do número de ocorrências e das áreas ardidas por tipo de solo. Do total de ocorrências apresentadas no gráfico, uma média de 20% ultrapassam a área de 1 hectare passando para a categoria de incêndio, indiciando por isso um combate inicial de sucesso em 80% dos casos. É possível observar igualmente que nos anos em que a área ardida é maior, os incêndios queimam mais de 60% de área florestal. Ao invés, nos anos com menor valor de área ardida, são os matos e pastagens que representam a maior percentagem.

Ao analisar a área média por incêndio para cada ano, os valores acompanham a mesma forma de gráfico observado na Figura 12. Por exemplo, os anos de 2003 e 2017 são os que têm a média de área ardida por incêndio mais elevada, respectivamente 89 hectares e 153 hectares. Pelo contrário, o ano de 2007 e 2008 são os que têm a média de área ardida por incêndio mais

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

baixa, com respectivamente 10 e 8 hectares. Estes valores são expectáveis não só pela influência da meteorologia (ver capítulo METEO) mas também pelo número de grandes incêndios.

Quanto à duração dos vários incêndios, os dados mostram que em média 99% dos incêndios são extintos ao fim de 24 horas desde o alerta. A excepção ocorreu nos anos de 2003, 2005, 2016 e 2017 nos quais mais de 100 incêndios ultrapassaram o limiar das 24 horas, sendo de salientar os 8 incêndios dos anos de 2003 e 2016 e os 17 incêndios em 2017 que ultrapassaram o limiar dos 10 dias para serem extintos.

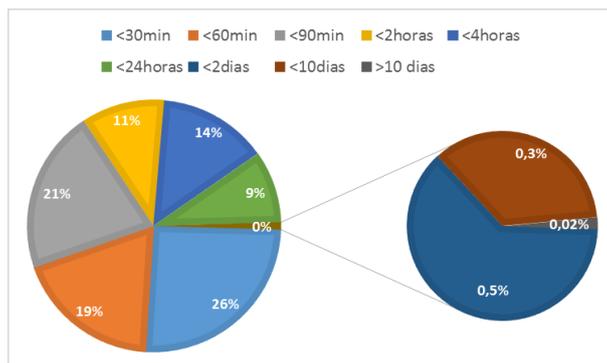


Figura 13 – Média da duração dos incêndios para o período de 2003 a 2017.

Grandes incêndios

Como referido anteriormente, de todas as ocorrências registadas, 20,3% passam a barreira de 1ha entrando na categoria de incêndio totalizando para o período entre 2003 e 2017, 62415 incêndios. Destes incêndios, 366 incluem-se na dimensão entre 500 e 999ha (0,12%), 347 encontram-se entre os 1000 e os 9999ha (0,11%) e 33 incêndios ultrapassam a área de 10.000 hectares (0,01%). A área acumulada total dos incêndios superiores a 500 hectares perfazem 71% do total da área acumulada ardida neste período com um valor de 1.801.807 ha.

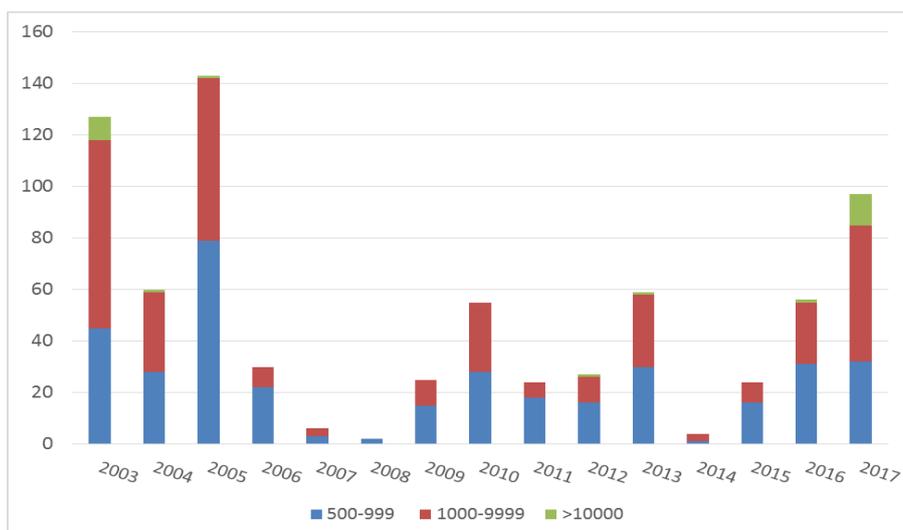


Figura 14 - Evolução do número de grandes incêndios (GIF) por classe de área ardida para o período de 2003 a 2017

A Figura 14 mostra o número de incêndios com área superior a 500 ha que ocorreram nos diferentes anos. Constata-se que 2005 foi o ano com maior número de incêndios nesta categoria (143), porém são os anos de 2003 e 2017 que detêm o maior número de GIF com dimensões superiores a 10.000 ha com respectivamente 9 e 12 incêndios.

As figuras Figura 15 e Figura 16 mostram a área afectada por categoria de GIF bem como a percentagem associada às áreas ardidas por categoria. Como esperado, são os anos mais severos em termos de área ardida (2003, 2005 e 2017) os que têm maior percentagem de área ardida pelos GIF.

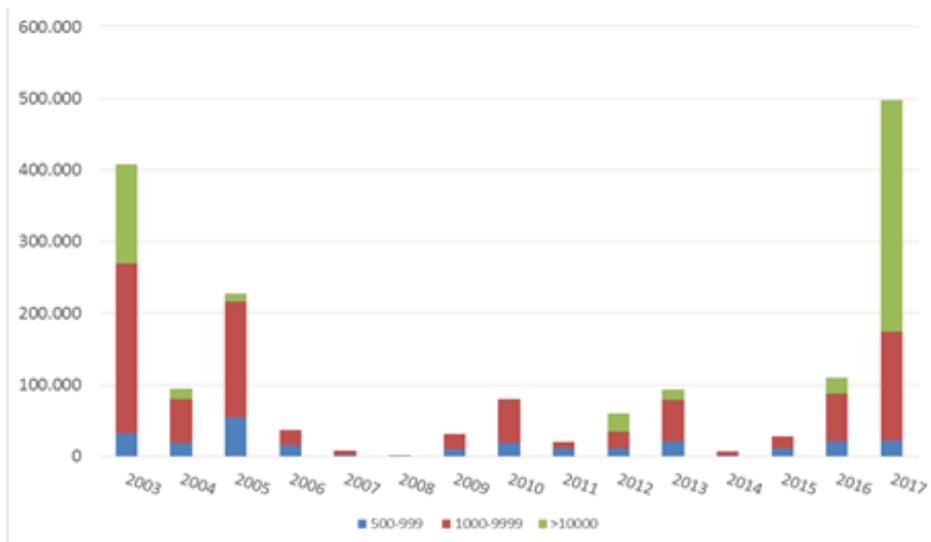


Figura 15 – Área ardida nos GIF por categorias de dimensão de área (ha) no período de 2003-2017

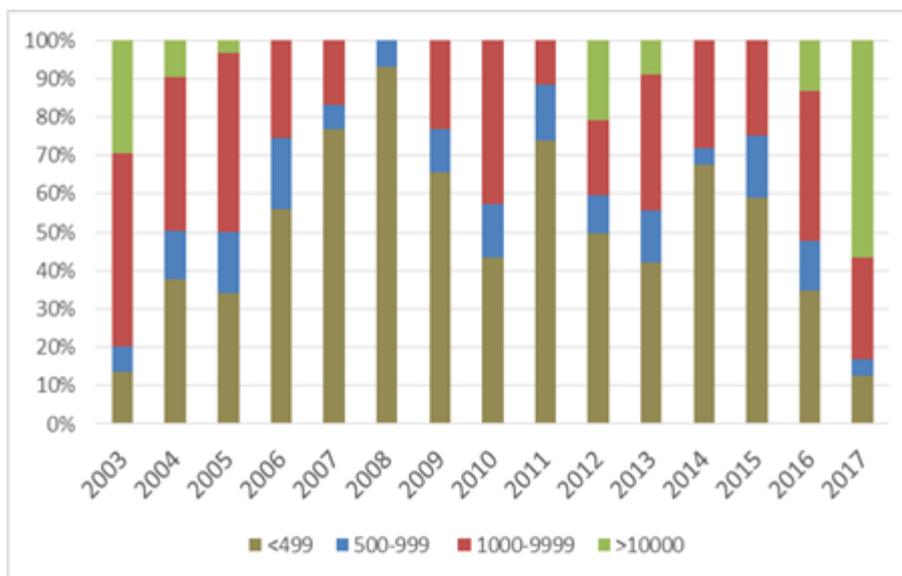


Figura 16 – Percentagem de área ardida de todos os incêndios ocorridos no período de 2003-2017, agregados por categorias de dimensão de área

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

1.4 Causas de los incendios

O conhecimento das causas dos incêndios florestais e quais os factores que condicionam o seu desenvolvimento é um passo indispensável para uma efectiva política de prevenção de incêndios. Neste subcapítulo apresentaremos quais são as causas principais de incêndios florestais nos dois países.

A leitura e comparação destes dados deve ser feita com moderação pois a classificação em Portugal é diferente na classificação de Espanha. Por exemplo, enquanto em Portugal a queima para renovação de pastagens e a queima de resíduos agrícolas estão na categoria de uso do fogo/negligente, em Espanha estas causas inserem-se na categoria de Intencionais.

Norte de Espanha

Las estadísticas oficiales también asignan una causa (cierta o supuesta) a cada incendio. Su análisis pone de manifiesto la elevada proporción de incendios intencionados (71%) o de causa desconocida (19%).

Tabela 3 – Número de ocorrências por tipo de causa

Incendios s/Causa	País Vasco	Galicia	Asturias	Cantabria	Total
Rayo	96	2.383	311	33	2.823
Líneas Elec. y Maq.	332	1.496	169	54	2.051
Negligencias	412	5.284	625	132	6.453
Quema	1.353	5.628	4.982	1.121	13.084
Intencionado	2.418	179.360	19.394	12.168	213.340
Desconocida	1.543	37.245	17.707	1.464	57.959
Reproducido	20	4.201	905	79	5.205
Total	6.174	235.597	44.093	15.051	300.915

Tabela 4– Área ardida por tipo de causa

Sup. (ha) s/Causa	País Vasco	Galicia	Asturias	Cantabria	Total ha
Rayo	364	10.600	4.150	194	15.308
Líneas Elec. y Maq.	2.755	5.238	3.421	610	12.023
Negligencias	2.207	24.117	3.200	803	30.327
Quema	5.819	18.921	22.166	10.368	57.273
Intencionado	20.319	947.807	279.747	163.032	1.410.905
Desconocida	8.581	349.726	97.292	15.879	471.477
Reproducido	83	21.167	9.316	448	31.013
Total ha	40.126	1.377.576	419.292	191.333	2.028.326

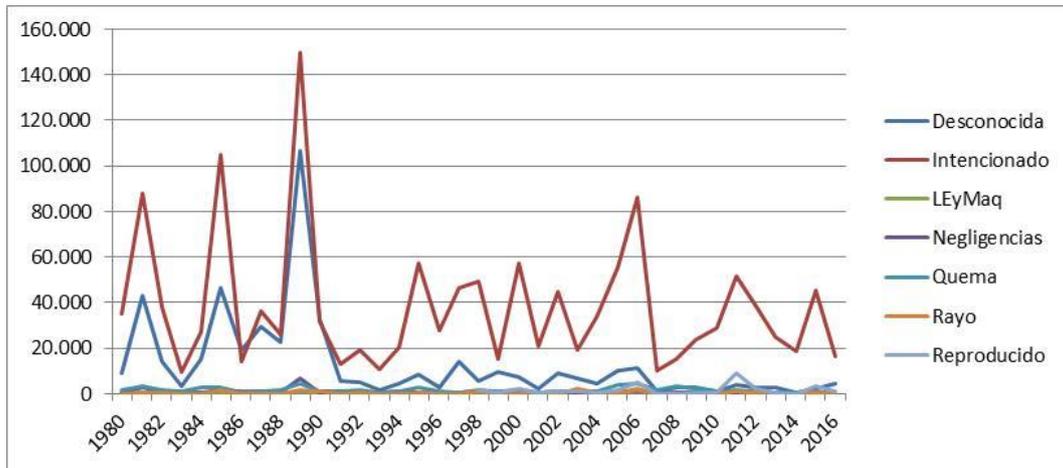


Figura 17 - Evolución de la superficie total quemada según causa (ha)

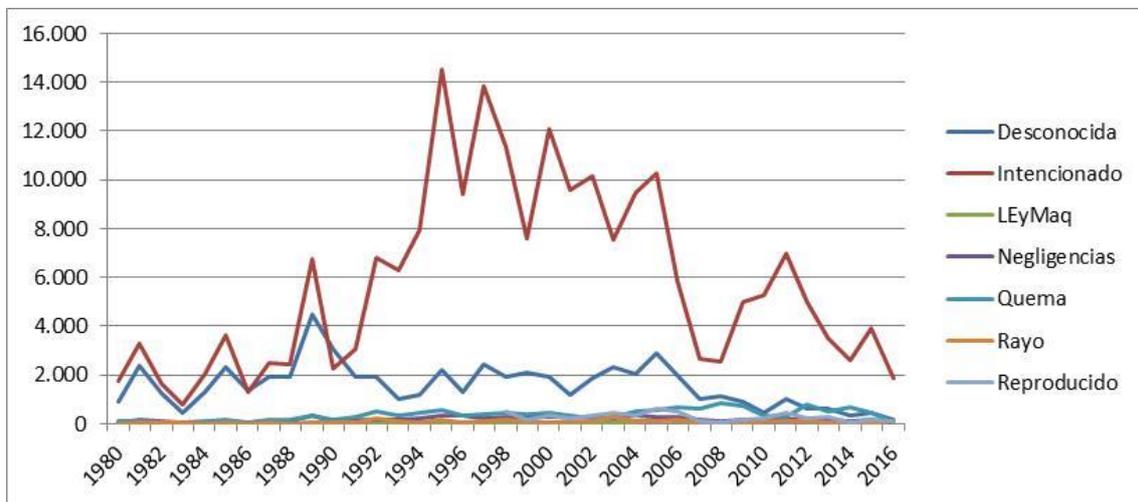


Figura 18 - Evolución del número de incendios registrados según causa

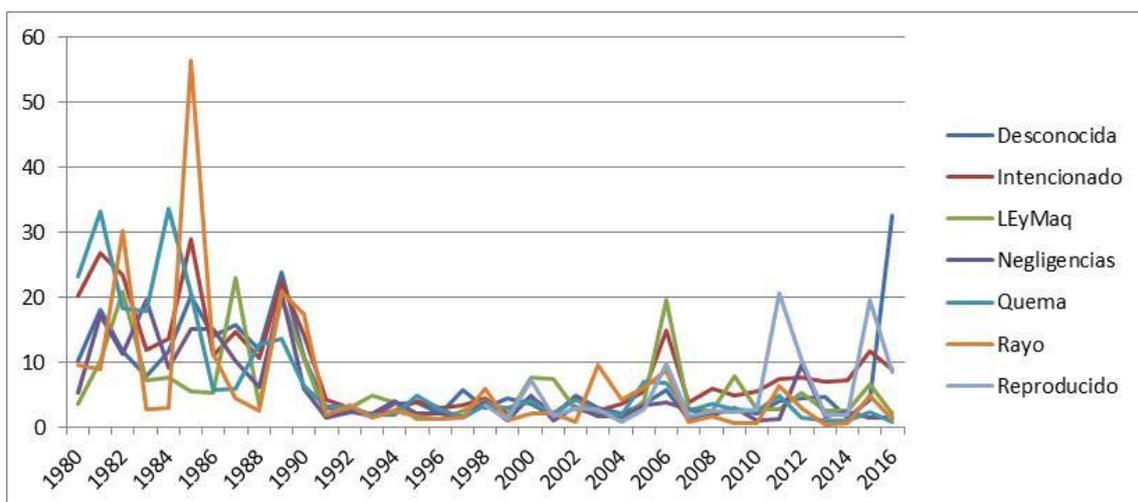


Figura 19 - Evolución de la superficie media de los incendios registrados según causa (ha)

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

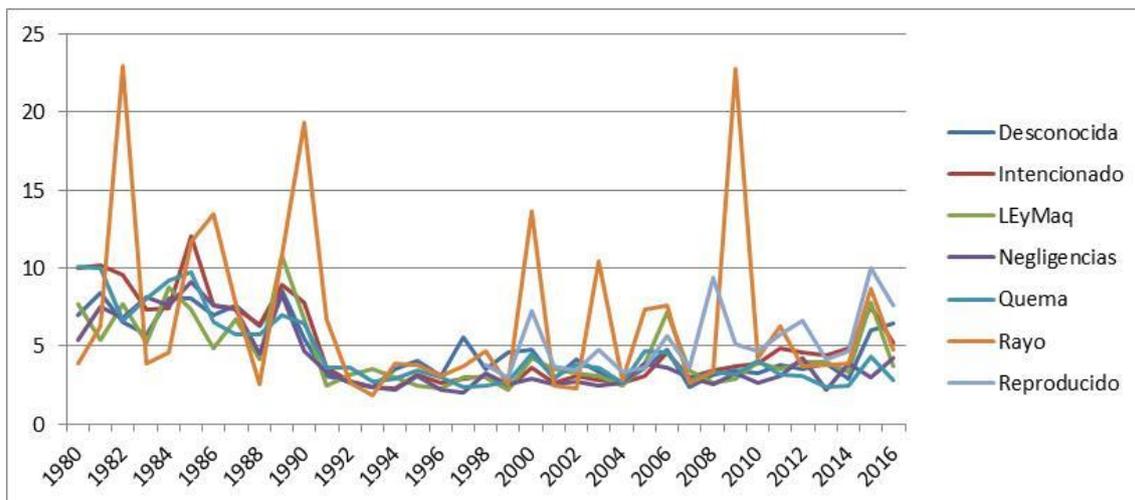


Figura 20 - Evolución de la duración media de incendios: tiempo medio entre detección y extinción según causa (h)

Dado que los intencionados son los más frecuentes, puede ser interesante consultar el dato de la Motivación supuesta al incendiario en cada caso.

Tabela 5 – Motivações dos incêndios com tipo de causa Intencionado

Nº de Motivaciones en incendios provocados	País Vasco	Galicia	Asturias	Cantabria	Total
agricultores para eliminar matorral y residuos agrícolas	148	37.979	2.611	545	41.283
pastores y ganaderos para regenerar pasto	413	15.277	9.201	7.527	32.418
venganzas	40	958	182	132	1.312
ahuyentar animales	2	1.587	130	29	1.748
cazadores para facilitar la caza	7	2.818	83	6	2.914
protesta contra el acotamiento de la caza	4	48	12	4	68
titularidad de los montes públicos o privados		236	14	3	253
represalia al reducirse las inversiones		13	6	1	20
restauración posterior de las superficies incendiadas		20	8		28
pirómanos (enfermos mentales)	55	10.222	675	264	11.216
hacer bajar el precio de la madera	1	118	5	4	128
obtener la modificación del uso del suelo	13	428	3		444
grupos políticos para crear malestar	3	70	2		75
animadversión contra repoblaciones	3	157	41	148	349
delincuentes, manifestantes para distraer		31	4		35
rechazo a la creación o existencia de ENP	2	191	4		197
ritos pseudorreligiosos o satánicos		82	19		101
contemplar las labores de extinción		34			34
vandalismo	5	2.774	46	36	2.861
favorecer la producción de productos del monte	1	46	21	1	69
forzar la resolución de Consorcios	1	12	1	1	15

Nº de Motivaciones en incendios provocados	País Vasco	Galicia	Asturias	Cantabria	Total
resentimiento contra expropiaciones		59	1		60
venganza por multas impuestas		60	3	2	65
Otras motivaciones	16	4.456	98	52	4.622

Portugal

Em Portugal, até ao ano de 2006, as causas dos incêndios eram investigadas pelo Corpo da Guarda-florestal. A partir desse ano, este corpo de cariz florestal é integrado na Guarda Nacional Republicana, mais especificamente na divisão do SEPNA – Serviço de Protecção de Natureza e Ambiente. Esta transição permitiu que muito mais ocorrências pudessem ser investigadas. A média de ocorrências investigadas de 2003 a 2006 encontravam-se nos 8%, sendo que entre 2007 e 2017, foram investigadas uma média de 55% das ocorrências.

Tabela 6 - Número de ocorrências investigadas e a correspondente área ardida tanto em valor absoluto como em percentagem para o período de 2003 a 2017.

	total acumulado	% ocorrências investigadas	Área acumulada	% área queimada investigada	Superfície média por incêndio (ha).
Desconhecidas	67578	36,7%	411168	19,8%	6
Naturais	1264	0,7%	101612	4,9%	80
Incendiarismo	32958	17,9%	753539	36,2%	23
Estruturais	2221	1,2%	32848	1,6%	15
Uso do Fogo	55445	30,1%	326035	15,7%	6
Acidentais	8791	4,8%	283845	13,6%	32
Reacendimentos	15851	8,6%	172122	8,3%	11
Total acumulado	184.108	100,0%	2.081.169	100%	

As causas mais comuns são as relacionadas com o uso do fogo, porém quando observamos o impacto na área ardida por tipo de causa, são as naturais e as acidentais que têm mais peso.

A análise anual das causas conhecidas demonstram que até 2006, ano de transição entre as responsabilidades de investigação, são os reacendimentos que têm maior peso na percentagem do tipo de causa, seguida do incendiarismo.

Nos anos seguintes, com um incremento no número de ocorrências investigadas salienta-se o aumento da causa ligada ao incendiarismos e às queimadas.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

As causas estruturais têm um aumento de 2007 a 2011, diminuindo a sua percentagem nos anos seguintes. O número de ocorrências ligadas às fogueiras aumentam o seu peso percentual de 2011 a 2016.

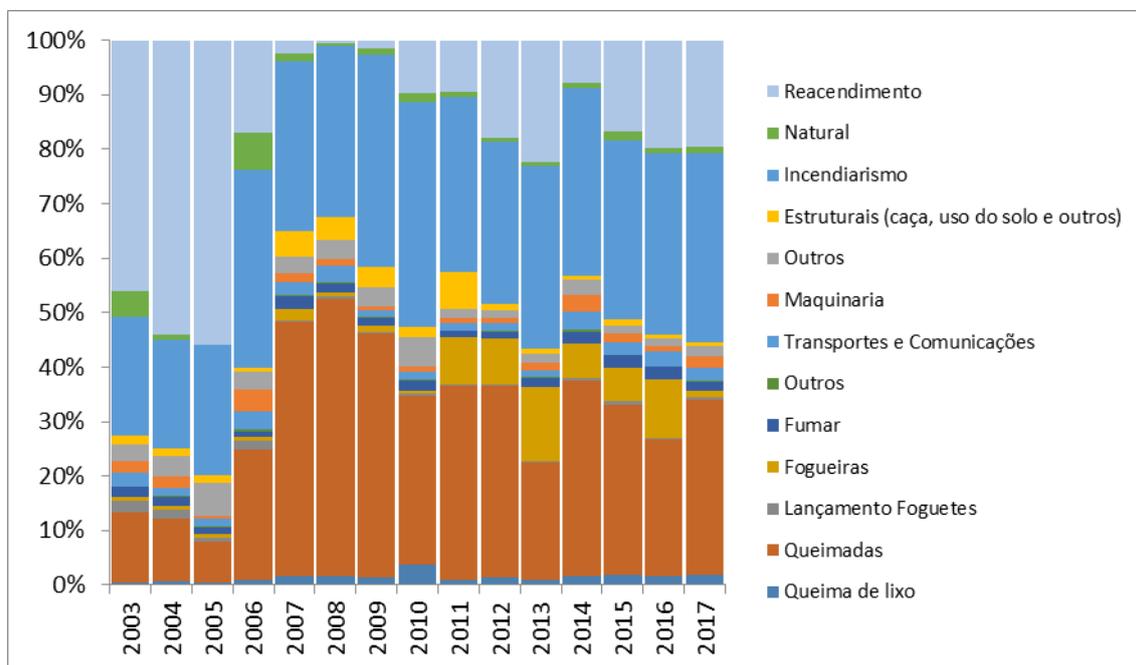


Figura 21 - Percentagens de causas das ocorrências investigadas e determinadas de 2003 a 2017

No capítulo dedicado à meteorologia observamos que quando existe um grau de severidade meteorológica muito elevada (classe de DSR superior a 20) estes são os dias mais problemáticos quanto à área ardida e ao número de ocorrências em simultâneo.

Assim, procurou-se perceber quais as causas conhecidas das diferentes ocorrências por classe de DSR, qual o seu número e qual o seu impacto na área ardida.

O que se observa na Figura 22 é que as causas de incêndio não variam muito em relação à classe de DSR em que ocorrem. Com a excepção das queimadas e das causas estruturais que ocorrem perto de 70% e 60% respectivamente, nas duas classes mais baixas de DSR, e das causas acidentais com maquinaria e transportes em que perto de 50% destas ocorrem nas duas classes mais elevadas de DSR.

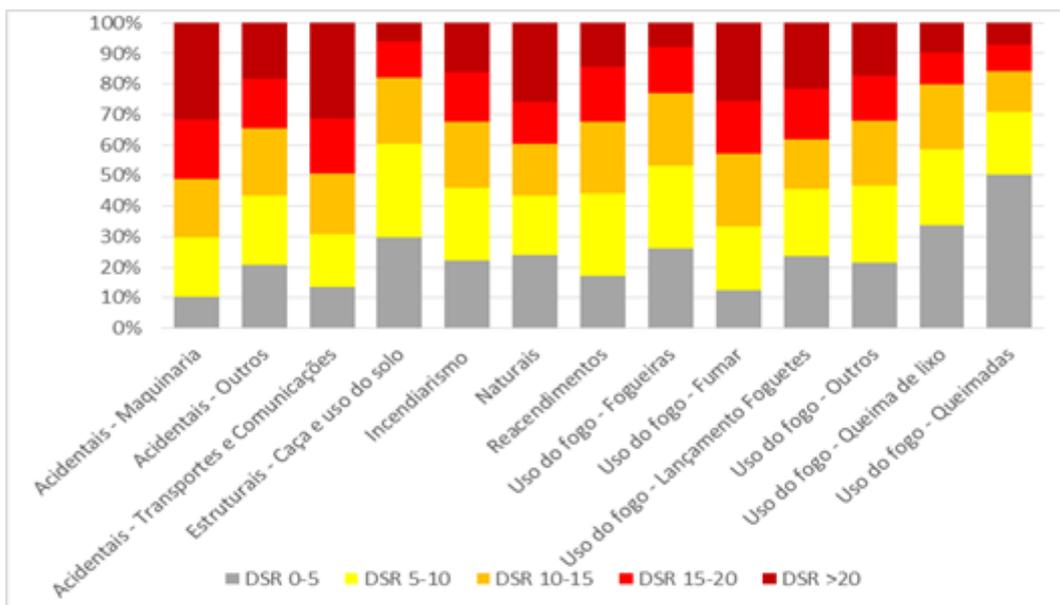


Figura 22 – Percentagem de ignições por tipo de causa e classe de DSR (período 2003-2017)

Quando o DSR é superior a 15 considera-se que o grau de severidade meteorológica é alta representando a classe seguinte severidade muito alta. Ao analisar a Figura 21 constata-se que as queimadas e as causas estruturais têm uma preponderância para acontecerem em classes meteorológicas menos severas, enquanto o contrário acontece com as casas accidentais em que aproximadamente 50% das ignições ocorrem nos dias com as duas classes com meteorologia mais severa.

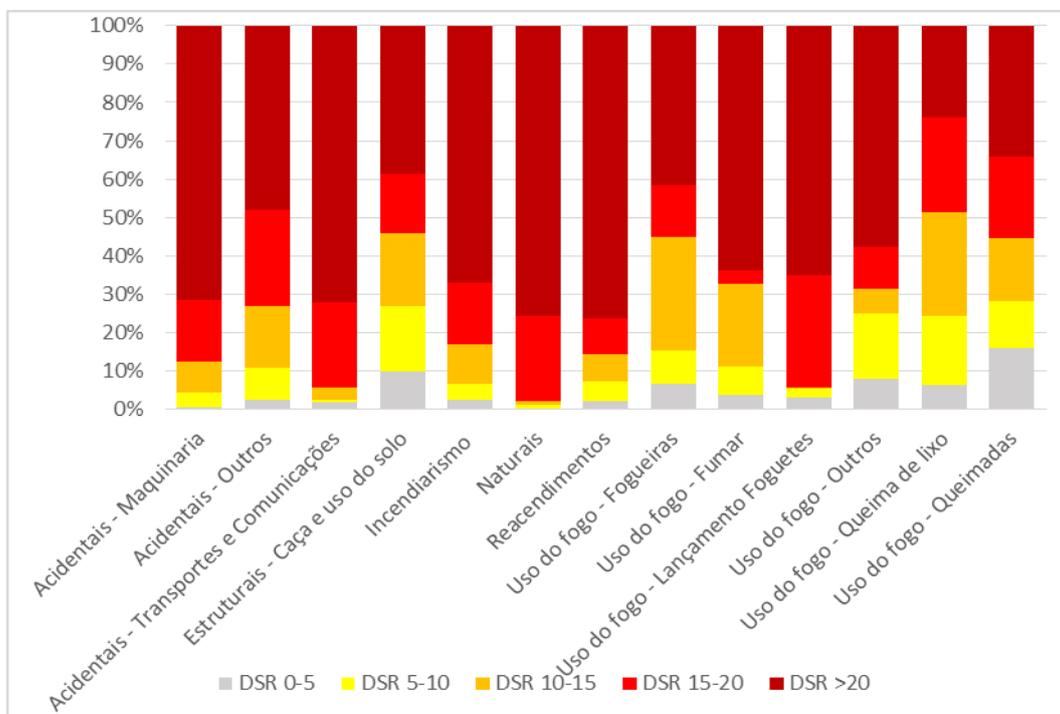


Figura 23 – Percentagem área ardida por tipo de causa e classe de DSR (período 2003-2017)

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Observando o impacto em termos de percentagem de área ardida que cada uma destas causas provoca (Figura 23) por classe de DSR, apercebemo-nos que são as causas acidentais tal como as naturais que têm maior impacto a nível percentual durante a classe de DSR mais elevada.

Como seria de esperar, as queimadas que decorrem na sua maioria durante as duas classes mais baixas, têm um peso relativo muito baixo em relação à área queimada nessas classes. Daqui percebe-se que estas quando ocorrem em condições meteorológicas com baixo risco, não constituem necessariamente perigo e podem até ser benéficas.

Por fim, a Figura 24 apresenta qual o impacto médio em hectares para cada um dos tipos de causas por classe de DSR.

Com este último gráfico é possível perceber que existem 7 causas que quando o DSR é muito elevado, têm um impacto em média de área ardida superior a 50 hectares. Destas 7, as causas naturais, acidentais e estruturais são aquelas que com DSR muito elevado têm levado a uma área média ardida superior a 100ha.

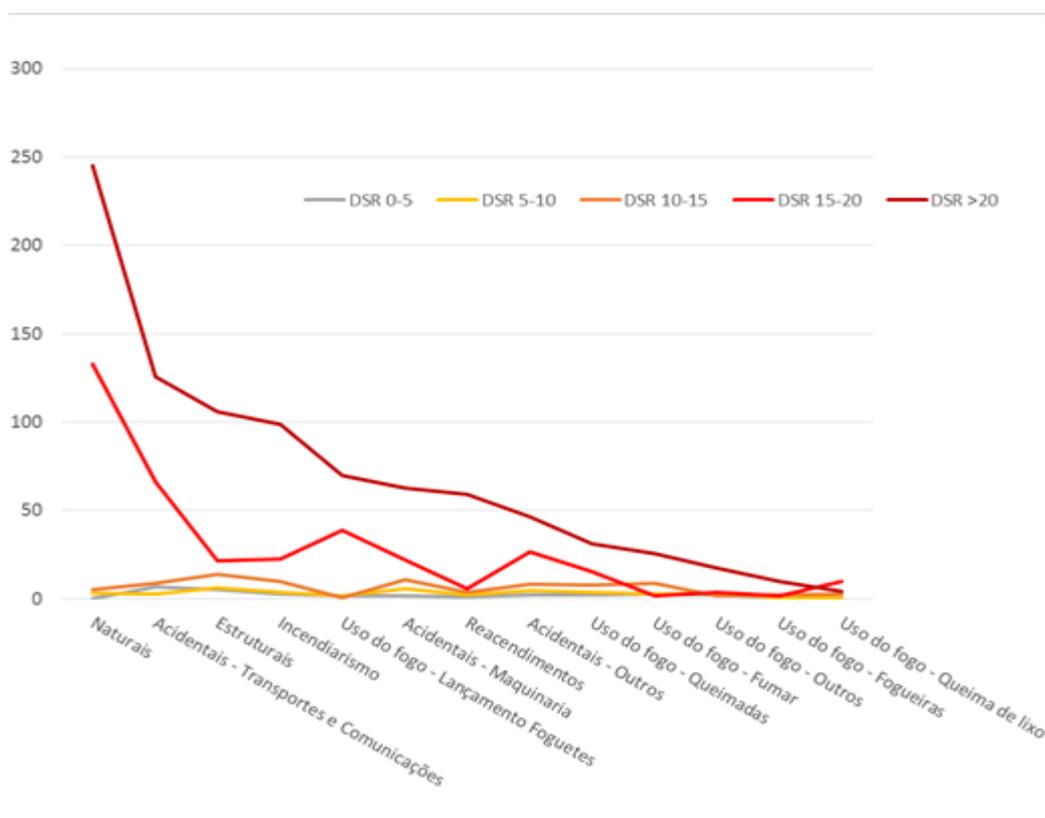


Figura 24 – Impacto médio da área ardida por tipo de causa e classe de DSR (período 2003-2017)

1.5 Considerações finais

As regiões analisadas são bastante distintas tanto em termos de dimensão, orografia, meteorologia entre outros factores. Não se procurou fazer comparações mas sim apresentar os dados estatísticos seguindo uma lógica de maior contextualização e compreensão da realidade que é distinta nas 5 regiões.

Para desenhar e implementar políticas de prevenção que sejam verdadeiramente eficientes, é necessário analisar as especificidades de cada região, compreender as motivações e implementar acções que ajudem a diminuir não só o número de ocorrências, mas também a área ardida.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Capítulo 2.

Meteorología: A componente dinâmica no risco de incêndio florestal

M. Conceição Colaço, Alejandro Cantero, Francisco C. Rego

2.1 Introdução

O fogo, e neste caso particular, os incêndios, estão estreitamente ligados às condições meteorológicas. Como referem Ventura & Vasconcelos (2006), o ambiente de fogo é condicionado por 3 componentes: a vegetação e a topografia como componentes estruturais e a meteorologia como componente dinâmica. Esta última é o factor ambiental que mais rapidamente se modifica tanto no espaço como no tempo. Temperatura, humidade e vento influenciam o estado de secura da vegetação, com influência na facilidade ou dificuldade de ignição bem como no desenvolver e propagação dos incêndios (Pyne et al., 1996; Ventura & Vasconcelos, 2006). Por exemplo, altas temperaturas e humidades baixas favorecem a secura da vegetação. Esta condição é particularmente importante para os combustíveis finos (eg. ervas e gramíneas), visto serem estes que facilitam a ignição e a propagação do fogo. O vento facilita a propagação dos incêndios e dificulta a extinção dos mesmos.

O objectivo deste capítulo é apresentar de forma simples a relação entre a meteorologia e o número de ocorrências e área ardida. Pretende-se que o leitor tenha uma maior compreensão sobre como a componente meteorológica condiciona a superfície queimada e o número de ocorrências.

Para o Norte de Espanha, analisa-se o período de anos entre 1980 e 2015, utilizando como componente meteorológica a temperatura (°C), a velocidade do vento (km/h) e a sua direcção dominante.

Para Portugal os dados referem-se ao período entre os anos de 2003 e 2017 (a selecção deste período prende-se com as variáveis disponibilizadas na base de dados do Instituto para a Conservação da Natureza e Florestas), considerando como componente meteorológica o índice de risco meteorológico de incêndios (FWI), o qual é calculado em função da temperatura, da humidade relativa, da velocidade do vento, e da precipitação dos dias anteriores ao dia em análise (Van Wagner, 1987). Este índice adaptado às condições portuguesas, consegue explicar mais de 80% da variabilidade da área ardida mensal em Portugal (Carvalho et al., 2008). Os seus valores fornecem uma classificação numérica da intensidade de fogo.

2.2 El Norte de España

La base de datos de ámbito nacional de incendios forestales también proporciona, en la mayoría de los casos, datos meteorológicos de las condiciones registradas durante el origen de cada incendio. Se denominan en los Partes como Condiciones de peligro en el inicio del incendio: Estación meteorológica más cercana, Hora de medición disponible, Días desde la última lluvia, Temperatura máxima (° C), Humedad relativa (%), Velocidad del Viento (km/h) y Dirección del Viento (de 0 a 360 °).

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Os gráficos seguintes ajudam interpretar como as condições meteorológicas no Norte de Espanha têm condicionado o número e a superfície queimada pelos incêndios florestais.

a) Época del año

El patrón temporal de los incendios cantábricos pone de manifiesto dos máximos de peligro, coincidiendo con las épocas primaverales y veraniegas.

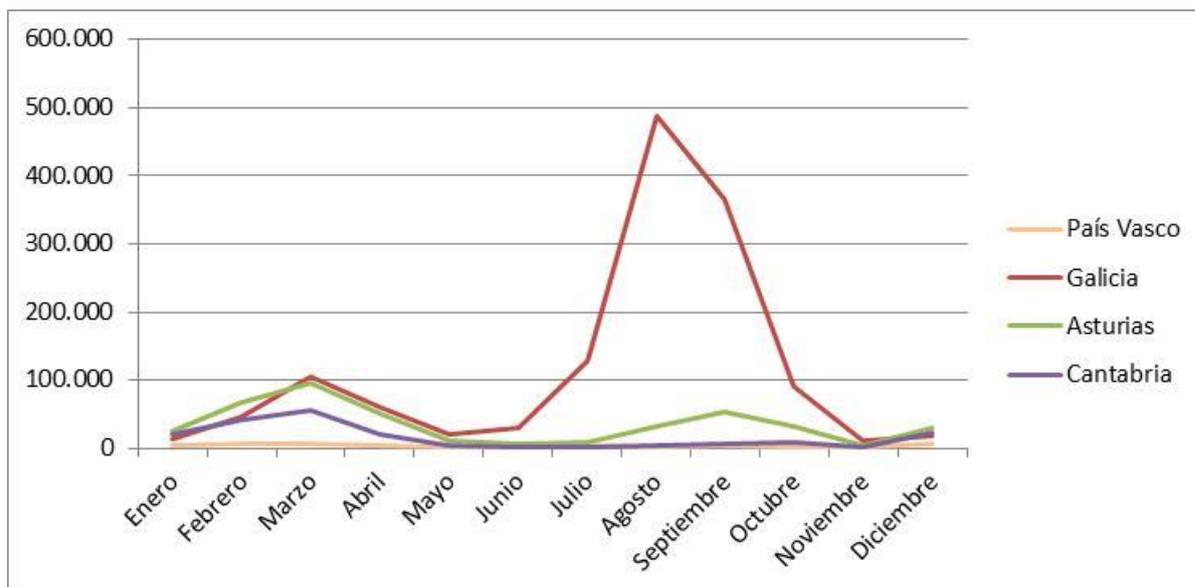


Figura 25 - Superficie total quemada por mes (ha)

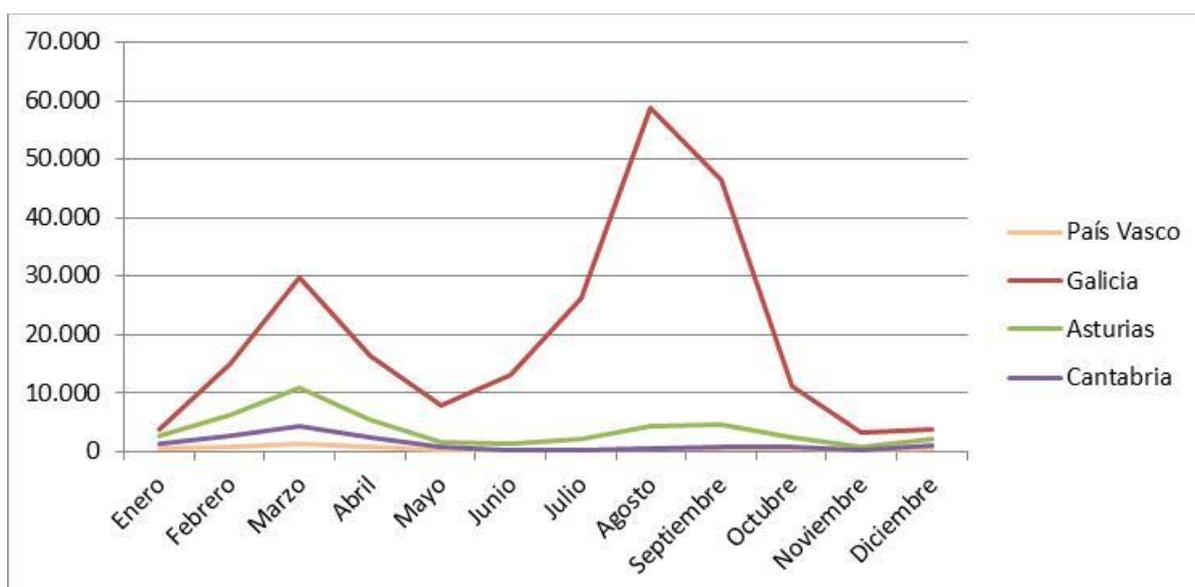


Figura 26 - Número total de incendios registrados según mes

b) Temperatura (°C)

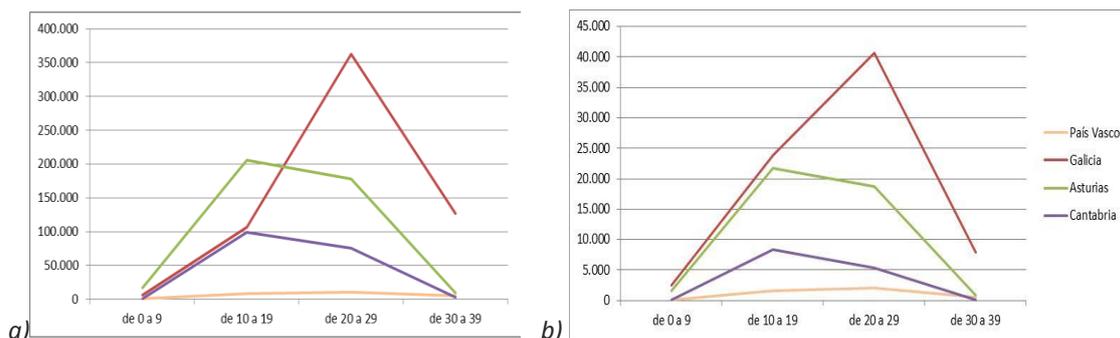


Figura 27 - Superfície total quemada em hectáreas (a) y Número total de incendios registrados (b) según rango de Temperatura máxima en ° C

Como se pode observar na Figura 27, a superfície queimada e o número total de incêndios têm o mesmo comportamento em relação aos intervalos de temperatura. As Astúrias e Cantábria têm o maior superfície queimada e número de ocorrências no intervalo de 10 a 19 °C, enquanto a Galiza atinge os seus máximos para estas duas variáveis no 3º intervalo de temperatura (de 20 a 29°C). Esta diferença deve-se aos fogos pastoris que acontecem principalmente em Março e final de Setembro na Cantábria e Astúrias enquanto no caso galego, existe uma tendência ser o aumento de temperatura o impulsor do número de incêndios e conseqüente área ardida.

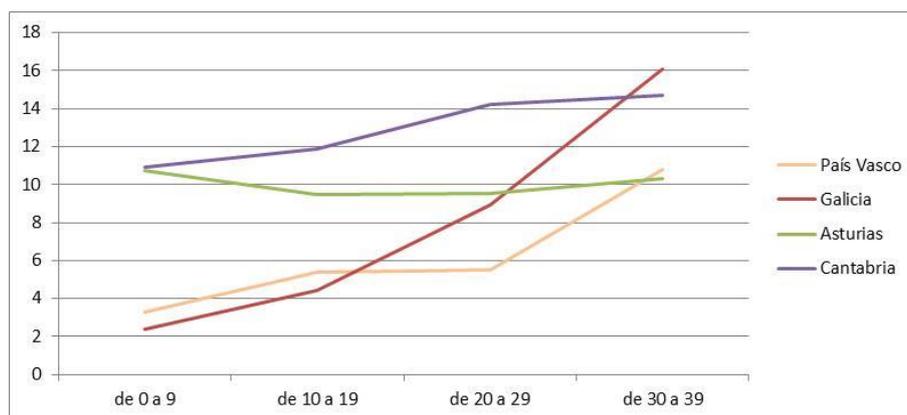


Figura 28 - Superfície media quemada em hectáreas según rango de Temperatura máxima en ° C (ha)

O impacto das ocorrências na área ardida por intervalo de temperatura, mostra que é no intervalo com maior temperatura que a área média ardida é maior, independentemente da região analisada.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

c) Velocidad del Viento en km/h

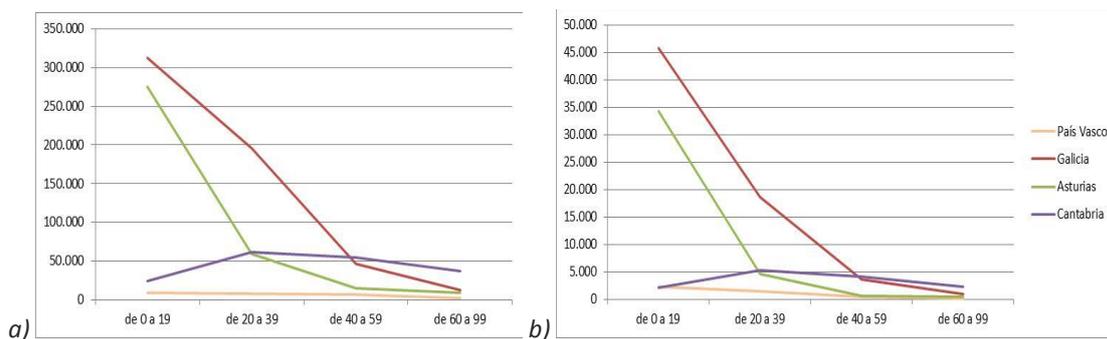


Figura 29 - Superficie total quemada en hectáreas (a) y Número total de incendios registrados (b) según rango de Velocidad del Viento en km/h

A velocidade do vento influencia principalmente a propagação dos incêndios bem como ajuda a secar a vegetação favorecendo a facilidade de ignição. Verifica-se que na Galiza e Astúrias a maior superfície queimada tal como o número total de incêndios ocorrem no intervalo de velocidade de vento mais baixo. Porém, é quando a situação fica mais grave em relação à velocidade do vento, que o impacto em termos de área ardida média é maior para todas as regiões (fig. 6).

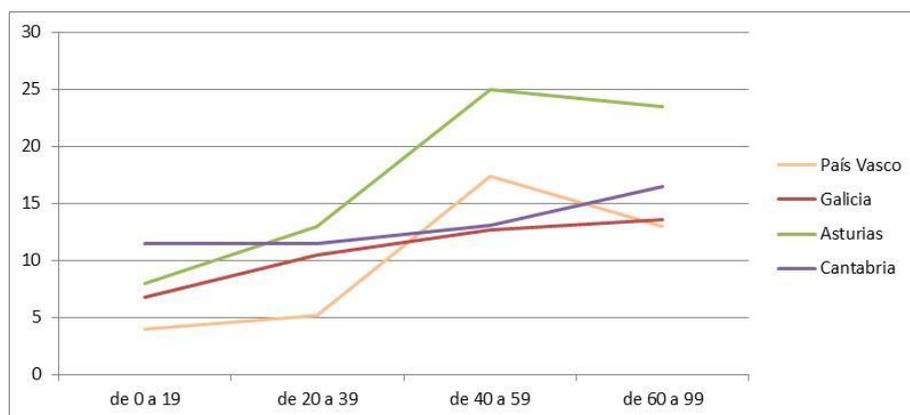


Figura 30 - Superficie media quemada según rango de Velocidad del Viento en km/h (ha)

d) Dirección del Viento

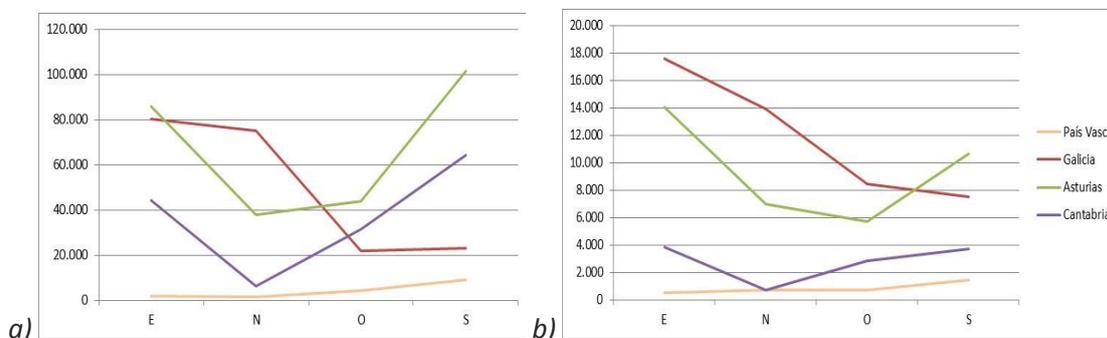


Figura 31 - Superficie total quemada en hectareas (a) y número total de incendios registrados (b) según Dirección del Viento

Enquanto na Galiza são os ventos de Este e Norte que promovem os elevados hectares de área ardida bem como o número de incêndios, nas Astúrias e Cantábria são os ventos vindos de Este e Sul que têm este efeito nos incêndios. Observando a Figura 32, constata-se que há uma tendência para um maior impacto na superfície média queimada quando os ventos vêm do sul para todas as regiões, com excepção da Galiza onde a superfície média é quase constante para qualquer ponto cardeal, havendo porém um ligeiro aumento da área afectada quando o vento vem de Norte.

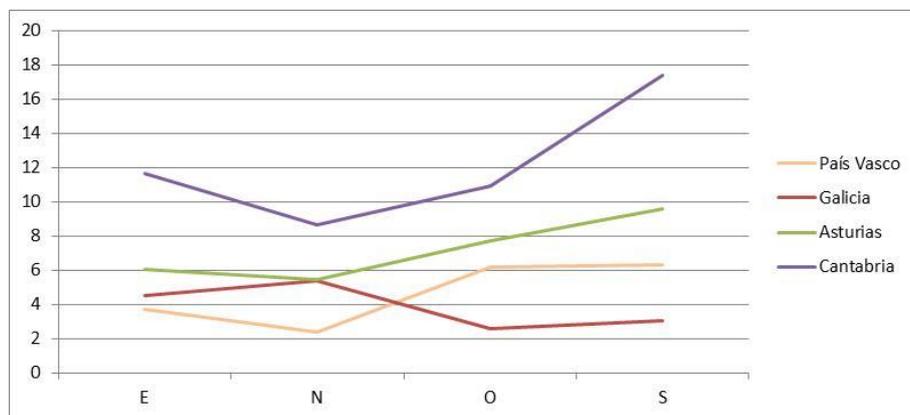


Figura 32 - Superfície media quemada según Dirección del Viento (ha)

Em Espanha utiliza-se o índice de perigo meteorológico. Os gráficos seguintes apresentam a relação deste índice com a área ardida e com o número de incêndios registados.

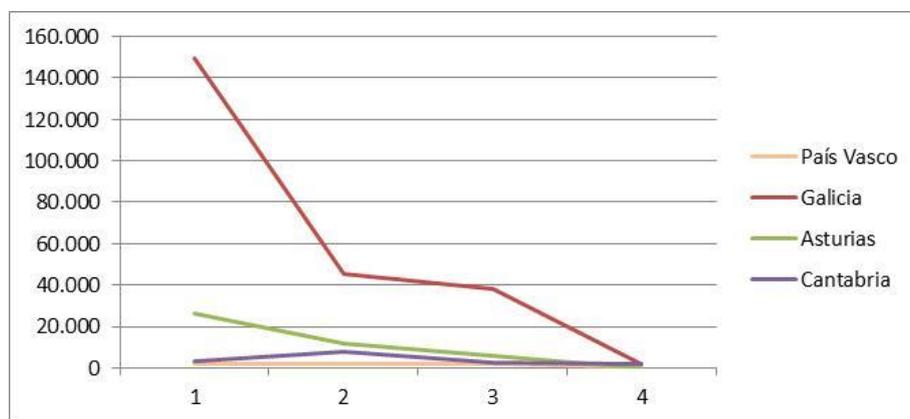
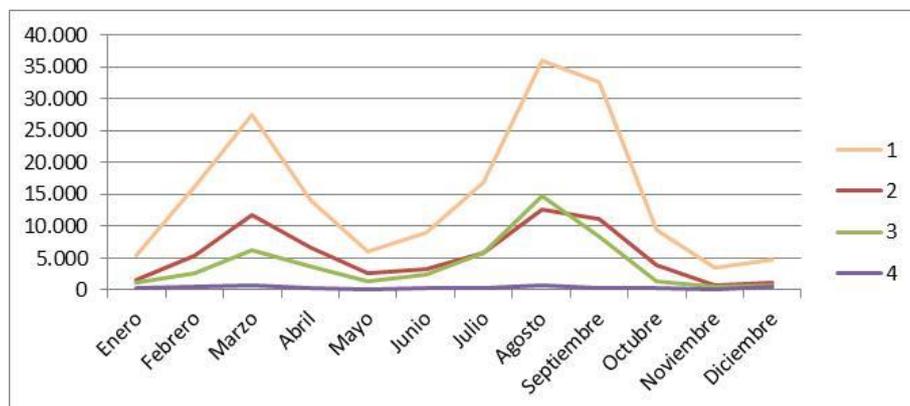


Figura 33 - Número total de incendios registrados según Índice de Peligro Meteorológico (Prealerta=1; Alerta=2; Alarma=3 y Alarma extrema=4)



Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Figura 34 - Número total de incendios registrados según Índice de Peligro Meteorológico y según meses

2.3 Portugal

Através da análise das áreas ardidas para o período de 1980-2000 em Portugal, Pereira et al. (2005) concluíram que 93% das áreas ardidas ocorrem entre os meses de Junho e Setembro sendo este período conhecido como a “época de fogos” o qual corresponde aos meses de Verão. No entanto, existem variações acentuadas nas áreas ardidas anuais. Estas oscilações de área ardida podem ser explicadas pela meteorologia nos meses anteriores e durante a época de fogos.

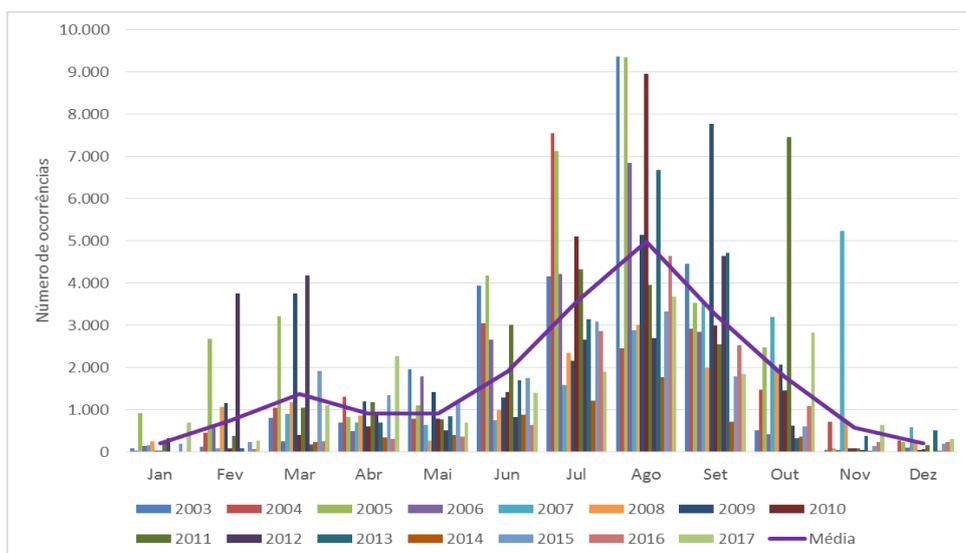


Figura 35 - Número de ignições por mês (barras) para o período de 2003-2017 e a média mensal (linha). (Adapt. Colaço et al., 2015)

No entanto, ao observarmos a Figura 35 constatamos que apesar da maioria das ignições ocorrerem na época de verão entre Junho e Setembro (69% para o período de 2003 a 2017), em países como Portugal, onde a cultura de utilização do fogo na agricultura, nas pastagens entre outras actividades está muito presente (Catry et al., 2010), estas podem ocorrer durante todo o ano. Os meses de Outubro de 2011 e Novembro de 2007 foram particularmente activos em termos de ocorrências, representando respectivamente 29% e 24% de todas as ignições de cada um dos anos.

Para uma melhor compreensão dos incêndios em Portugal e a sua relação com a meteorologia, utilizaremos com componente meteorológica os valores de Grau de Severidade Meteorológica Diária (DSR – Daily severity rating), o qual é calculado a partir do FWI com a seguinte fórmula:

$$DSR = 0,0272 \text{ FWI}^{1,77}$$

O DSR indica a dificuldade sentida no combate para extinção do incêndio. Quanto mais elevado o valor, pior é a situação de controlo do incêndio, pois este reflecte a quantidade de esforço necessário para a sua supressão. O FWI que dará posteriormente lugar ao DSR é calculado e adaptado diariamente pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) o qual, combinado com os mapas de risco de incêndio, providencia informação para os gestores

florestais, protecção civil e público em geral das classes de risco de incêndio para espaços temporais de 24h, 48h e 72h (IPMA, 2015).

Nas análises seguintes, utilizaremos os valores de DSR inseridos em 5 classes as quais refletem os graus de severidade meteorológica, desde muito baixa severidade até valores que são considerados muito elevados (Tabela 7).

Tabela 7 - Classes de valor de DSR e o grau de severidade meteorológica correspondente.

Valor de DSR	Grau de Severidade Meteorológica
Inferior a 5	Muito Baixo
Entre 5 e 10	Baixo
Entre 10 e 15	Médio
Entre 15 e 20	Alto
Mais de 20	Muito Alto

Observando

a

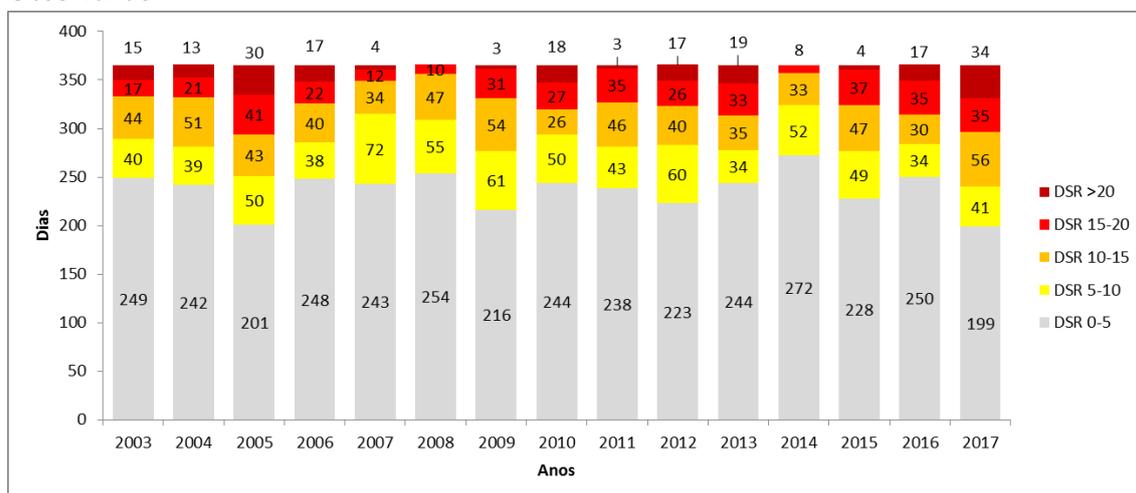


Figura 36, podemos caracterizar cada um dos anos no período de 2003 a 2017. Pode-se observar uma grande variabilidade no número de dias em cada classe, verificando-se no entanto a constante de que a maioria do ano se encontra na classe mais baixa ou baixa, isto é uma média de 280 dias por ano. Pelo contrário, a classe mais elevada é a que representa menos dias por ano, com uma média de 14 dias/ano, o que corresponde aproximadamente a 3%. Com estes valores em mente, verifica-se que 2005 e 2017 foram os anos com maior severidade meteorológica, apresentando respectivamente 30 e 34 dias com DSR maiores que 20, e 41 e 35 dias com DSR maior que 15, o que representa quase 20% de cada um destes anos com a categoria de severidade alta e muito alta. Ao invés, os anos de 2007, 2008 e 2014 foram os menos severos meteorologicamente em termos de incêndios florestais.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

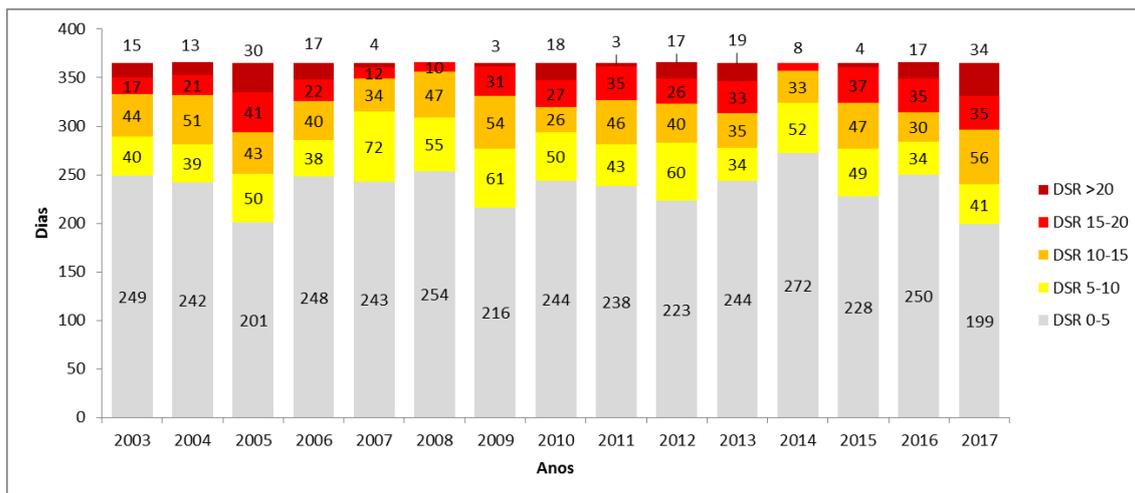


Figura 36 - Número de dias no ano por cada grau de Severidade Meteorológica

a) Número de incêndios - ignições

O início de um fogo necessita além do combustível e do oxigénio, que exista uma fonte de ignição. Para que a ignição ocorra com facilidade, a vegetação mais fina (combustível fino) tem que ter um teor de humidade bastante baixo, isto é, tem de estar com um elevado grau de secura. Um valor de DSR alto ou muito alto tem como significado a baixa humidade nos combustíveis.

Por forma a perceber melhor a relação entre o DSR e as ignições, analisam-se o número de ignições por classe de DSR podendo-se calcular o número de ignições diárias por grau de severidade para o período em estudo (Figura 37).

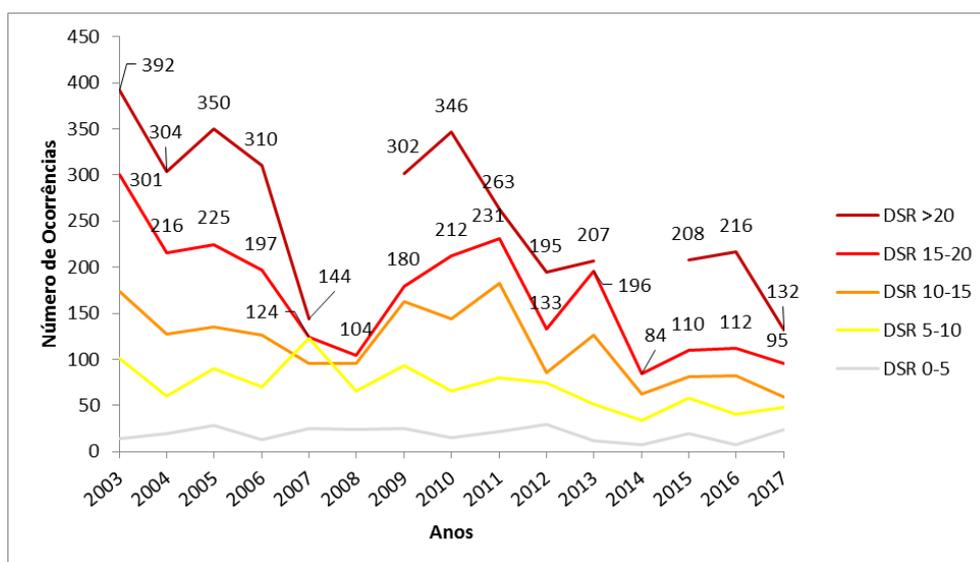


Figura 37 - Número médio de ignições por dia e por classe de DSR no período de 2003-2017.

O gráfico apresentado na Figura 37 demonstra que existe uma forte tendência para quando o DSR é elevado, o número de ignições diárias também é mais elevado. Este número tão elevado de ocorrências pode colocar em causa a capacidade das equipas de extinção de incêndios não

só a nível local, como regional ou mesmo nacional, o que poderá conduzir ao colapso do Sistema Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios. No entanto, quando os valores de DSR são mais baixos (menores que 10), verifica-se uma constância no número de ignições, com ligeiras variações, sendo possível neste caso, o sistema acorrer a todas as ocorrências com uma certa rapidez, o que em conjunto com condições climáticas adversas à propagação dos incêndios, poderão controlar os fogos antes que estes progridam para grandes incêndios

b) Área ardida (hectares)

A extensão da área ardida resultante de uma ignição pode variar consideravelmente, estando esta dependente de inúmeras variáveis como o hiato de tempo entre o início do fogo, a sua detecção e alerta, das condições meteorológicas, do tipo de vegetação, da topografia, da intensidade do próprio fogo e sua velocidade de propagação, do tempo até chegar a equipa de combate e mesmo da eficiência da supressão (Moreira et al., 2010).

Em Portugal, de todas as ignições detectadas, em média, 80% não chega a atingir 1 ha de área ardida. Das restantes 20% que atingem valores mais elevados, somente uma média de 0,6% atinge dimensões superiores a 1.000 hectares, porém, são exactamente estes incêndios que contribuem para uma grande parte da área ardida por ano. Por exemplo em 2003, 1,54% dos incêndios ultrapassaram os 1.000 hectares representando 72% de toda a área ardida. O ano de 2005, também problemático em termos de área ardida, teve 0,78% dos incêndios superiores a 1.000 hectares, representando 48% da área ardida. No ano de 2017, a área ardida superior a 1.000 hectares representa 1,7% das ocorrências, atingindo 84% da área queimada. Ao invés, 2014, o ano com menor severidade meteorológica como visto anteriormente, teve somente 0.05% incêndios superiores a 1.000 hectares representando mesmo assim, 40.4% da área ardida.

Separando a área ardida por classe de DSR, constata-se que tal como esperado, a maior parte da área ardida ocorre quando o DSR é mais elevado (Figura 38).

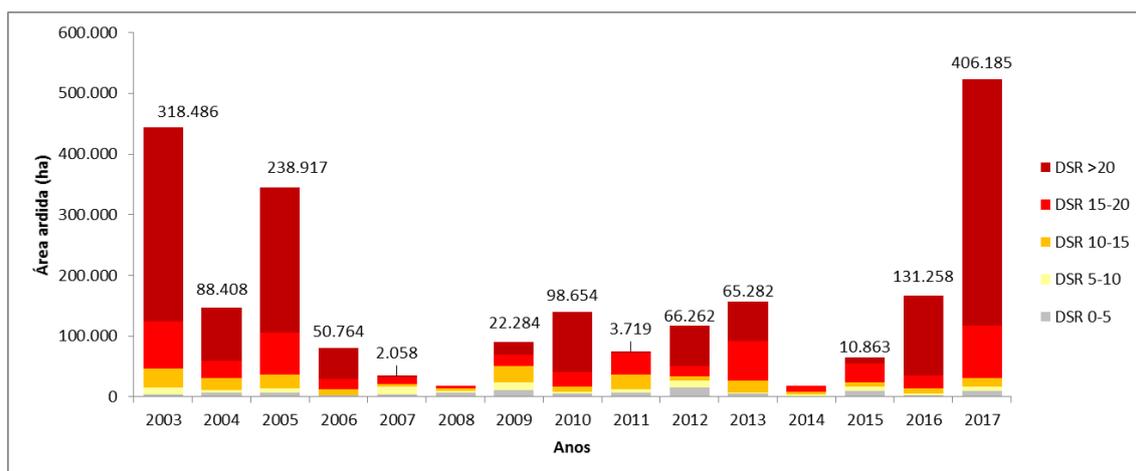


Figura 38 - Área ardida (hectares) por classe de DSR para o período de 2003-2017 (os valores no topo das colunas representam a área ardida na classe de DSR mais elevada).

Novamente esta análise realça a fragilidade que o SNDFCI poderá sentir quando ocorram situações meteorológicas extremas. O elevado número de ignições diárias, conjuntamente com incêndios intensos e de grande dimensão, favorecidos pelas condições meteorológicas,

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

levam ao colapso do sistema. As condições meteorológicas dificultam grandemente a rapidez e eficiência da extinção dos incêndios, facilitam a ignição de várias ocorrências em simultâneo às quais será difícil acorrer por falta de recursos humanos, o que poderá levar ao aparecimento de novos grandes incêndios simultâneos.

2.4 Em modo de resumo

Este capítulo pretende alertar para a grande influência que a meteorologia tem para o número de incêndios ocorridos e para a extensão da área ardida.

Alerta-se para a necessidade de obter boas previsões meteorológicas para poder existir uma melhor prevenção operacional no terreno.

No caso português observa-se que quando temos um grau de severidade meteorológica muito elevado, existem muitos incêndios em simultâneo diariamente e estes são aqueles que têm maior efeito sobre a elevada extensão de área ardida.

Com a previsão diária do FWI o qual rapidamente é transformado no valor do DSR, é possível ter um alerta meteorológico, para aumentar a vigilância, colocar em alerta máximo o dispositivo de combate e inibir qualquer tipo de utilização do fogo durante esse período.

No Norte de Espanha, constata-se que a temperatura muito elevada cria condições para o aumento do número de incêndios e da área ardida. Mesmo nas regiões em que o número de incêndios é maior com temperaturas mais baixas, é quando a temperatura sobe que o impacto da área ardida é maior. Simultaneamente, dependendo da região, as diferentes direcções do vento criam condições propícias para uma maior extensão de área ardida e ignições.

Novamente se salienta a necessidade de saber interpretar as condições meteorológicas para num período curto (máximo de 3 dias) em que as previsões meteorológicas têm um elevado grau de fiabilidade, actuar de acordo com a situação diminuindo o número de incêndios e procurando reduzir a extensão de área ardida.

Estas medidas de curto prazo podem fazer a diferença em termos de prevenção operacional.

2.5 Fuentes de información meteorológica.

Dentro del ámbito de estudio existen diferentes fuentes para la obtención de información meteorológica. La información sobre datos de viento, temperatura y humedad ambiental puede obtenerse a partir de las redes de estaciones meteorológicas nacionales y regionales (AEMET Open Data – España - <https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio>; Meteogalicia – Galicia - <http://www.meteogalicia.gal/web/index.action>).

También existen fuentes globales de información meteorológica (NOAA - <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access>). Información sobre la humedad de los combustibles puede obtenerse a partir de los valores de los índices FWI del Sistema Canadiense. Esta información puede obtenerse a partir de la página web del European Forest Fire Information System (EFFIS) con una resolución de 10 a 36 km (http://effis.jrc.ec.europa.eu/static/effis_current_situation/public/index.html). Existen studios

relacionando valores de índices obtenidos mediante imágenes satélite y humedad de combustibles vivos (Chuvieco and Kasischke, 2007; García et al. 2008; Yebra et al. 2013) y muertos (Zormpas et al. 2017).

Cabe destacar la existencia de un software gratuito (WindNinja) que permite determinar la influencia de la topografía en los campos de viento (dirección y velocidad) - <https://www.firelab.org/project/windninja>. Este modelo requiere el uso del Modelo Digital del Terreno del área evaluada, así como un valor de velocidad y dirección de viento.

Alguna bibliografía más:

Chuvieco E, Kasischke ES. 2007. Remote sensing information for fire management and fire effects assessment. *Journal of Geophysical Research* 112. 8 p.

García M, Aguado I, Chuvieco E. 2008. Combining AVHRR and meteorological data for estimating live fuel moisture content in forest fire danger rating. *Remote Sensing of Environment* 112: 3618 - 3627.

Yebra M, Dennison PF, Chuvieco E, Riaño D, Zylstra P, Hurt ER, Danson FM, Qi Y, Jurdao S. 2013. A global review of remote sensing of live fuel moisture content for fire danger assessment: Moving towards operational products. *Remote Sensing of Environment* 136: 455 - 468.

Zormpas K, Vasilakos C, Athanasis N, Soulakellis N, Kalabokidis K. 2017. Dead fuel moisture content estimation using remote sensing. *European Journal of Geography* 8: 17 - 32.

2.6 Bibliografía

Carvalho, A., Flannigan, M.D., Logan, K., Miranda, A.I. & Borrego, C. (2008). Fire activity in Portugal and its relationship to weather and the Canadian Fire Weather Index System. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 328-338.

Catry, F.X., Rego, F.C., Silva, J.S., Moreira, F., Camia, A., Ricotta, C. & Conedera, M. (2010). Fire starts and Human activities. In J.S. Silva, F. Rego, P. Fernandes, & R. Rigolot (eds), *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox* (pp. 9-22), Joensuu: European Forest Institute.

IPMA (2015). Forest fire risk. *Instituto Português do Mar e da Atmosfera Website*. Acedido a 10 fev. 2015. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/risco.incendio/index.jsp?page=ri.florestal.xml>

Pereira, M.G., Trigo, R.M., DaCamara, C.C., Pereira, J.M.C. & Leite, S.M. (2005). Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural Forest Meteorology*, 129, 11-25.

Pyne, S.J., Andrews, P.L. & Laven, R.D. (1996). *Introduction to Wildland Fire* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Van Wagner, C.E. (1987). *Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*. Forestry Technical Report 35. Ottawa: Canadian Forestry Service.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Ventura, J. & Vasconcelos, M.J. (2006). O fogo como processo físico-químico e ecológico. In J.S. Pereira, J.M.C. Pereira, F.C. Rego, J.M.N. Silva, & T.P. Silva (eds.), *Incêndios Florestais em Portugal, Caracterização, Impactes e Prevenção* (pp. 93-113) Lisboa: ISAPress.

Mapas de Combustibles

Sandra Sánchez García, Elena Canga Líbano

3.1 Introducción

Las características de los combustibles forestales presentes en un territorio juegan un importantísimo rol en el comportamiento de un incendio potencial que ocurra en esa área. El riesgo de incendio forestal viene en gran medida determinado por los combustibles presentes (continuidad horizontal y vertical, carga disponible, densidad aparente,...). Además, los tratamientos preventivos implican una modificación de algunas de estas características mediante diferentes métodos (reducción de la carga, creación de discontinuidades, compactación de los combustibles,...). Por lo tanto, es imprescindible un conocimiento detallado y actualizado de las características de los combustibles, es decir, modelos, presentes en el área que se pretende gestionar, con los objetivos de evaluar el riesgo de incendio forestal presente y planificar de una manera óptima los tratamientos preventivos a efectuar para reducir este riesgo.

En este capítulo se presentará distinta información y herramientas clave para la obtención de mapas de combustibles forestales. En primer lugar se expondrán varios de los diferentes tipos de clasificaciones existentes para determinar los modelos de combustible forestales en un área determinada, las cuales han sido adaptadas a distintas zonas de estudio. En segundo lugar se explicará en qué consiste la cartografía que se toma como base en el transcurso metodológico; por un lado la cartografía forestal básica disponible a nivel estatal en España y por otro lado otras fuentes de información procedentes de las nuevas tecnologías, todas ellas con sus correspondientes ventajas y desventajas. Por último se explicará la metodología propuesta para la creación mapas de combustible a partir de datos LiDAR.

3.2 Sistemas de clasificación de modelos de combustible

Existen varias clasificaciones de combustibles forestales que permiten estimar el peligro o el comportamiento del fuego asociado a cada tipo de combustible. Cada una de ellas distingue un variado número de modelos y se basan en distintas variables para la categorización, desde los modelos clásicos (carga de biomasa, composición en diferentes tamaños o humedades promedio), hasta modelos que consideran variables relacionadas con datos LiDAR (altura y fracción de cabida cubierta de la vegetación).

Modelos americanos (Rothermel, 1972 y Scott & Burgan, 2005)

En Estados Unidos, Anderson (1982) identificó 13 modelos estándar de combustible, siendo a partir de entonces los modelos de combustible más comúnmente utilizados. Su origen surge de la modelización del comportamiento del fuego mediante el sistema BEHAVE de predicción del comportamiento del fuego: modelo semi-empírico de propagación del fuego, cuya

ecuación, desarrollada para incendios superficiales, fue propuesta por Rothermel (1972). Reciben también el nombre de modelos NFFL por estar desarrollados en el Northern Forest Fire Laboratory (USDA Forest Service).

Estos modelos describen un total de 13 tipos de combustibles para cuatro grupos diferentes de formaciones vegetales (pasto, matorral, hojarasca bajo arbolado y restos de corta en operaciones selvícolas) y se diferencian entre ellos por la cantidad de combustible, su origen y su estructura vertical y horizontal.

Se tratan de los modelos más usados en el área mediterránea. A finales de los años 80 el ya extinto ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza) adaptó la definición de dichos modelos americanos a la vegetación peninsular, elaborando un inventario fotográfico de los distintos modelos de combustible presentes en las regiones españolas.

Complementariamente, debido a que incluso en Estados Unidos la mayoría de los complejos de combustible no se adaptaban estrictamente a la descripción de un solo modelo, Scott y Burgan (2005) hicieron una ampliación a estos modelos a un total de 40 modelos para 6 grupos diferentes de formaciones vegetales (pastizal, pastizal-matorral, matorral, hojarasca y sotobosque de pasto y/o matorral, hojarasca, restos leñosos de corta o caídos). De esta manera se pretendía abarcar un mayor rango de tipos de combustibles forestales existentes en los diferentes ecosistemas norteamericanos. Al mismo tiempo se contemplaron situaciones híbridas entre distintos tipos de combustibles básicos y tipologías asociadas a tratamientos selvícolas y se incluyó una componente dinámica en los combustibles herbáceos para poder evaluar determinados efectos directos sobre el comportamiento del fuego predicho.

Fortalezas: Se tratan de clasificaciones reconocidas y asumidas desde hace mucho tiempo por personal relacionado con los incendios forestales, por lo que también son las clasificaciones consideradas en los programas de simulación habituales.

Debilidades: Se basan en las características de la vegetación presente en Estados Unidos y las ecuaciones base se crearon para evaluar exclusivamente los combustibles superficiales, sin considerar por tanto los combustibles del estrato arbóreo.

Modelos europeos (Arroyo, 2006)

Dentro del proyecto de investigación Prometheus (European Commission, 1999), se llevó a cabo una clasificación adaptada al entorno europeo (Arroyo, 2006), la cual simplifica y adapta el sistema NFFL (Northern Forest Fire Laboratory) (Albini, 1976) a las características de la vegetación mediterránea.

Como resultado se cuenta con 7 modelos de combustible dividido en tres grupos básicos (pasto, matorral y hojarasca) en función del tipo de vegetación y parámetros estructurales sencillos (la cobertura y la altura de la vegetación), parámetros que pueden obtenerse de manera relativamente sencilla a partir de información LiDAR.

Fortalezas: actualmente se está utilizando para estudios que evalúan diferentes técnicas de teledetección y nuevas tecnologías para la elaboración de cartografía de modelos de combustible, lo cual supone un gran avance en la generación de este tipo información. Especial interés por su adaptación a las condiciones regionales y su simplificación de modelos.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

Debilidades: Como inconveniente se puede decir que no incorpora información sobre variables de combustible del dosel (CBD) necesarios para evaluar el comportamiento de incendios de copa.

Modelos del Norte de España: Galicia (Arellano et al., 2016)

Recientemente se han desarrollado los trabajos necesarios para la tipificación de los modelos de combustibles de Galicia, publicados en la “Foto Guía de Modelos de combustibles de Galicia” (Arellano et al., 2016). Este documento contiene la clasificación y la cuantificación de los combustibles forestales para la vegetación de Galicia, distinguiéndose cuatro grupos de combustible, herbazales, matorrales, arbolado de hoja perenne y arbolado de hoja caduca. Cada uno de estos grupos, se divide en subgrupos de combustible dentro de los cuales se especifican las especies dominantes presentes en ellos. Para cada especie dominante hay varios modelos de combustible en función del estado de desarrollo (en el caso de masa arbórea), sotobosque, cobertura, etc., resultando un total de 150 modelos.

Los modelos vienen definidos por un gran número de variables: especie, altura, edad, sotobosque (altura y fracción de cabida cubierta) y se definen variables para la interpretación del comportamiento del fuego (como la velocidad de propagación en función de la velocidad del viento. Además, cada modelo de combustible cuenta con una fotografía para la tipificación de los distintos combustibles, con una tabla con sus diferentes características (diferentes tipos de alturas, edad, diámetro normal...) y con una serie de herramientas de tipo ábaco y tablas (velocidad del viento, velocidad de propagación, longitud de llama, intensidad lineal y pendiente) para realizar estimaciones de comportamiento del fuego, así como ayudar a interpretarlo y sugerir distintos medios de extinción adecuados.

Fortalezas: clasificación específica para una región atlántica. Amplia representación de las estructuras de combustible más comunes en Galicia.

Debilidades: elevado número de modelos con mucho detalle que para su uso práctico puede dificultar la interpretación según quien sea el usuario final.

3.3 Cartografía forestal básica a nivel estatal

El Mapa Forestal Español (MFE) es la referencia base de cartografía forestal a nivel estatal, por lo que resulta útil para saber qué tipos y clases de vegetación se encuentran en la zona bajo estudio. En él se recogen la distribución de los ecosistemas forestales españoles, ofreciendo entre otras cosas, información vectorial detallada y homogénea para todo el territorio español del tipo estructural o uso principal de cada tesela de 1 hectárea, del grado de cobertura y de las especies arbóreas y arbustivas cartografiadas. Su principal objetivo radica en ser la cartografía base del Inventario Forestal Nacional (IFN), y de ser una herramienta útil en diversas actividades tanto fuera como dentro del sector forestal. Su representación se realiza mediante fotointerpretación con las ortofotos del PNOA. Se caracteriza por ser un proyecto que se ejecuta de forma periódica (cada 10 años) en cada provincia española (DGDRPF, 2012).

Actualmente se dispone del MFE25 (escala de trabajo 1:25.000), que se trata de la nueva versión del MFE50 (escala de trabajo 1:50.000). Su principal ventaja con respecto al anterior es la disminución de la escala de trabajo, un mayor enriquecimiento de los parámetros ya

estudiados en el MFE50, y la inclusión de nuevos parámetros como el modelo de combustible (Clasificación de Rothermel) y estudios de vegetación arbustiva. Sin embargo, su periodicidad hace que en muchos casos la cartografía de modelos de combustibles no se corresponda con la realidad, sobre todo en áreas muy cambiantes como consecuencia de la actividad forestal y frecuencia de incendios (Noroeste de España). Además no aporta información vectorial sobre variables de los combustibles de copa (altura total, altura de inicio de copa, densidad aparente del dosel), necesaria para simular el comportamiento del fuego de copa.

3.4 Nuevas tecnologías

En los últimos años se ha ido extendiendo cada vez más el uso de herramientas basadas en los SIG (Sistemas de Información Geográfica) y la recopilación de información mediante sensores pasivos (sistemas fotogramétricos, multiespectrales e hiperespectrales) y activos (LiDAR, RADAR y SONAR).

A través de diferentes softwares y herramientas se pueden manejar grandes cantidades de datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y procesarlos según los objetivos establecidos. De esta forma, con el uso de estas nuevas tecnologías se obtiene una visión más objetiva y práctica de la problemática de los incendios forestales, facilitando la integración y análisis de muchos fenómenos que intervienen en su estudio (Badia *et al.*, 1997; Mutlu *et al.*, 2008; Marino *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2013).

Fotogrametría por satélite

En los años 80 se inician las series de satélites de información de observación de la Tierra como Landsat o SPOT y a partir de los 90 la Teledetección Espacial madura como técnica, con la entrada en operación de satélites con nuevos sensores, con un amplio rango de longitudes de onda y con cada vez mejores resoluciones espaciales, hasta llegar a los WorldView, con hasta 30 cm/píxel. Además de estos satélites de muy alta resolución hay que destacar también la entrada en servicio de Landsat 8 y la puesta en marcha del programa Copernicus de la ESA con la familia de satélites Sentinel, actualmente en desarrollo.

Mediante Teledetección se pueden analizar los datos obtenidos por sensores a bordo de estas plataformas espaciales (satélites), incluyendo desde la adquisición de datos de la superficie terrestre por parte del sensor, a partir de la radiación reflejada o emitida por dicha superficie, hasta su posterior recepción, corrección y distribución, así como a su tratamiento final por parte de expertos para la extracción de información útil en la que el usuario final pueda apoyar su toma de decisiones.

Fortalezas: la teledetección y en particular la teledetección espacial, constituye la única fuente de datos de cobertura global sobre la superficie de la Tierra, al disponer de satélites que realizan una cobertura exhaustiva y homogénea de toda la superficie del planeta. Ofrece la posibilidad de combinar los datos con los obtenidos por otras plataformas (tanto terrestres como aéreas) con diferentes resoluciones y a distintas escalas (planetaria, regional, local). Generan datos actualizados a intervalos pequeños de tiempo.

Debilidades: incapacidad para detectar combustibles de superficie cuando la cobertura del dosel es alta, ya que no pueden penetrar en los doseles de los bosques. Además, la

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

reflectancia no está directamente relacionada con la altura de la vegetación, que es una variable crítica para discriminar entre algún tipo de combustible

LiDAR (Light Detection and Ranging)

Recientemente, se está implantando el uso de lo que se conoce como tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging). Esta tecnología consiste en un sensor activo de detección remota basado en un escáner láser combinado con un sistema inercial y un sistema GPS, todo ello instalado en un medio aéreo, siendo capaz de penetrar la cubierta vegetal y obtener información de la estructura de la vegetación y del suelo (Tomé *et al.*, 2013), es decir, permite recoger información de los diferentes estratos de la vegetación. Los sensores activos se caracterizan por emitir pulsos de luz láser y recibirlos una vez que han rebotado en la superficie (suelo, vegetación, infraestructuras...) mediante un medio aéreo o terrestre. Para cada pulso emitido, cada señal de retorno posee unas coordenadas tridimensionales únicas, permitiendo así la captura remota de la información topográfica y pudiéndose generar modelos tridimensionales por medio de nubes de puntos (Magdaleno y Martínez, 2006). De esta manera se puede obtener una rápida adquisición de datos y trabajar con ellos en un SIG.

Los datos LiDAR son por tanto una valiosa fuente de información para el estudio de la estructura de la vegetación, permitiendo entre multitud de aplicaciones por ejemplo generar cartografía relacionada con los modelos de combustible, así como facilitar el análisis del grado de continuidad horizontal y vertical de la vegetación. Este tipo de funciones suponen una herramienta muy importante en los estudios de prevención de incendios y en el diseño de estrategias de combate contra el fuego, sirviendo en muchos casos para el uso de simuladores que permitan prever el comportamiento que puede seguir el fuego en un incendio y facilitar su extinción (Ubiedo *et al.*, 2008).

España es uno de los pocos países que disponen de un Plan Nacional de captura de información LiDAR. En este caso, esta información forma parte del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (LIDAR-PNOA, 2015), mediante el cual actualmente están disponibles los datos correspondientes a la primera cobertura (periodo 2012-2015), pudiéndose descargar de forma gratuita de la página web del Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional (Ministerio de Fomento).

El PNOA es un proyecto cofinanciado entre algunas Comunidades Autónomas y el Estado, por lo que algunas comunidades mantienen sus propias webs de descarga, así como características diferentes en cuanto a la precisión de los datos. Por este motivo, las características del vuelo LiDAR del PNOA garantizan una precisión de 0,5 puntos/m², pero existen realidades distintas en algunas regiones. Por ejemplo en Canarias se disponen de información pública complementaria con una precisión de 1 punto/m² cada año, como parte de un proyecto piloto relacionado con el estudio de cambios en el territorio y en el País Vasco se dispone de información LiDAR de 2 puntos/m² para diferentes zonas y periodos, como resultado de su actitud pionera a la hora de empezar con los vuelos LiDAR y su fuerte inversión en la captura de datos LiDAR.

En todos los caso, lo datos se obtuvieron mediante sensores LiDAR aerotransportados. Los puntos de las nubes se encuentran coloreados en RGB (Red Green Blue) a partir de ortofotos del PNOA y clasificados según estándares del ASPRS (American Society for Photogrammetry

and Remote Sensing) en 12 categorías: 1, sin clasificar; 2, terreno; 3, vegetación baja; 4, vegetación media; 5, vegetación alta; 6, edificios; 7, ruido; 8, puntos clave; 9, agua; 10 y 11, reservados y 12, Solape). El sistema geodésico de referencia que tienen asignado se trata del ETRS89 para todo el territorio español excepto las Islas Canarias.

Estos datos LiDAR consisten en nubes de puntos donde cada punto registra sus correspondientes coordenadas x, y, z en el territorio, poseen una precisión altimétrica superior a 20 cm en su coordenada z, y se distribuyen en ficheros digitales, hojas de 2x2 km de extensión.

En el año 2015 se iniciaron los vuelos de la segunda cobertura LiDAR, cuya ejecución está en curso pero cuya continuidad a día de hoy no está asegurada. Existe la voluntad de hacer vuelos cada seis años, pero no existe garantía de que se hagan vuelos periódicos.

En los últimos años están proliferando la generación de trabajos y estudios usando drones equipados de este tipo de sensores, demostrando su viabilidad como plataformas para la adquisición de datos LiDAR. Estas plataformas presentan ciertas limitaciones en cuanto a la capacidad de carga de los drones, autonomía de vuelo, requisitos de aviación, etc., pero a su vez su gran potencial genera grandes expectativas, sobre todo por su posibilidad de uso en superficies pequeñas donde no compense, económicamente hablando, tomar datos con otro tipo de medios aéreos (avión, helicóptero) realizar un vuelo específico, permitiendo asimismo una mayor frecuencia de vuelos. Todo ello posiblemente compensado bajo la premisa de un futuro abaratamiento de costes para esta tecnología.

Fortalezas: permite una caracterización vertical y horizontal de los complejos de combustible, clave para evaluar su continuidad. Aumento en la disponibilidad de modelos predictivos de características del dosel arbóreo y de la estructura de los combustibles. Gran interés en el campo forestal, con lo que su estudio y mejora en cuanto a tecnología y aplicaciones avanza rápidamente.

Debilidades: Este tipo de datos no permite la discriminación entre especies, por lo que es necesario combinarlo con otras metodologías si se requiere su determinación. Los datos LiDAR gratuitos del PNOA no tienen suficiente resolución para trabajar a gran detalle en la caracterización del matorral presente bajo el arbolado, además la frecuencia en cuanto a actualización y disponibilidad de las bases de datos, resulta insuficiente especialmente en regiones atlánticas donde la dinámica de gestión y perturbaciones implica una gran variabilidad en el tiempo. Estas deficiencias pueden ser superadas con el uso de drones que permiten la toma de datos a pequeña escala, con alta resolución y a tiempo real.

3.5 Metodología: creación de mapas de combustible a partir de datos LiDAR.

En este trabajo se presenta una metodología basada en datos LiDAR y SIG, a través de la cual se consigue asignar al territorio los modelos de combustible existentes a nivel de pixel. Para ello se combinan datos y criterios de análisis procedentes de las nuevas tecnologías y de inventarios convencionales, para lo cual se debe seleccionar de antemano uno de los sistemas de clasificación de combustibles existentes. Todo ello se efectúa bajo el criterio de conseguir unos mapas de combustibles que puedan ser actualizables, que estén lo más adaptados posibles al territorio objeto de estudio y que dispongan de un carácter práctico: reproducibles

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

de manera semiautomática, escalables según sean los objetivos principales y contrastables mediante el uso de distintos sistemas de clasificación de combustibles u otras tecnologías.

A continuación se muestra cómo trabajar a partir de datos LiDAR procedentes del PNOA, su procesado a través del software libre FUSION/LDV McGauhey, (2009) versión 3.60 y análisis mediante el programa ArcMap 10.5 (ESRI, 2016).

Procesamiento de datos LiDAR

En primer lugar, a partir de la página web del Centro Nacional de Información Geográfica (<http://centrodedescargas.cnig.es/>) se descargan los datos de la zona de estudio y mediante el software específico FUSION se realiza el procesamiento de los datos LiDAR del PNOA para obtener distintas variables de la vegetación: altura media y cobertura horizontal de toda la vegetación y del estrato de matorral.

Para ello, en primer lugar se obtienen una serie de modelos digitales, como son el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), Modelo de Superficie (MDS) y el Modelo Digital de Altura de Vegetación (MDHV), formado por las alturas de vegetación normalizadas calculándose a partir de la diferencia entre los dos anteriores (MDS-MDE) y constituyéndose como modelo base para la posterior generación de **estadísticos descriptivos** relativos a distintas variables de la vegetación (mediante el comando *Gridmetrics* de FUSION). Para poder comenzar a trabajar en este proceso, se deben establecer una serie de consideraciones previas de acuerdo a la finalidad del trabajo:

- Se trabaja con las clases 3, 4 y 5 (vegetación baja, media y alta), según la propia clasificación de los datos en las hojas LiDAR del PNOA.
- Mediante el switch “strata” se definen los estratos de vegetación de interés de vegetación de acuerdo al rango de alturas conocido en la zona. En concreto, se definen los rangos de altura para los estratos de matorral y de vegetación arbórea.
- Se establecen los límites que definan los puntos considerados como *outliers*, con el objetivo de omitir aquellos puntos que se traten de errores (tengan una elevación exagerada o negativa en la zona de estudio) y que restarían fiabilidad a los resultados finales.
- Se establece la altura de corte *heightbreak*, es decir, la altura a partir de la cual se tienen en cuenta los puntos para el cálculo de la cobertura de vegetación.
- Se decide qué estadísticos LiDAR se tomarán para la representación en formato raster de las variables de la vegetación de los distintos estratos, en concreto altura y fracción de cabida cubierta. Las variables LiDAR a considerar para la determinación de la altura serán los percentiles de altura o alturas medias en los estratos predefinidos. En el caso de la fracción de cabida cubierta, se considerarán los porcentajes de primeros retornos por encima de una altura de corte o los porcentajes de retornos en los estratos predefinidos.

Por último, se generan los diferentes **mapas en formato raster** correspondientes a los estadísticos de vegetación seleccionados para representar las variables de vegetación de interés (altura dominante, H_0 y fracción de cabida cubierta, FCC), diferenciando por un lado el conjunto de toda la vegetación y por otro lado los estratos correspondientes con el matorral.

Para representar los valores generados a partir de los diferentes estadísticos de vegetación, se determina el tamaño de pixel más adecuado. Esto se valora en función de la escala y la densidad de puntos con la que se trabaja.

Asignación de modelos de combustible y creación del mapa de modelos de combustible

En primer lugar, se decide qué base de datos se va tomar como base para definir la vegetación existente (Mapa Forestal Español, Proyecto de Ordenación específico...) y cuál será el sistema de clasificación de combustibles forestales que se tomará como referencia. Esto se seleccionará según los objetivos específicos (escala de trabajo, información disponible, nivel de detalle que se pretenda obtener...).

A continuación se efectúa un análisis detallado de la vegetación presente en la zona y posteriormente se hacen agrupaciones sencillas de la vegetación. Esto tiene lugar con la intención de poder relacionar dichas descripciones con las agrupaciones consideradas en el sistema de clasificación de modelos de combustible con el que se vaya a trabajar.

A continuación se realiza la combinación espacial de los archivos raster obtenidos del procesado de los datos LiDAR, con dichas agrupaciones de la vegetación. Como resultado se obtiene una única capa cartográfica, con información de los valores de H_0 y FCC de la vegetación y del estrato del matorral, además de las agrupaciones de la vegetación. A partir de estas tres variables se ejecutan una serie de órdenes condicionantes y se asignan los diferentes modelos de combustible para la zona bajo estudio.

Finalmente tiene lugar la elaboración de una serie de mapas en los que se representan las distintas variables obtenidas de la vegetación y los distintos modelos de combustible asignados para la zona de estudio.

De manera paralela se puede trabajar en la construcción de un modelo de ejecución de procesos, en el cual se incluyan los anteriores pasos y que sirva de metodología ejecutable y reproducible de manera semiautomática para otras zonas de estudio. La creación de dicho modelo se realiza mediante la extensión *Model Builder* del programa ArcGis 10.5, a través del cual se pueden ir añadiendo y enlazando herramientas de geoprocésamiento en un determinado orden, con el objetivo de que se puedan ir ejecutando una tras otra, solicitando al usuario determinados datos de entrada o parámetros.

En el modelo construido se pueden distinguir tres elementos diferentes, siendo los círculos azules los datos de entrada (inputs) de dichas herramientas, los cuadrados amarillos las herramientas que se ejecutaron y los círculos verdes el resultado de la ejecución de las herramientas, que a su vez, pueden actuar como *inputs* para la siguiente herramienta enlazada.

De esta manera se crea una caja de herramientas y un modelo, y se reproduce el flujo de trabajo del proyecto, añadiendo los pasos anteriormente descritos. En la Figura 39 se muestra el aspecto que presentaría un esquema completo, con los distintos pasos del modelo y las herramientas utilizadas en el mismo.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

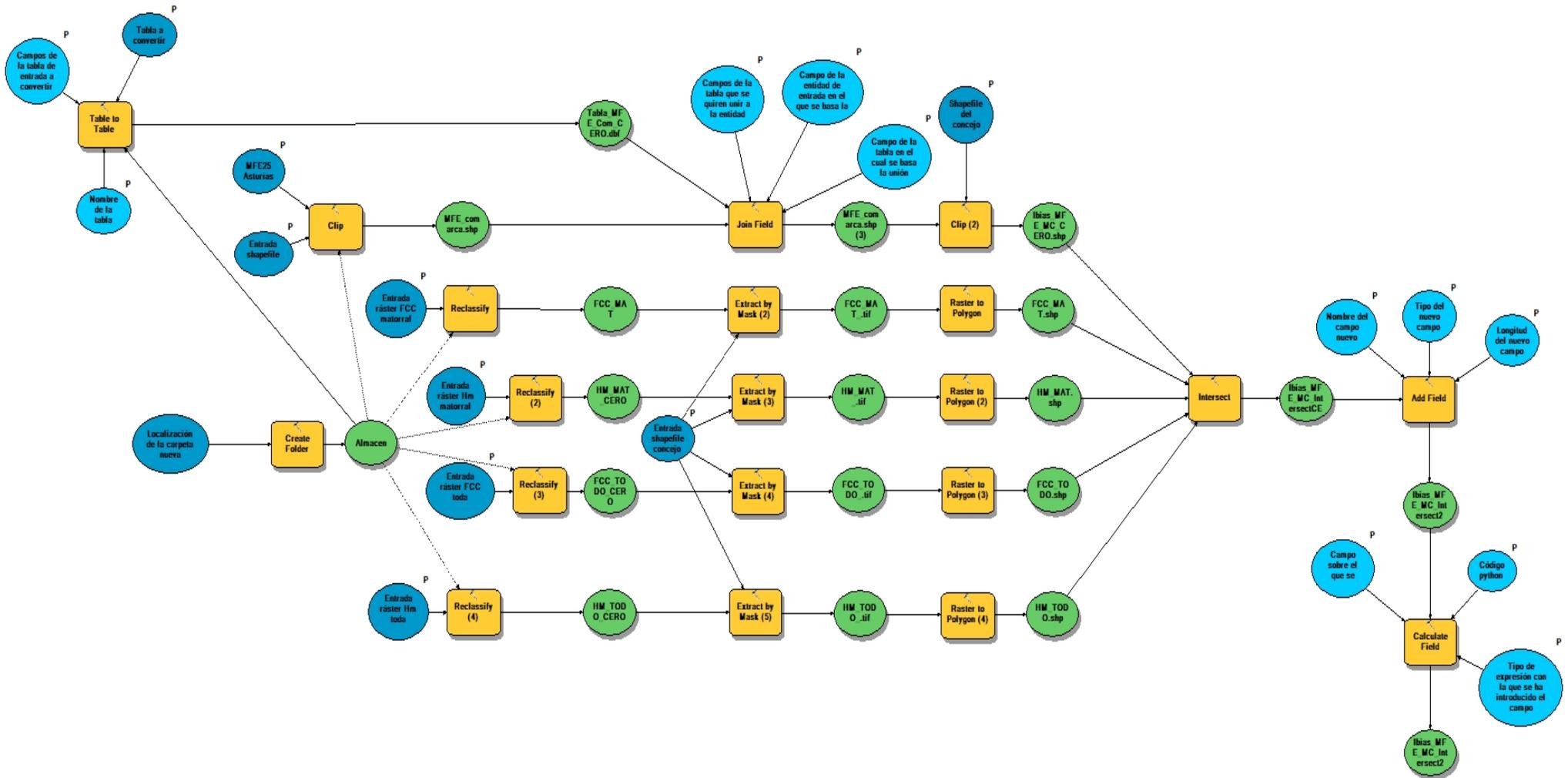


Figura 39 - Esquema de trabajo a través de la herramienta Molder Builder del programa ArcGIS.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica

3.6 Aplicación de la metodología: proceso y salidas gráficas.

A continuación se muestran como ejemplo dos mapas resultado de aplicar esta metodología a una escala administrativa de carácter municipal y a una escala de monte en Asturias (Norte de España). Las consideraciones específicas tenidas en cuenta son las siguientes:

- Se tomaron como base el Mapa Forestal Español y el sistema de clasificación de modelos de combustible de Galicia.
- El tamaño del pixel del MDT generado fue de 5 metros.
- Se definieron diferentes estratos de vegetación de acuerdo a un rango de alturas comprendido entre 0,5 y 40 m.
- Se establecieron como *outliers*, aquellos puntos que fueran inferiores a 0,5 metros y superiores a 40 metros.
- Se estableció la altura de corte *heightbreak*, para la determinación de la fracción de cabida cubierta, en 2 metros.
- Los estadísticos descriptivos de la vegetación que se tomaron fueron los siguientes: en el caso de “Toda la vegetación”, para la H_0 se tomarán los valores correspondientes con el percentil 90 y el porcentaje de los primeros retornos por encima de los 2 metros para la FCC. En el caso del “Matorral”, para la altura se tomará el valor de altura media del estrato predefinido de 0 a 2 m y para la fracción de cabida cubierta el porcentaje de retornos en ese estrato frente al total de retornos en cada pixel.
- El tamaño del pixel de los raster generados fue de 10 metros.

Bajo estas consideraciones, se consiguió un mapa de combustibles de elevado detalle, aunque es necesario resaltar que la información de partida es mejorable tanto desde el punto de vista de datos LiDAR con una mayor densidad de puntos por metro cuadrado y actualizado, como sobre todo de un mapa de vegetación más detallado que permita una asignación correcta del modelo de combustible.

Debido al elevado detalle de esta capa de información, para la representación a nivel de municipio se hizo una agrupación de los 66 modelos de combustible obtenidos hasta quedarse con 21 grupos. Con esto se pretende facilitar la comprensión y visión global de la distribución de los modelos de combustible identificados. En la Figura 40 se muestra el mapa resultante de dicha agrupación.

El nivel de detalle elevado que se genera hace pensar que el resultado pueda ser más idóneo para su uso a una escala de monte o rodal. En la Figura 41 se presenta, a modo de ejemplo, el mapa de combustibles generado para un MUP (Monte de Utilidad Pública) concreto denominado Valcarcel ubicado en el municipio de Ibias.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

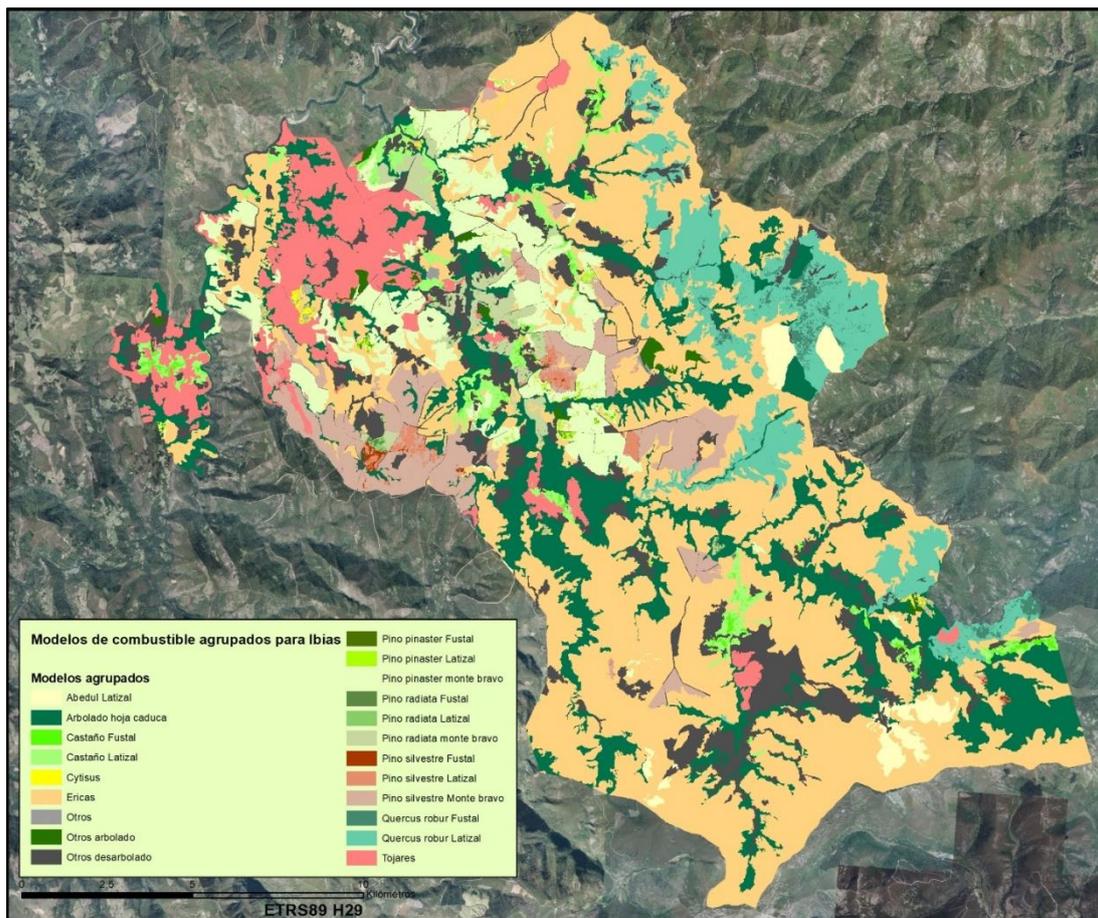


Figura 40 - Modelos de combustible. Escala municipal. Concejo “Ibias”.

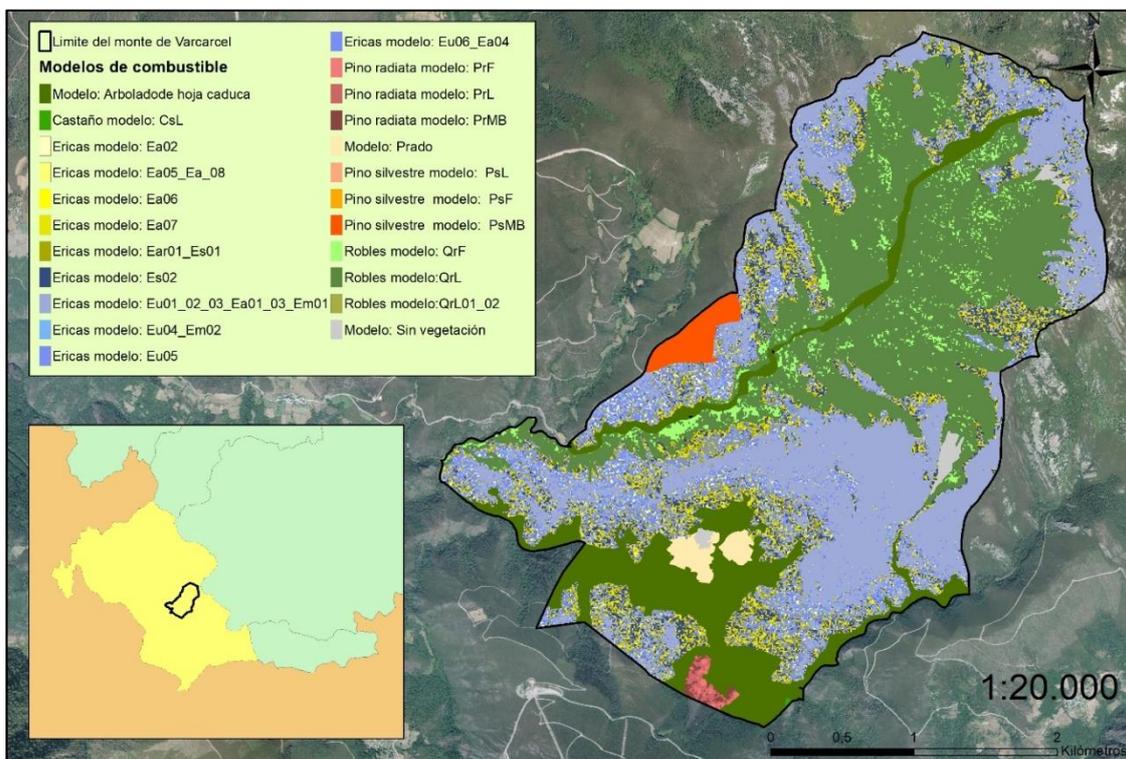


Figura 41 - Modelos de combustible. Escala rodal. MUP Valcarcel.

3.7 Futura validación del método y retroalimentación de información

Una vez establecida esta metodología genérica, quedan abiertas distintas vías para repetir el proceso y mejorar la precisión de los resultados en función de cuales hayan sido las fuentes de información utilizadas para cada caso concreto. En el caso de Asturias, donde en el apartado anterior se muestra algunos resultados en base a las consideraciones específicas mencionadas, por un lado se podría seguir trabajando utilizando otra de las clasificaciones de modelos de combustible, concretamente podría ser interesante los modelos europeos (Arroyo, 2006) y por otro lado con el apoyo de otras de las tecnologías mencionadas: validación del método con información LiDAR que disponga de mayor densidad de puntos y/o la combinación con datos procedentes de satélite.

Al mismo tiempo, se considera imprescindible que antes de seguir avanzando en este aspecto, se tenga en cuenta la opinión práctica que pueda aportar personal responsable de las tareas tanto de prevención como extinción. Para ello, se cree fundamental mantener una participación activa con las partes implicadas, en la cual se pueda recabar información y adaptar determinados criterios técnicos a las necesidades reales que puedan existir.

De esta manera se pretende llegar a conseguir un mapa de combustible veraz y fiable por parte de quienes pudieran sacarle provecho. Directamente como cartografía base en gabinete o campo, como información clave en el estudio del comportamiento del fuego mediante simuladores de incendios forestales o como parte fundamental de la posible creación de mapas de riesgos de incendios.

3.8 Bibliografía

Anderson, H. E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. US Forest Service, Technical Report INT-122. 28 pp.

Arellano, S., Vega, J. A., Ruíz, A. D., Arellano, A., Álvarez, J. G., Vega, D. J., Pérez, E. 2016. Foto-Guía de combustibles forestales de Galicia. Andavira Editora. Santiago de Compostela, España: 224 pp.

Arroyo, L.A, Healey, S.P., Cohen, W.B., Cocero, D., 2006. Using object-oriented classification and high-resolution imagery to map fuel types in a Mediterranean region. Journal of Geophysical Research 111, G04S04 doi:10.1029/2005JG000120.

Badia, A., Cerdan, R., Nunes, J., Sánchez, F., Ferrero, I. 1997. Prevención de incendios forestales. Integración de las técnicas de modelización en los sistemas de información geográfica. II Congreso Forestal Español, Pamplona.

DGDRPF, 2012. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Cuarto Inventario Forestal Nacional, Asturias. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 58 pp.

ESRI, 2016. Environmental Systems Resource Institute. ArcGIS 10.5. ESRI, Redlands, CA.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

- European Commission, 1999. Prometheus S.V. Project. Management techniques for optimization of suppression and minimization of wildfire effects. System validation. European commission. Contract number ENV4-CT98-0716, 1998-2000.
- Magdaleno, F., Martínez, R. 2006. Aplicaciones de la teledetección láser (LIDAR) en la caracterización y gestión del medio fluvial. Ingeniería Civil, (142), 1-15.
- Marino, E., Ranz, P., Tomé, J. L., Noriega, M. A. 2016. Cartografía de alta resolución de modelos de combustible forestal: metodología de bajo coste basada en datos LIDAR. Foresta, 65: 34-42.
- McGauhey, R.J., 2009. FUSION/LDV: Software for LiDAR Data Analysis and Visualization; USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: Seattle, WA, USA.
- Mutlu, M., Popescu, S. C., Stripling, C., Spencer, T. 2008. Mapping surface fuel models using lidar and multispectral data fusion for fire behavior. Remote Sensing of Environment, 112(1), 274-285.
- LIDAR-PNOA, 2015. CC-BY 4.0. Sistema Cartográfico Nacional. Instituto Geográfico Nacional, Dirección General del Catastro, Confederación Hidrográfica del Tajo, Confederación Hidrográfica del Duero y Castilla y León. Gobierno de España y Castilla y León. <http://www.scne.es/>.
- Ramírez, J., Blanco, J., Cerrillo, A., Marqués, G., Valcarce, R., Llordén, J. M. 2013. Generación de cartografía de modelos de combustible a partir de datos LIDAR y análisis de imágenes orientado a objetos para su integración en Wildfire Analyst. VI Congreso Forestal Español, 6-14 Junio, Vitoria-Gasteiz.
- Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Rep. No. RP INT-115. SDA Forest Service, Ogden, UT.
- Scott J.H., Burgan R.E. 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-GTE-153, Fort Collins, CO.
- Tomé, J. L., Sanjuanbenito, P., Fernández, A. 2013. Cartografía de Vegetación en la Comunidad de Madrid utilizando información LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). VI Congreso Forestal Español, 6-14 junio, Vitoria-Gasteiz. 14 pp.
- Ubiedo, M. V., Abril, E. G., Ravelo, A. C. 2008. Caracterización de modelos de combustible a partir de estructuras vegetales en Calamuchita, Córdoba. XII Reunión Argentina de Agrometeorología, 273-274.

Ferramentas de simulação

Enrique Jiménez Carmona, José M. Fernández Alonso, Cristina Fernández Filgueira

4.1 Introducción

Para la evaluación del riesgo de incendio forestal y llevar a cabo la planificación de actividades preventivas es necesario el conocimiento del comportamiento de un incendio forestal, así como anticipar los posibles efectos de las medidas sobre los combustibles en este comportamiento. La complejidad de la evaluación del riesgo de incendio y planificación de los tratamientos sobre los combustibles ha llevado al incremento en la utilización de los modelos de comportamiento del fuego, tanto desde el punto de vista de la investigación, como a nivel operacional. Los modelos, en general, presentan una serie de limitaciones, fundamentalmente como consecuencia de la necesidad de un gran número de parámetros de entrada (inputs). En muchos casos, estos parámetros están asociados a cierto grado de incertidumbre, debido a la imposibilidad de medir todos ellos en tiempo real, y a la necesidad de estimarlos mediante mediciones indirectas. Además, en la mayoría de los casos, estos modelos no se pueden resolver de una manera analítica, y deben ser abordados mediante la aplicación de métodos numéricos, que son solamente aproximaciones de la realidad.

Los modelos de comportamiento del fuego existentes pueden clasificarse en modelos **empíricos, físicos, probabilísticos y semiempíricos**.

Los modelos **empíricos** se basan en información recogida en incendios (fuegos reales o quemas experimentales), por lo que sus predicciones suelen ser más ajustadas a la realidad. Sin embargo, los fundamentos físicos de las relaciones obtenidas entre variables no son siempre claros y sus predicciones solo deben aplicarse en el rango de variables que fueron medida, por lo que su extrapolación a otros casos es difícil. Además, en la experimentación en campo no es posible ejercer un control sobre las variables y muchas relaciones pueden quedar oscurecidas por colinealidades entre parámetros. Existe software para modelos empíricos obtenidos para incendios de superficie y copa en Canadá (FBP System Calculator), así como para incendios de superficie en Australia (CSIRO Fire Danger and Fire Spread Calculator). Aparte de estos programas informáticos, en la bibliografía podemos observar diferentes ecuaciones obtenidas a partir de quemas experimentales para la determinación de la velocidad de propagación en incendios forestales en ecosistemas mediterráneos europeos (Anderson et al. 2015).

Los modelos **físicos**, predicen la propagación del fuego basándose en las características físicas de la combustión, teniendo en cuenta los tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Estos modelos están basados en ecuaciones en 3D de dinámica de fluidos, combustión, transferencia de calor y degradación térmica de los combustibles vegetales, dando lugar a una solución numérica en escala espacial y temporal de las ecuaciones de transporte para masa, momento y energía. A pesar de que se han desarrollado diversos modelos físicos, su utilización es muy compleja debido a la gran cantidad de información y el alto grado de detalle que requieren, lo que hace que los cálculos requieran

una alta capacidad computacional, así como mucho tiempo, lo que los hace en la actualidad poco prácticos, sobre todo en tareas de extinción de incendios forestales. En la actualidad podemos destacar los modelos físico HIGRAD/FIRETEC – Figura 42 (EEUU; Linn et al., 2002), WFDS (Wildland – urban interface Fire Dynamics Simulator, EEUU; Mell et al., 2007) y FIRESTAR (Francia; Morvan y Dupuy, 2004).

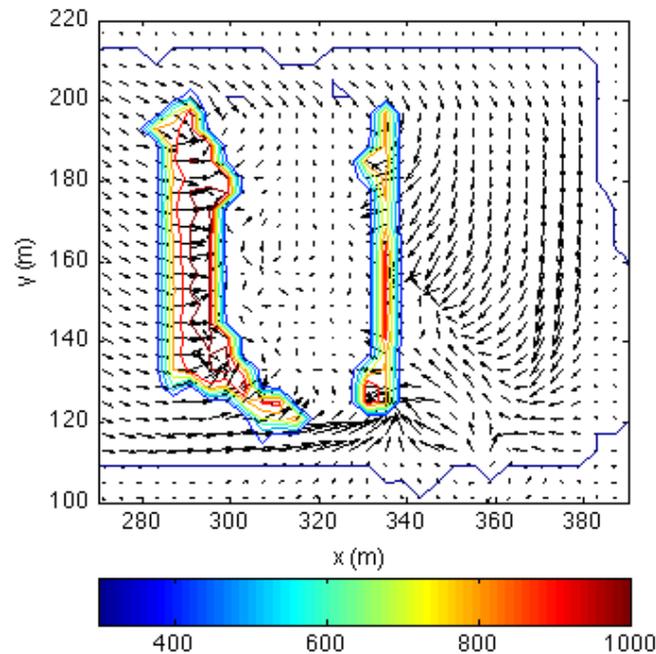


Figura 42 - Simulación mediante el modelo físico HIGRAD/FIRETEC de la interacción entre dos frentes de fuego (Dupuy et al. 2011)

Los modelos **probabilísticos** se basan en tablas de contingencia más que en ecuaciones físicas y estadísticas. En estos sistemas, cada variable ambiental se asocia con cada posible condición ambiental, y se crean tablas de contingencia con probabilidades relativas. Estos modelos son solo aplicables bajo condiciones similares a aquellas en las que ha sido desarrollado. Estos modelos son utilizados principalmente para simular la probabilidad de ignición y propagación de una secuencia de fuegos hipotéticos en un paisaje (Albriight y Meisner, 1999).

Los modelos **semiempíricos** se apoyan en los principios físicos básicos del comportamiento del fuego, pero integran también información experimental para resolver problemas parciales dentro del modelo, que presentan dificultades extremas en su resolución analítica. El modelo semiempírico más empleado para la caracterización del fuego de superficie es el de Rothermel (1972), siendo este modelo, con algunas modificaciones realizadas por Albini (1976), el que se encuentra integrado en la mayoría de las herramientas existentes para la predicción del comportamiento del fuego (BEHAVE, FARSITE, FLAMMAP). En este modelo se evalúa la energía generada por el fuego, la transmisión de calor desde el fuego al combustible y la energía absorbida por el combustible. En él se tienen en cuenta los combustibles muertos y vivos, así como su humedad. También se consideran los efectos del viento y pendiente en la transferencia de calor, la carga y compactación del combustible, el tamaño de partícula, etc. Todos estos factores determinan la forma y velocidad en que el fuego se propaga.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

En el caso del comportamiento del **fuego de copa**, se han desarrollado diferentes modelos. Los más empleados son el modelo de iniciación de Van Wagner (1977), los modelos de propagación Rothermel (1991) y Scott y Reinhardt (2001) y los modelos de iniciación y propagación del Forestry Canada Fire Danger Group (1992), de Finney (1994) y los probabilísticos de Cruz, et al. (2004, 2005, 2006a, 2006b).

En la predicción del comportamiento del fuego, los simuladores existentes en la actualidad utilizan fundamentalmente aproximaciones empíricas y semiempíricas para usos operacionales, entrenamiento y simulaciones del comportamiento del fuego en tiempo real (Johnston et al., 2005). La aproximación física es utilizada principalmente para la descripción de los procesos físicos y químicos que tienen lugar durante la combustión y propagación del fuego. Aunque generalmente se han empleado modelos de comportamiento del fuego no espaciales, para un tipo de modelo de combustible y constantes condiciones ambientales (BEHAVE), para la evaluación del riesgo de incendio forestal y planificar tratamientos preventivos a escala de paisaje, los modelos que deben emplearse son aquellos que muestran el comportamiento del fuego de manera espacial. De esta manera se puede visualizar el beneficio potencial de las propuestas de actuaciones preventivas. A continuación se van a describir los más empleados, que son FARSITE (Finney 1998) y FLAMMAP (Finney 2006). Además se va a describir el programa Landscape Treatment Designer – LTD (Ager et al. 2012) el cuál, a partir de resultados obtenidos a través de simulaciones una serie de funciones objetivo determina las áreas prioritarias donde efectuar tratamientos preventivos.

4.2 Farsite

FARSITE es un simulador de crecimiento del fuego en dos dimensiones siguiendo un modelo de propagación elíptica, en el que se considera el terreno como un medio continuo, y no como una malla de celdas (Figura 43). Para simular el crecimiento del frente del fuego se basa en el principio de propagación de ondas de Huygens. Este modelo de comportamiento del fuego requiere para la generación del escenario de la simulación capas espaciales de información topográfica (altitud, pendiente y orientación) y de estructura y características de los combustibles (fracción de cuba cubierta del arbolado, altura del arbolado, altura de inicio de la copa, densidad aparente del dosel y modelos de combustible). Todas estas capas deben tener similar resolución espacial (tamaño de pixel). Generalmente se suele usar información con una resolución de 20 - 30 m, en un compromiso entre el nivel de detalle y los requerimientos informáticos para los cálculos del comportamiento del fuego. Aparte de la utilización de los modelos estándar de combustible, permite la inclusión de modelos específicos contruidos a partir de información recopilada para el escenario de la simulación. Para realizar las simulaciones es necesaria información sobre la humedad de los combustibles, condiciones meteorológicas durante el período simulado (precipitación, temperaturas y humedad relativa) y velocidad y dirección del viento. La humedad de los combustibles variará durante el período de la simulación en función de las condiciones meteorológicas introducidas. Además, es necesario incluir un punto de ignición (o línea o polígono) a partir del cual iniciar los cálculos de comportamiento. Se pueden incluir igualmente actividades de extinción de incendio, pudiéndose evaluar su efecto en el comportamiento del fuego.

Los modelos de comportamiento del fuego que incorpora este programa son el modelo de Rothermel (1972) – Albini (1976) para el comportamiento del fuego de superficie, el de Van

Wagner (1977) para el inicio de fuego de copas y los de Finney (1994) o Scott y Reinhardt (2001), dependiendo de cómo se calculó la densidad de copa aparente, para la velocidad de propagación del fuego de copas. Incorpora además un modelo para la generación de pavesas (Albini 1979). Además permite la incorporación de vectores de viento (velocidad y dirección) obtenidos mediante programas que permiten determinar la variación de estos parámetros por el efecto de la topografía y hora del día (WindNinja – Forthofer 2007).

Este programa aplica los cálculos de comportamiento del fuego a condiciones ambientales complejas, en el que los combustibles, condiciones atmosféricas y topografía varían espacial y temporalmente. Se controla la resolución espacial y temporal de los cálculos, y como resultado se obtienen mapas de propagación del fuego y de su comportamiento (velocidad de propagación, longitud de llama, intensidad) para toda la superficie del perímetro del incendio. Los resultados espaciales de las diferentes variables de comportamiento del fuego obtenidos mediante las simulaciones pueden ser descargados en formato ráster o vectorial para su posterior procesado en SIG. La utilidad de este programa es amplia, ya que permite realizar una evaluación a corto, medio y largo plazo de incendios activos, planificar la lucha contra incendios, realizar evaluaciones de alternativas de actuaciones de supresión y además, con incendios pasados, nos permite validar y ajustar el programa, así como reconstruir y estudiar incendios. Este simulador tiene utilidad para evaluar el riesgo ante incendios forestales y planificar actuaciones selvícolas preventivas si se realizan un elevado número de simulaciones en el escenario evaluado. Sin embargo, con este objetivo es de mayor utilidad el empleo de FLAMMAP.

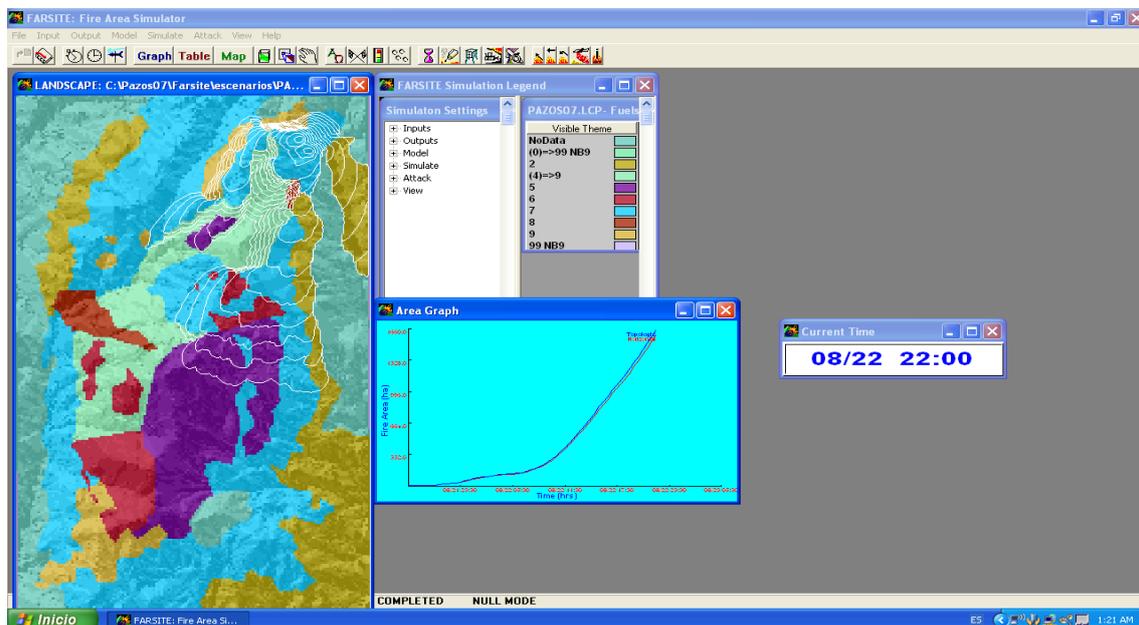


Figura 43 - Visualización de la simulación de un caso de estudio mediante el programa Farsite

En Canadá, se ha desarrollado un programa denominado PROMETHEUS con características similares a FARSITE, pero en el que el comportamiento del fuego se basa en el modelo empírico del Forestry Canada Fire Danger Group (1992).

Existen otros simuladores de comportamiento del fuego comerciales con características similares a FARSITE, que incluyen algunas modificaciones, como Wildfire Analyst (Tecnosylva) software que proporciona análisis en tiempo real del comportamiento de incendios forestales y simula la propagación de incendios forestales. Proporciona resultados estándar del

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

comportamiento del fuego tales como velocidad de propagación, longitud de la llama, intensidad de la línea de fuego, potencial de fuego de copa, genera de campos de viento de alta definición, determina hora de llegada y perímetro de fuego en cualquier intervalo de tiempo deseado y proporciona mapas de combustibles y adaptación en función de las condiciones observadas.

4.3 Flammap

FLAMMAP es un programa de análisis y mapificación de las características de comportamiento de incendio para cada pixel en un paisaje, bajo unas condiciones meteorológicas y de humedad de combustibles constantes en el tiempo. Este programa de simulación del comportamiento del fuego requiere las mismas capas espaciales que FARSITE, e incorpora los mismos modelos de comportamiento del fuego. Aparte de esta información espacial, para realizar las simulaciones es necesaria información sobre la humedad de los combustibles y velocidad y dirección del viento, pudiendo incorporarse al igual que en FARSITE los resultados obtenidos mediante la aplicación de programas que permitan determinar la variación espacial de la velocidad y dirección del viento como consecuencia de la topografía. Cabe reseñar que, con vistas a la planificación de tratamientos preventivos, se recomienda realizar las simulaciones considerando condiciones meteorológicas críticas, de forma que los tratamientos puedan ser efectivos ante los peores escenarios.

Mediante FLAMMAP se pueden realizar diferentes simulaciones:

Determinación de los principales vectores de propagación (Fire Paths) y tiempo de recorrido mínimo (Minimum Travel Time – MTT arrival time) – Figura 44. En este tipo de simulación, se modelan incendios usando el algoritmo bidimensional de crecimiento del fuego MTT. Para los cálculos este algoritmo asume la independencia del comportamiento del fuego entre celdas adyacentes, pero si es dependiente de la situación de la ignición, de la resolución de los cálculos y de la duración de la simulación. El algoritmo MTT replica el crecimiento del frente del fuego mediante el principio de propagación de ondas de Huygens. Generalmente, se localización líneas de encendido perpendiculares a la dirección preponderante del viento escenario de la modelización, evitando lo máximo posible áreas de discontinuidad de combustible. Para esta simulación se tiene en cuenta la aparición de pavesas, y se puede considerar que existe una posibilidad de aparición de pavesas en aquellos pixeles en los que se produzca incendios de copa (pasivos o activos). Este tipo de simulación nos permite conocer cuáles podrían ser áreas de interés para actuar preventivamente, de forma que se interrumpan los vectores de propagación principales del fuego, bajo las condiciones ambientales en las que se ha realizado la simulación.

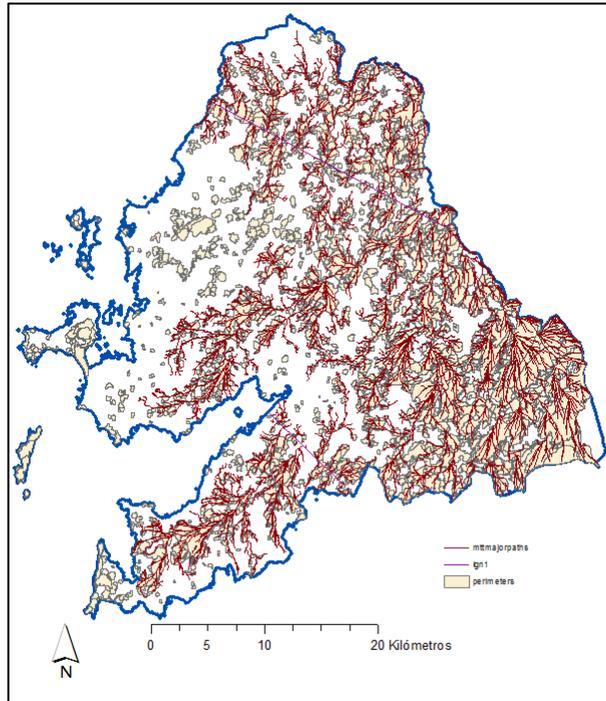


Figura 44 - Determinación de los principales vectores de propagación (Fire Paths) en un área de estudio mediante Flammap

Comportamiento del fuego básico. Simulación estática, mediante la que se obtienen los resultados de variables de comportamiento del fuego (velocidad de propagación, longitud de llama, intensidad lineal, existencia de fuego de copa activo, entre otras) de manera independiente para cada uno de los píxeles, bajo las condiciones meteorológicas y de combustible previamente definidas (Figura 45). Esto nos permite conocer aquellas áreas donde un incendio potencial puede ser más peligroso, por existencia de altas intensidades del fuego, presencia de fuegos de copa activos, llamas de elevada magnitud o altas velocidades de propagación.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

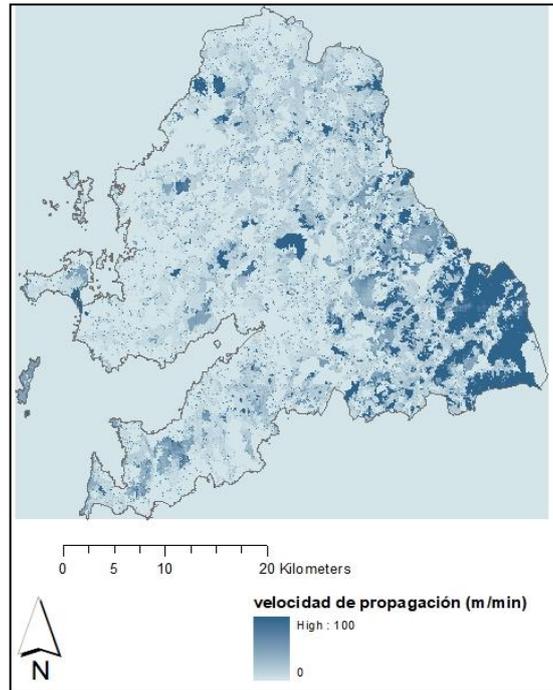


Figura 45 - Determinación de la variación espacial de la velocidad de propagación en el área de estudio mediante Flammap

Probabilidad de incendio. Mediante esta modelización, múltiples incendios son simulados con el algoritmo de crecimiento del fuego MTT, de manera que se determinan aquellos píxeles con mayor probabilidad de ser recorridos por un incendio bajo las condiciones meteorológicas y de combustible previamente definidas. El programa simula un número de igniciones definidas por el usuario (entre 1000 – 100.000), ya sea de manera aleatoria, o mediante la inclusión de un fichero de datos con la localización de puntos de ignición. En este tipo de simulación también se puede incluir la aparición de pavesas.

Optimización de Tratamientos. Mediante esta opción se localizan áreas donde priorizar los tratamientos de manera que bloqueen los principales vectores de propagación, maximizando la reducción de la velocidad de propagación del fuego a lo largo del escenario de la simulación por área tratada, para las condiciones de viento y humedad de combustibles definidas. Esta opción de FLAMMAP requiere dos escenarios, uno no tratado (el original) y otro conteniendo las características de los combustibles si todos los posibles tratamientos preventivos pudiesen llevarse a cabo. Además, debe incluirse el porcentaje de superficie que se puede tratar.

Al igual que en el caso de FARSITE, los resultados espaciales de las diferentes variables de comportamiento del fuego obtenidos mediante las simulaciones de FLAMMAP pueden ser descargados en formato ráster o vectorial para su posterior procesado en SIG. Estos resultados pueden ser, bien directamente, o bien mediante el empleo de otros programas informáticos, como base a la hora de planificar espacialmente las actividades preventivas en el área de estudio.

4.4 Landscape Treatment Designer

El programa Landscape Treatment Designer (LTD) es un sistema multicriterio de priorización y optimización espacial para el diseño de escenarios de tratamientos preventivos en el territorio. LTD usa como inputs funciones objetivo de tratamiento (zonas prioritarias para realizar los tratamientos), restricciones de actividades (como por ejemplo máxima área a tratar) y funciones límite para la realización de tratamientos (por ejemplo, realizar los tratamientos en aquellos polígonos donde la longitud de llama sea superior a cierta altura). Con toda esta información LTD crea una secuencia de proyectos espacialmente definidos donde ejecutar los tratamientos preventivos, en los que se maximizan los objetivos con las restricciones y límites definidos.

El programa LTD usa un archivo vectorial en el que se presenten los límites de los polígonos (rodales) del escenario a evaluar, con una tabla de atributos con campos en los que se describan las características de cada polígono con respecto a las funciones límite (longitud de llama), funciones objetivo (por valores económicos, ecológicos u otros) con su respectivo valor de peso para ser usado en la priorización y valores utilizables para la restricción de los tratamientos (superficie, presupuesto para tratar el área). Los inputs de comportamiento del fuego para cada polígono pueden ser obtenidos a partir de FLAMMAP o de otros simuladores de comportamiento del fuego.

Posibles funciones objetivo son: presencia de viviendas o infraestructuras en el polígono, presencia de espacios naturales protegidos, riesgo de incendio en el polígono, planes de ordenación existentes en el área, edad/calidad de la masa forestal, cercanía a carreteras o pistas, propiedad del terreno, vulnerabilidad a incendios de alta severidad.

Posibles funciones límite: tratar áreas donde la longitud de la llama sea superior a 2 m (a partir de la cual hay una pérdida significativa del valor económico y ecológico de la masa forestal), velocidad de propagación del fuego superior a 10 m/min (dificultad para labores de extinción), no tratar en áreas con pendientes superiores a 30%, tratar polígonos de una superficie superior a un tamaño mínimo, no tratar áreas con restricciones de actividades selvícolas.

LTD permite dos opciones de optimización espacial: agregado y no agregado. Mediante la opción “agregado” LTD construye un área contigua que maximiza la función objetivo sin exceder las restricciones de tratamiento (superficie a tratar) (Figura 46). Mediante la opción “no agregado”, LTD simplemente localiza los polígonos que maximizan la función objetivo dentro de las restricciones de tratamiento, sin tener en cuenta su relación espacial (Figura 46). LTD crea un mapa de prioridades de tratamientos que resulta en una secuencia de polígonos de proyectos con su respectivo orden de prioridad.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

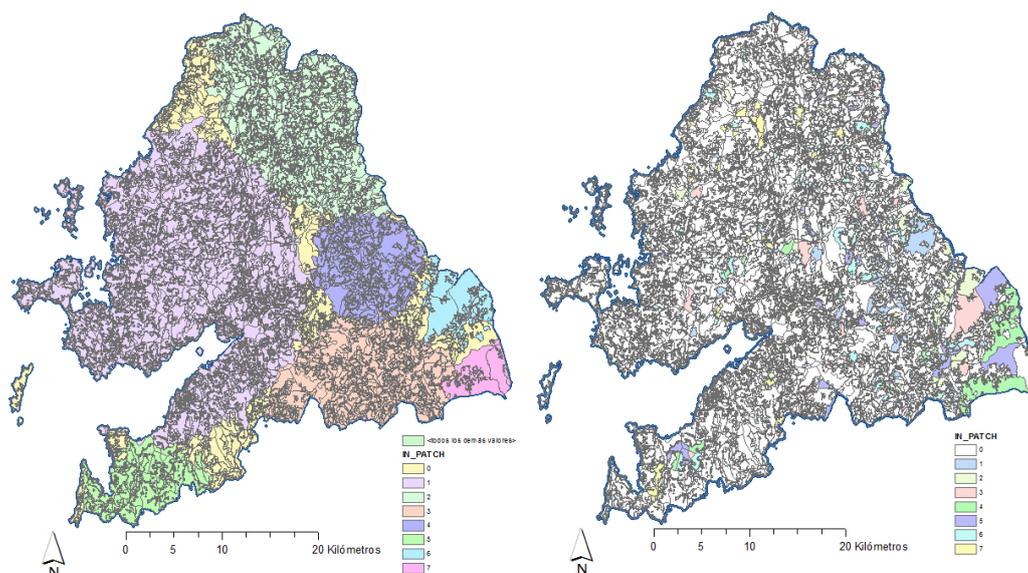


Figura 46 - Determinación de área contigua que maximiza la función objetivo sin exceder las restricciones de tratamiento – opción agregado (izquierda) y localización de los polígonos que maximizan la función objetivo dentro de las restricciones de tratamiento, sin tener en cuenta su relación espacial – opción no agregado (derecha) mediante LTD.

Cabe destacar la existencia en la actualidad de programas como ArcFuel, en el cual se integran en ArcGis FARSITE, FlamMap y LTD, entre otros programas (Vaillant et al., 2013).

4.5 Bibliografía

Ager AA, Vaillant NM, Owens DE, Brittain S, Hamann J, 2012. Overview and example application of the Landscape Treatment Designer. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-859, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR.

Albini F, 1976. Estimating wildfire behavior and effects. Ogden, USDA Forest Service. Gen.Techn.Rep. INT-30.

Albini FA, 1979. Spot fire distance from burning trees— a predictive model. Gen. Tech. Rep. INT-56. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 73 p.

Albright D, Meisner BN, 1999. Classification of fire simulation systems. Fire Management Notes 59: 5 - 12.

Anderson WR, Cruz M, Fernandes PM, McCaw L, Vega JA, Bradstock RA, Fogarty L, Gould J, McCarthy G, Marsden-Smedley JB, Matthews S, Mattingley G, Gran Pearce H, van Wilgen BW, 2015. A generic, empirical-based model for predicting rate of fire spread in shrublands. Int. J. Wild. Fire 24: 443-460.

Cruz MG, Alexander ME, Wakimoto RH, 2004. Modeling the likelihood of crown fire occurrence in conifer forest stands. For. Sci. 50: 640–658.

- Cruz MG, Alexander ME, Wakimoto RH, 2005. Development and testing of models for predicting crown fire rate of spread in conifer forest stands. *Can. J. For. Res.* 35: 1626–1639.
- Cruz MG, Butler BW, Alexander ME, 2006a. Predicting the ignition of crown fuels above a spreading surface fire. Part II: Model behavior and evaluation. *Int. J. Wild. Fire.* 15: 61–72.
- Cruz MG, Butler BW, Alexander ME, Forthofer JM, Wakimoto RH, 2006b. Predicting the ignition of crown fuels above a spreading surface fire. Part I: Model idealization. *Int. J. Wild. Fire.* 15: 47–60.
- Dupuy J, Linn RR, Konovalov V, Pimont F, Vega JA, Jiménez E, 2011. Exploring 3D coupled fire/atmosphere interactions downwind of wind-driven surface fires and their influence on backfiring using the HIGRAD-FIRETEC model. *Int. J. Wild. Fire* 20: 734-750.
- Finney MA, 1994. Modeling the spread and behavior of prescribed natural fires. *Proc. 12th Conf. Fire and Forest Meteorology*, pp. 138-143.
- Finney, M. A., 1998: FARSITE: Fire area simulator-model development and evaluation. Res. Pap. RMRS-RP-4, Ogden, UT, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Finney MA, 2006. An overview of FlamMap fire modelling capabilities. In: Andrews, P.L.; Butler, B.W., comps. *Fuels management—how to measure success: conference proceedings*. Proc. RMRS-P-41. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 213–220.
- Forestry Canada Fire Danger Group, (1992. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behaviour Prediction System. Ottawa, Forestry Canada Information Report ST-X-3.
- Forthofer JM, 2007. Modeling wind in complex terrain for use in fire spread prediction. Masters thesis. Colorado State University, USA. 123 pp.
- Johnston P, Milne G, Klemitz D, 2005. Overview of bushfire spread simulation systems. Bushfire CRC.
- Linn R, Reisner J, Colman JJ, Winterkamp J, 2002. Studying wildfire behavior using FIRETEC. *Int. J. Wild. Fire.* 11:233-246.
- Mell W, Jenkins MA, Gould J, Cheney P, 2007. A physics-based approach to modelling grassland fires. *Int. J. of Wildl. Fire* 16: 1-22.
- Morvan D, Dupuy JL, 2004. Modeling the propagation of a wildfire through a Mediterranean shrub using a multiphase formulation. *Combust. Flame* 138: 199–210.
- Rothermel RC, 1972: A mathematical model for predicting fire spread in wildland fires. USDA Forest Service Research Paper INT-115. 40 pp.
- Rothermel RC, 1991. Predicting Behavior and Size of Crown Fires in the Northern Rocky Mountains. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, UT. Research Paper INT-438.
- Scott JH, Reinhardt ED, 2001. Assessing Crown Fire Potential by Linking Models of Surface and Crown Fire Behavior. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO. Research Paper RMRS-RP-29.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

Vaillant NM, Ager AA, Anderson J, Miller L, 2013. ArcFuels User Guide and Tutorial: for use with ArcGIS 9. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNWGTR-877. (Portland, OR)

Van Wagner CE, 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. Can. J. For. Res. 7, 23 – 34.

A dimensão social a incluir num plano de risco

M. Conceição Colaço

5.1 Componente social dos incêndios florestais

Na elaboração de um plano de risco de incêndio, a componente social e educativa muitas vezes fica esquecida ou tem um valor muito diminuto em relação às outras componentes.

Não se pretende com este capítulo relegar as outras componentes técnicas e biológicas para segundo plano, mas sim salientar que a componente humana tem um peso que deve ser tido em conta na execução de um plano.

Como visto anteriormente no capítulo das tipologias, as causas dos incêndios são de origem predominante humana. Igualmente, a escolha do tipo de vegetação e gerir ou não a vegetação e o território depende de uma decisão humana. Em simultâneo e, não menos importante, os impactos dos incêndios florestais serão tanto maiores quanto mais seres humanos forem afectados, sendo a prioridade das equipas de extinção a protecção da população e dos seus bens, relegando os espaços rurais para segunda ou terceira prioridade.

Considera-se assim importante analisar a componente social dos incêndios florestais, e para tal iremos decompor as componentes que compõem o risco de incêndio florestal através de um modelo conceptual de risco. Através deste é possível avaliar onde intervir priorizando acções consoante as necessidades específicas de cada região ou município, com o intuito de diminuir o risco através de ferramentas culturais e educativas.

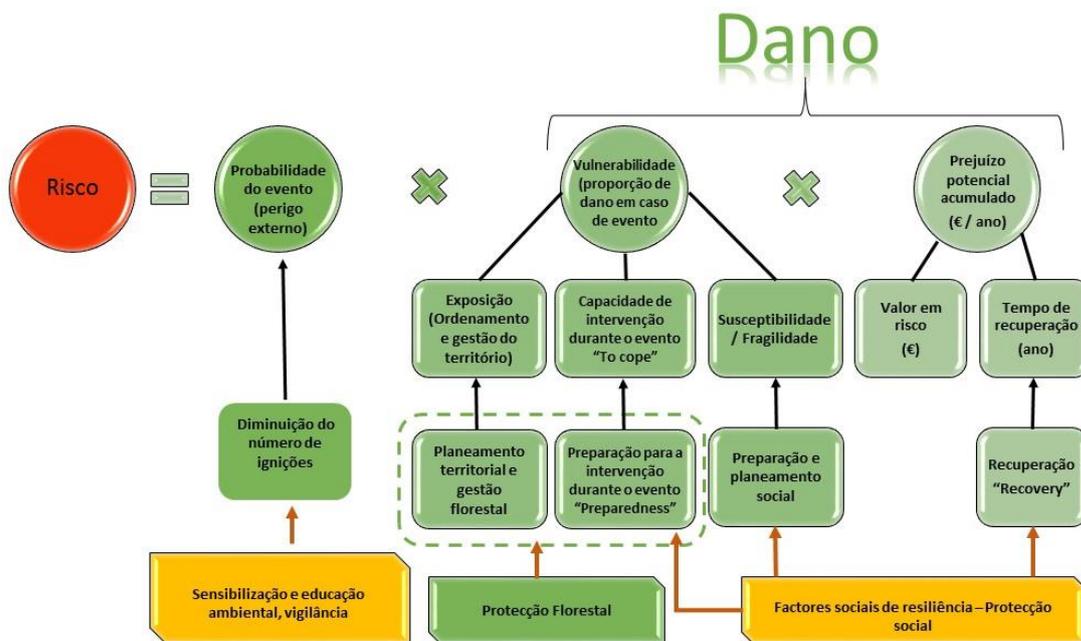


Figura 47 - Modelo conceptual de risco de incêndio com os campos de intervenção (laranja) para a sua diminuição (adaptado de Colaço, 2017 e Pardellas Santiago et al., 2018)

O modelo de risco apresentado segue a mesma linha utilizada por Rego & Colaço (2013) considerando o risco como a probabilidade de um evento adverso gerar um fenómeno de determinada intensidade num determinado local e durante um determinado período de tempo de exposição (perigo) multiplicado pelas conseqüentes perdas se o evento ocorrer (dano), normalmente expresso em valor monetário (Cardona, 2003; Marzocchi et al., 2009).

O dano, por sua vez, é calculado pelo cruzamento do prejuízo potencial acumulado (dependente do valor em risco e do tempo de recuperação) e a sua vulnerabilidade (fracção do valor em risco que devido às suas condições intrínsecas, pode sofrer perdas devido ao evento adverso). A vulnerabilidade no contexto deste modelo é função da exposição, da susceptibilidade / fragilidade e da capacidade de intervenção durante o evento.

5.2 Actuar na diminuição das ignições: Probabilidade do evento ocorrer

No caso dos incêndios florestais é possível actuar não só no campo da vulnerabilidade como também no prejuízo potencial acumulado e na probabilidade de um evento acontecer.

Ao contrário de outros riscos naturais como sismos, inundações, secas, sobre os quais não é possível actuar sobre a probabilidade destes acontecerem, nos incêndios florestais sabemos que na maior parte dos casos é necessária a mão humana para que estes se iniciem. Como vimos anteriormente, uma grande parte das causas são de origem humana e de entre estas, muitas causas derivam da utilização do fogo como ferramenta de trabalho. Seja esta causa classificada como negligente em Portugal, ou intencionada em Espanha, um trabalho consistente e duradouro de sensibilização e educação ambiental com as comunidades mais rurais, incidindo prioritariamente sobre como queimar em segurança, quais as épocas sem risco, as melhores técnicas a utilizar bem como técnicas alternativas ao fogo, deveria ser equacionado quando falamos de prevenção. Estes programas devem ser complementados com a vigilância no terreno, a qual além de ter um efeito de dissuasão permite a detecção rápida de uma possível ignição com implicações positivas na rapidez do alerta e conseqüente extinção.

Através da análise da meteorologia, percebe-se a sua influência na facilidade de ignição e desenvolvimento dos incêndios tendo. Esta forneceu-nos evidências de que é quando a meteorologia atinge níveis extremos ou muito elevados que cada ignição pode tomar proporções catastróficas. Assim, considera-se prioritário nestas alturas críticas, as quais no seu total representam poucos dias num ano, que não exista tolerância ao uso do fogo nos espaços florestais e que a vigilância seja mais apertada nas zonas de maior risco para diminuir a probabilidade de uma ocorrência se tornar num grande incêndio (ver capítulo meteorologia).

Como referem Ganteaume et al. (2013), Rego & Silva (2014) e Pardellas Santiago et al. (2018), para actuar preventivamente diminuindo o número de incêndios e a sua gravidade através de políticas de gestão e educação, é muito importante detectar onde, quando e qual a causa da ignição. Não é por demais salientar a importância de conhecer os padrões temporais e espaciais para uma análise e avaliação do perigo de incêndio.

As regiões na península ibérica não têm comportamentos iguais em relação às causas de incêndios, tornando-se prioritário cada região fazer uma análise concreta das suas causas de incêndios mais comuns, procurando actuar sobre estas de forma mais eficiente e menos generalizada. As estatísticas oficiais que decorrem das investigações policiais, bem como o

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

conhecimento no terreno dos próprios operacionais devem ser equacionadas para essa análise.

Até ao presente, a grande aposta dos dois países, com honrosas excepções de alguns projectos locais, tem sido num trabalho de sensibilização dirigida indiscriminadamente para o geral da população principalmente através de campanhas publicitárias, não se focando nas especificidades locais ou regionais. Estas são as iniciativas que absorvem a maior parte dos recursos financeiros públicos destinados a informar e educar a população sobre esta temática (Pardellas Santiago et al, 2018). Existem igualmente alguns projectos dedicados à população escolar nos dois países, que são bastante importantes e ajudam a população mais jovem a conhecer a floresta e a valorizá-la. Porém, campanhas generalizadas e projectos escolares desviam-se das causas e do público-alvo que tem maior impacto na origem dos incêndios florestais através da utilização do fogo. É necessário reequacionar a disponibilização dos recursos, sejam estes financeiros ou humanos para actuar de forma mais cirúrgica por região, não esquecendo no entanto que esta disponibilização deve ser complementar com o que já se está a desenvolver com escolas e com o público em geral o qual é na sua maioria um público urbano, pelo menos no caso português.

5.3 Actuar sobre a vulnerabilidade social

Actuar sobre a vulnerabilidade social implica intervir ao nível da exposição, da capacidade de intervenção durante o evento perigoso bem como sobre a susceptibilidade.

Se considerarmos o caso concreto dos incêndios florestais, a actuação na **exposição** poderá ser através de um planeamento/ordenamento do território eficaz, o qual não permita a construção de edificado em zonas de risco elevado nem em zonas de conflito com os espaços florestais. Ainda no campo da exposição, a intervenção ao nível da gestão dos espaços florestais e rurais permitirá uma diminuição da intensidade e velocidade da propagação dos incêndios. Actuar sobre este campo implica usar estratégias educativas que cheguem aos decisores políticos e técnicos de ordenamento entre tantos outros actores que actuem directamente no território.

As opiniões sobre os incêndios florestais são bastante variadas nos dois países. Como os incêndios florestais são bastante comuns, as opiniões dos cidadãos e de muitos técnicos são alimentadas pela sua área de formação, pelos ambientes de trabalho e amigos, pela comunicação social, entre outros, não se baseando, a maior parte das vezes em evidências científicas mas sim em evidências empíricas as quais, nem sempre conduzem a conclusões correctas. Por tal motivo considera-se aconselhável organizar sessões de esclarecimento, workshops técnicos, formações, entre outras metodologias, onde se possam enquadrar os resultados científicos da problemática dos incêndios florestais, nas áreas de ordenamento e gestão.



Figura 48 - Achismos vs evidência científica (retirado facebook, créditos: Lucasprudeencio)

A actuação na **capacidade de intervenção durante o evento** tem como foco a existência de uma preparação prévia, quer no território onde por acções de pré-combate se criam condições para que os incêndios tenham menor intensidade ou velocidade sendo mais fácil a intervenção do combate (por ex: prevenção estrutural como pontos de água, aceiros, rede primária, entre outras), quer na interface urbano florestal, para que o incêndio não chegue às edificações, ou, caso se aproxime, não tenha grande intensidade para que os danos provocados sejam mínimos.

Esta actuação não se limita ao espaço físico expandindo a sua acção igualmente para o campo social. Ao incidir sobre a população, principalmente na preparação da que se encontra exposta ao perigo, garante-se que esta sabe como se preparar e toma medidas de autoproteção frente a um incêndio (por ex: limpeza da vegetação à volta da casa, limpeza de algerozes, mangueiras, bomba de água, etc.). É importante igualmente saber como actuar em segurança caso um incêndio se aproxime e coloque em perigo os seus bens. Este é um dos pontos primordiais no qual é preciso actuar frente às situações de população em perigo com perdas de vidas humanas elevadas.

Nas regiões espanholas em análise, Galiza, Astúrias, País Basco e Cantábria, nos últimos 35 anos morreram 26 pessoas e 302 ficaram feridas. Em Portugal, nos últimos 15 anos faleceram 214 pessoas tendo o ano de 2017 sido particularmente grave representando mais de 50% do total. Os números de feridos ultrapassaram os dois milhares. Em Portugal, no ano de 2018, iniciou-se o programa “Aldeia segura, pessoas seguras”. A nível internacional existem vários programas (por ex: FIREWISE www.nfpa.org, FIRESMART www.firesmartcanada.ca) que envolvem as comunidades para que estas sejam parte da solução e sejam proactivas na sua auto-protecção, através de uma avaliação individual e também comunitária do risco envolvendo a sua aldeia ou bairro.

Trabalhar com as comunidades, com as aldeias, com a população, implica utilizar técnicas de extensão rural, moderação, gestão de conflitos, entre tantas outras para fazer frente a estes desafios. Apesar deste tipo de intervenção ser mais demorado e mais caro, diversos estudos comprovam que é o trabalho directo com este público que leva a mudanças de comportamento apreciáveis no campo dos incêndios florestais. Novamente, cada caso é um

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

caso, mas frente ao aumento da interface urbano florestal, é prioritário trabalhar com a população local, mas também com a população sazonal como os turistas e os proprietários de segundas habitações, sobre o risco que são os incêndios e como se devem preparar para poder actuar em segurança caso um incêndio ocorra na sua região.



Figura 49 - Programa Aldeia Segura Pessoas Seguras (Portugal): www.aldeiasegura.pt

É possível igualmente actuar sobre **a susceptibilidade e fragilidade** através do planeamento de emergência das entidades competentes, mas também através de uma maior comunicação para com a população mais vulnerável para que esta esteja mais alerta e atenta aos factores que podem interferir no aumento ou diminuição da sua fragilidade e saiba como actuar. Se, por exemplo, na freguesia existem lares, hospitais, entre outros espaços em que as pessoas têm maior fragilidade, é importante que estes sejam identificados para que nos planos de emergência operacionais, estejam desenhadas e programadas acções para que população e espaços em risco fiquem em segurança.

A Tabela 8 apresenta um conjunto de indicadores presentes na literatura científica os quais influenciam a vulnerabilidade social.

Tabela 8 - Conjunto de indicadores que influenciam a vulnerabilidade social.

Indicador	Fundamentação	Sinal da influência
Idade	Os mais idosos e as crianças são os que aumentam a vulnerabilidade pois são os que podem ter menos mobilidade, encontrarem-se mais dependentes de outros e mais susceptíveis de se magoar.	+
Género	As mulheres por terem em geral menor capacidade física e por ganharem em geral menos que os homens são consideradas como mais vulneráveis.	+
População com necessidades especiais	Podem ser sem-abrigo, residentes em lares, utentes dos hospitais. São bastante dependentes de outros, e no caso dos sem-abrigo, podem ser praticamente invisíveis na sociedade.	+
Estatuto socioeconómico	Capacidade de absorver os impactos e de recuperar. Os mais pobres apesar de terem menos bens em risco têm, no entanto, mais dificuldade na recuperação. Existe igualmente uma maior tendência para este grupo ocupar zonas com maior perigo. Os ricos têm mais capacidade financeira para recuperar de uma catástrofe tendo muitas vezes acesso aos seguros. Os desempregados também estão na categoria de mais vulneráveis.	+ (pobres) - (ricos)

Indicador	Fundamentação	Sinal da influência
Nível de educação e literacia	Capacidade de leitura e compreensão dos avisos e informações no pré, durante e pós evento.	+
Estrangeiros e turistas	São mais vulneráveis por poderem existir barreiras linguísticas e culturais, bem como um maior desconhecimento da área afectada.	+
Tipo de habitação e título de propriedade.	Pessoas que vivem em casas degradadas e arrendatários que não têm autorização para fazer alterações nas habitações para ficarem mais resistentes ficam mais susceptíveis.	+

(Adaptado de Adger, 2000; Collins, 2005; Buckle, 2006; Cutter, 2011; Birkman *et al.*, 2013)

Esta tabela é somente indicativa e é uma generalização, sendo necessário para cada região e localidade perceber de uma forma mais focada quais as componentes que aumentam a vulnerabilidade social local. Por vezes estes indicadores que indiciam maior vulnerabilidade, quando na presença do evento, têm uma resposta diferente à esperada.

Como exemplo apresentamos o índice de envelhecimento para o ano de 2011 nas 4 regiões espanholas analisadas (Figura 50) e para Portugal no ano de 2017 (Figura 51).

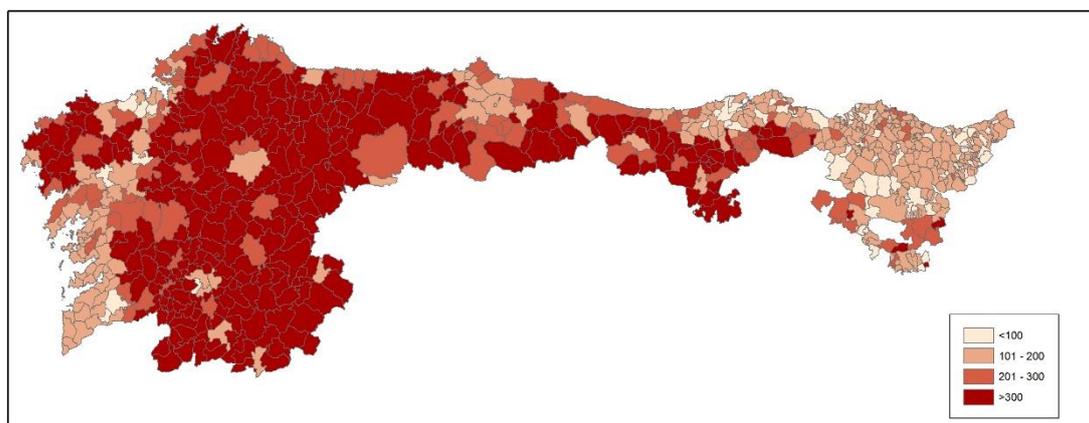


Figura 50 - Índice de envelhecimento medio de cada municipio (%) no ano de 2011²

O índice de envelhecimento obtem-se dividindo a población mayor (>65 anos) entre la población joven (< 15 anos). Em relação ao territorio español destaca-se el envejecimiento de las zonas interiores de Galicia, Asturias y Cantabria y se constata un gradiente este-oeste.

Quanto a Portugal observa-se o mesmo gradiente que em Espanha verificando-se que são as zonas interiores e de serra as mais afectadas pelo envelhecimento da população.

² Fuente: Censos de Población y Viviendas 2011. Resultados Municipales (<http://www.ine.es>)

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

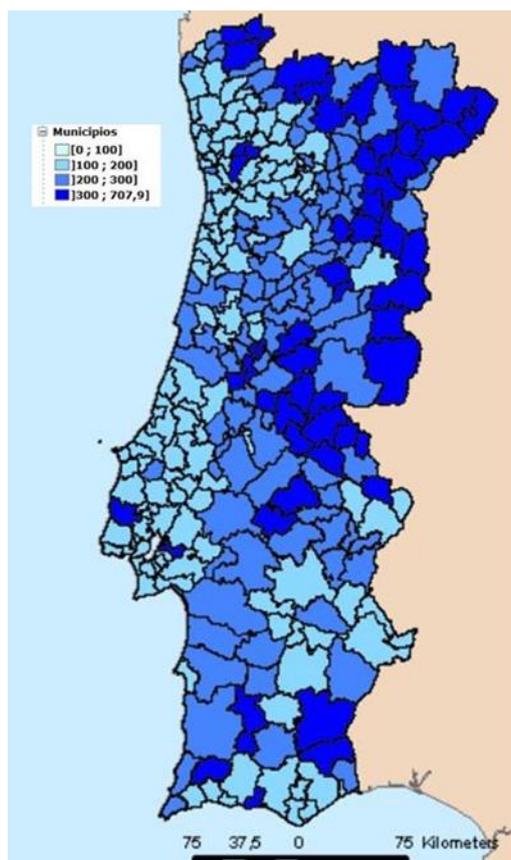


Figura 51 - Índice de envelhecimento medio de cada municipio para o ano de 2017 (Fonte: Instituto Nacional Estatística).

5.4 Actuar sobre o prejuízo potencial

Uma actuação sobre o **prejuízo potencial** acumulado recai sobre o tempo de recuperação. Quanto menor este tempo, menor o prejuízo, não só em termos monetários como sociais. Comunidades bem preparadas para enfrentar os incêndios florestais, tendo como foco uma reaprendizagem de viver com o fogo de forma segura, levará a que o tempo de recuperação no pós-incêndio seja menor diminuindo assim o prejuízo potencial.

5.5 Os actores

Os actores intervenientes nestes três campos de intervenção (sensibilização e educação, protecção florestal e protecção social) incluem a sociedade civil e as entidades competentes nas mais variadas áreas de trabalho como serviços florestais, gabinetes técnicos florestais, protecção civil, escolas, entre tantos outros não sendo porém, nenhum deles considerado como exclusivo para nenhuma acção mas sim complementar. Será exactamente através de parcerias e trabalho conjunto que as acções para minimizar o risco poderão ser mais eficientes. Este é o ponto-chave no trabalho educativo e na participação e responsabilidade social. Todos têm o seu papel e algo a contribuir para diminuir o risco de ocorrer incêndios florestais.

5.6 Motivações para a actuação no terreno: Gestão do risco

As Nações Unidas referem que o objectivo da gestão do risco é minimizar o dano potencial provocado por um evento perigoso, através da implementação de estratégias de acção que visam controlar e reduzir o risco (UNISDR, 2016). Estas estratégias de acção devem partir não só das entidades oficiais, mas também pela população, principalmente pela que vive junto de áreas florestais. Todos os anos em que existem incêndios florestais, constata-se que existem vilas, aldeias, casas isoladas onde é a população que protege os seus bens e ataca os incêndios, a maior parte das vezes sem terem preparado os seus terrenos para diminuir o impacto do incêndio colocando-se em situações de perigo. Por tal motivo, é preciso capacitar e preparar as populações que estão em zonas de maior perigo para tomarem medidas preventivas e actuarem na gestão do risco.

A percepção de risco (entendimento que os leigos e os não especialistas têm do risco) vai influenciar o sucesso da gestão do risco, principalmente no campo da redução da vulnerabilidade. Porém, somente ter a percepção de risco de incêndio alta, não é condição suficiente para que as comunidades actuem na diminuição do risco. É preciso ter igualmente em atenção que o público em geral vê e avalia o risco de forma diferente dos investigadores e especialistas. Face a um mesmo risco é expectável que existam olhares, sensibilidades e reacções distintas dos diferentes indivíduos, sendo que tal deve-se às suas próprias experiências de vida, de trabalho e culturais. Perceber como o público constrói as suas percepções de risco contribui grandemente para melhorar a comunicação do risco e direcciona as estratégias de redução de risco de uma forma mais apropriada (Cottrel et al. 2008).

Assim, apesar de ser importante e bastante necessário conhecer a percepção do risco das populações locais, existem outros factores que ajudam a perceber a decisão de se prepararem ou não para mitigar os impactos dos incêndios florestais. A tabela 2 apresenta uma súmula do que vários autores a nível internacional e nacional referem como os factores que influenciam a decisão de existir ou não uma acção para a preparação.

Tabela 9 - Factores que influenciam a decisão de preparar ou não preparar para mitigação dos IF.

PREPARAR
<ul style="list-style-type: none"> • Reconhece que está numa área com risco de Incêndio Florestal (IF) • O individuo formou a intenção de se preparar; • Tem a expectativa de um resultado positivo acreditando que as suas acções mitigam efectivamente o risco de incêndio florestal; • Existe o sentido de comunidade (individual e entre a vizinhança): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Falaram e observaram outros membros da comunidade a realizarem acções de preparação; ▪ Existe um sentido de responsabilidade social com a sua comunidade e sentido de pertença. Os indivíduos estão fortemente ligados à sua propriedade e ao local onde vivem.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

Tabela 10 - Factores que influenciam a decisão de preparar ou não preparar para mitigação dos IF (cont).

NÃO PREPARAR
<ul style="list-style-type: none">• Os IF não são prioritários quando em comparação com outros riscos percebidos pelos indivíduos;• Falta de tempo de entre todas as solicitações familiares, laborais, etc., que são consideradas prioritárias;• Falta de condições físicas e de saúde para actuar;• Falta de conhecimento sobre as causas, a gestão dos IF e comportamento do fogo;• Custo das operações são uma barreira à preparação;• Recursos existentes inadequados, no qual se inclui a falta de informação prática de como actuar;• Expectativa negativa do resultado das acções preparatórias, isto é, falta de confiança na eficácia das medidas de mitigação do risco de IF;• Ansiedade: As consequências emocionais ou afectivas de pensar nos IF e seus impactos reduzem a probabilidade do indivíduo tomar medidas de protecção;• Baixo sentido de pertença ao local e à sua propriedade;• Acreditar que o seguro da casa é suficiente;• Opções de estilo de vida (decisão de estarem isolados e rodeados de vegetação) e convicções ambientais (contra o corte de árvores e outro tipo de vegetação);• Indivíduos que assumiram correr o risco de não fazer nada.

(Adaptado de Colaço, 2017; Pardellas Santiago et al., 2018)

5.7 Considerações finais

Como vimos anteriormente, para minimizar o risco de incêndio florestal é imprescindível trabalhar com a população, não só para a ajudar a auto-protoger mas também para procurar alterar alguns comportamentos de risco. Trabalhar com pessoas pode ser desafiante, por vezes frustrante, mas igualmente enriquecedor e motivante. É preciso ter em consideração os seus medos, percepções, capacidades, vulnerabilidades, mas não deve nunca ser esquecido quando da elaboração de um plano de risco.

A análise dos factores que potenciam o risco de incêndio deve ser feita de uma forma abrangente. Na península ibérica existem estudos arqueológicos que demonstram a utilização do fogo desde tempos ancestrais (Pardellas Santiago et al., 2018). No presente continua-se a utilizar o fogo pelas mais diferentes razões, porém a meteorologia, a dinâmica social e os espaços rurais têm vindo a alterar-se nas últimas décadas e o conhecimento anterior já não é o suficiente para o presente. Torna-se imperioso assim, voltar a reaprender a viver com o fogo. Tal só é possível se voltarmos a trabalhar com as populações com educação e sensibilização mas sempre em combinação com fortes políticas territoriais e de desenvolvimento rural e florestal. Como referem Pyne & Goldammer, (1997) “O fogo antropogénico é tanto um artefacto cultural como as pedras lascadas ou os arranha-céus, e as paisagens criadas por esses fogos são tanto fruto da sociedade como as esculturas de mármore ou os parques de estacionamento. Em consonância, podemos considerar que a utilização do fogo como ferramenta de gestão do espaço rural é igualmente um ato cultural que tem a sua origem em tempos ancestrais”

5.8 Mais informação diversa

Proyecto MOSAICO (Extremadura - Espanha). Objetivo: Diseñar una estrategia participativa de prevención de incendios basada en actividades agrícolas, ganaderas y forestales que gradualmente recuperen un paisaje diverso, habitado y con menor riesgo: un paisaje en mosaico. - <http://www.mosaicoextremadura.es/es/el-proyecto/>

Proyecto LIFE MONTSERRAT (Catalunha – Espanha). Objetivo: Conservación de la biodiversidad y prevención de incendios forestales mediante un instrumento innovador: la gestión silvopastoral integrada. - <https://lifemontserrat.eu/es/objetivos/>

Plan de Prevención Social de los Incendios Forestales en la Isla de La Gomera (Canárias – Espanha) - <http://lifegarajonayvive.com/images/PDF-documentacion/pps.pdf>

Proxecto Batefogo (Galicia – Espanha). Objetivo: proxecto de intervención social que compaxine eficazmente a prevención dos lumes coa dinamización económica e social do medio rural. <https://batefogo.wordpress.com/>

5.9 Bibliografía

Adger, N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography* 24 (3), 47–64.

Birkmann, J., Cardona, O.D., Carreño, M.L., Barbat, A.H., Pelling, M., Scheiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Nat. Hazards* 67, 193-211.

Buckle, P. (2006). Assessing social resilience. In Paton, D. & Johnston, D. (Eds) *Disaster resilience. An integrated approach* (pp. 88-104), Springfield: Charles C. Thomas.

Cardona, O.D. (2003). Indicators for Disaster Risk Management. First Expert Meeting on Disaster Risk Conceptualization and Indicator Modelling. Website INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK.
<http://idea.unalmzl.edu.co/documentos/01%20Conceptual%20Framework%20IADB-IDEA%20Phase%20I.pdf>

Colaço, M.C., 2017, Bases para uma educação ambiental orientada para a diminuição do risco e aumento da resiliência das comunidades aos incêndios florestais em Portugal. PhD Thesis. Universidade de Santiago de Compostela, Espanha.

Collins, T. (2005). Households, forests and fire hazard vulnerability in the American West: A case study of a California community. *Environmental Research* 6, 23-37.

Cottrell, A., Bushnell, S., Spillman, M., Newton, J., Lowe, D. & Balcombe, L. (2008). Community perceptions of bushfire risk. In Handmer, J. & Haynes, K. (eds.), *Community Bushfire Safety* (pp. 11-20) Australia: Bushfire CRC. CSIRO Publishing.

Cutter, S. L. (2011). A Ciência da Vulnerabilidade. *Revista Crítica de Ciências Sociais* 93, 59-69.

Planes de riesgo de incendio: un lenguaje común para la Península Ibérica”.

Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San-Miguel-Ayanz, J., Long-Fournel, M. & Lampin, C. (2013) A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe. *Environmental Management* 51:651-662.

Marzocchi, W., Mastellone, M.L., Di Ruocco, A., Novelli, P., Romeo, E. & Gasparini, P. (2009). *Principles of multi-risk assessment*. Brussels: European Commission, ISBN 978-92-79-07963-4.

Pardellas Santiago, M., Colaço M. C., Rego, F. & Meira, P., 2018, El reto educativo de los incendios forestales: de la percepción social del riesgo a la acción comunitaria. In: Viqueira, F. (Ed.), *Incendios Forestales. Reflexiones desde Galicia* (pp. 176-196). Editorial Hércules. Spain.

Rego, F.C. & Colaço, M.C. (2013). *Wildfire Risk Analysis*. In Abdel H. El-Shaarawi & Walter P. Piegorsch (eds.), *Encyclopedia of Environmetrics* (2nd ed.). United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Rego, F.C. & Silva, J.S. (2014). *Wildfires and landscape Dynamics in Portugal: a regional assessment and global implications*. In J.C. Azevedo et al (eds.), *Forest Landscapes and Global Change: Challenges for research and Management*. (pp. 51-73) New York: Springer.

UNISDR (2016). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction Website. <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-d>