



9CFE-1694

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**



Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana (2024)

BOTELLA MARTÍNEZ, M.A. (1), BARBERÁ BISBAL, M.J. (1), SORIANO SANCHO, J.L. (1), GARCÍA POST, R. (2), CERVERA MONTERO, A. (1), OROZCO BAGOU, D. (1), BOTELLA BOU, R. (1).

(1) Unidad Técnica de Análisis y Prevención de Incendios Forestales. VAERSA.

(2) Servicio de Prevención de Incendios Forestales. Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio. Generalitat Valenciana.

Resumen

Los incendios forestales suponen una perturbación importante en el territorio de la Comunidad Valenciana, no solamente por la afección sobre los recursos naturales, sino también por las situaciones de emergencia sobre la población y las infraestructuras. Disponer de una cartografía que sirva de soporte a la toma de decisiones respecto a los usos del territorio, y a la priorización para las actuaciones de defensa resulta de gran importancia. En este sentido, la Dirección General de Prevención de Incendios Forestales de la Generalitat Valenciana, a través del Servicio de Prevención, ha elaborado el Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana, que clasifica el territorio en cinco categorías de peligro de incendio con relación a su comportamiento potencial, basado en la variable “intensidad de línea de fuego” en kW/m. Para ello se han realizado simulaciones en diversos escenarios con el software Flammapp del USDA Forest Service, sobre modelos de combustible de SCOTT&BURGAN (2005). Los parámetros meteorológicos se establecieron en base a climatologías elaboradas a partir de las bases climáticas del ERA5 de Copernicus, y los valores de humedad de los combustibles proceden del análisis estadístico a partir de más de 40.000 muestras tomadas en el territorio desde el año 2014.

Palabras clave

Análisis, fuego, simulaciones, priorización, defensa.

1. Introducción

En la Comunidad Valenciana, los incendios forestales suponen un impacto importante sobre los recursos naturales, además de generar emergencias sobre la población existente y las infraestructuras. Frente a este escenario, resulta de gran importancia contar con herramientas que ayuden a la toma de decisiones sobre los usos del territorio, así como para la priorización de las actuaciones de defensa contra incendios. Con esta finalidad se ha elaborado el Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunitat Valenciana (2024) que representa, cartográficamente, la clasificación del territorio en 5 categorías de menor a mayor peligro de incendio: “Bajo”, “Moderado”, “Alto”, “Muy Alto”, y “Extremo”.

2. Objetivos

El objetivo de esta cartografía es disponer de información espacial sobre los valores del peligro de incendio forestal en todo el territorio de la Comunidad Valenciana. En el caso concreto de este mapa, el concepto de peligro está

relacionado, exclusivamente, con el comportamiento potencial del fuego asociado a cada una de las celdas que lo componen, y no con su probabilidad de inicio. En este sentido, toda la superficie representada por alguna de las categorías del mapa de peligro debe ser considerada como susceptible de arder ante un incendio, aunque con comportamientos del fuego esperados distintos según la gradación.

3. Metodología

El comportamiento potencial de incendio que se representa en la cartografía se ha determinado mediante simulaciones en base a una variable física ampliamente utilizada para este tipo de análisis, la “intensidad de línea de fuego”, en kW/m.

La intensidad de línea de fuego (Figura 1), se define como la cantidad de energía térmica liberada por unidad de tiempo y por unidad de longitud del frente de llama, que comprende desde la parte delantera a la parte trasera de la zona en combustión (ALEXANDER&CRUZ, 2011). La intensidad de la línea de fuego es función de la velocidad de propagación y del calor desprendido por unidad de área, que está directamente relacionado con la longitud de la llama. Es decir, en esta única variable física, la intensidad de línea, están representadas dos variables fundamentales que explican tanto el comportamiento del fuego como la dificultad de extinción de un incendio: la velocidad de propagación y la longitud de llama.

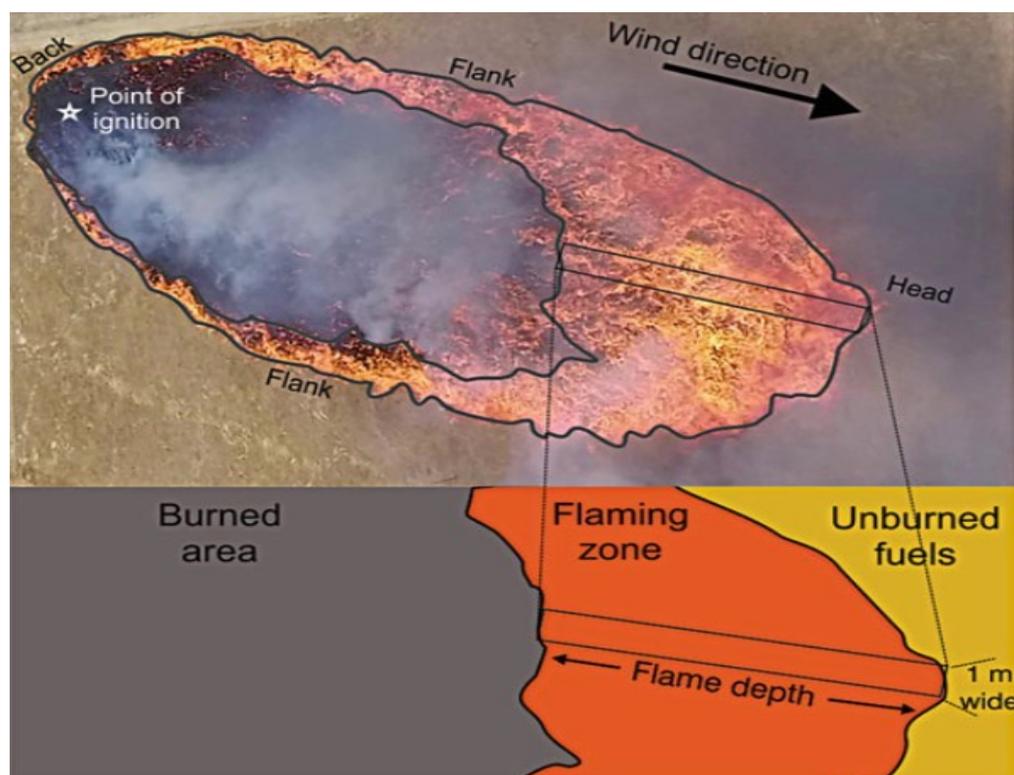


Figura 1. Representación gráfica del concepto de “intensidad de línea de fuego” sobre un área de 1 metro de ancho, a través de la zona en llamas del frente de cabeza de un incendio. Fuente: ALEXANDER&CRUZ, 2019.

3.1. Software utilizado para las simulaciones

El mapa de peligro se ha elaborado a partir de simulaciones de incendio realizadas con el software FlamMap 6.2 del USDA Forest Service (FINNEY, 2006). Se trata de un software de mapeo y análisis del comportamiento de incendio, que calcula las características potenciales del comportamiento del fuego (como la longitud de llama, la velocidad de propagación o, en este caso, la intensidad de la línea de fuego) en cada celda del territorio considerado.

Como parámetros de entrada requiere una base cartográfica, así como una serie de características meteorológicas y de contenido de humedad de los combustibles.

La base cartográfica (Figura 2) se construye a partir de un archivo ráster LCP (landscape), que define las propiedades físicas del territorio y que, a su vez, está compuesto por una serie de archivos ráster superpuestos de idéntica resolución, co-registro y extensión:

- Modelo Digital de Elevaciones.
- Mapa de Pendientes del terreno.
- Mapa de Orientaciones del terreno.
- Mapa de Modelos de Combustible.
- Mapa de Fracción de Cobertura Cubierta del arbolado.
- Mapa de la Altura de Copas del arbolado.
- Mapa de la Altura desde el suelo a la primera rama viva del arbolado.
- Mapa de la Densidad aparente de copas del arbolado.

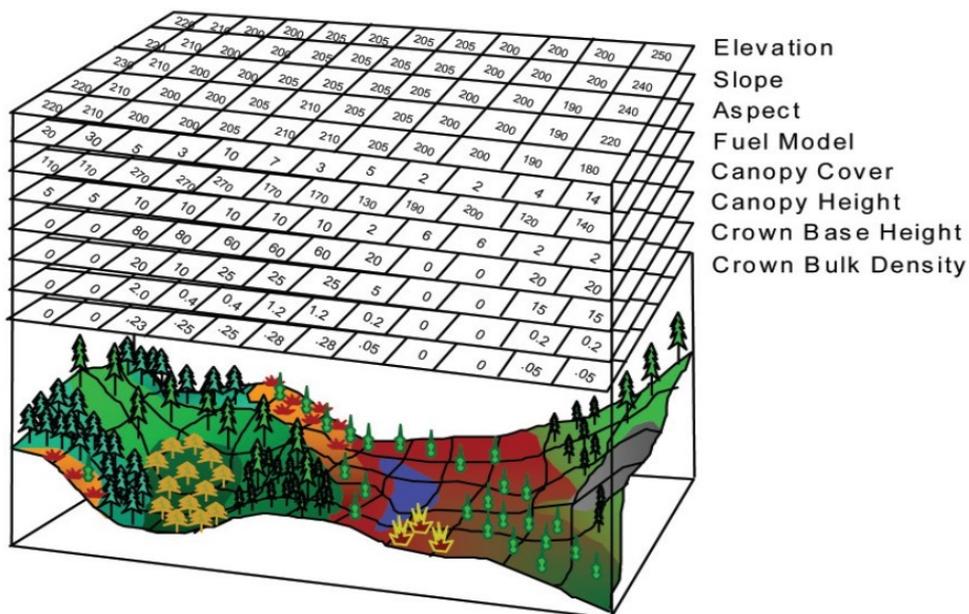


Figura 2. Composición del archivo LCP de Flammap. Fuente: FINNEY, 2006.

3.2. Información de partida y parámetros de entrada para las simulaciones

3.2.1. Archivo cartográfico LCP

Para la construcción de los archivos LCP se utilizó la siguiente información (a 10 m de resolución de píxel):



- Modelo Digital de Elevaciones: construido a partir de los mapas del Instituto Cartográfico Nacional (IGN).
- Mapa de Pendientes del terreno: a partir del mapa de elevaciones (elaboración propia mediante el software ArcMap).
- Mapa de Orientaciones del terreno: a partir del mapa de elevaciones (elaboración propia mediante el software ArcMap).
- Mapa de Modelos de Combustible de la Comunidad Valenciana del 2021, basado en los modelos de SCOTT&BURGAN (2005). Elaborado por el Servicio de Prevención de Incendios Forestales (GVA).
- Mapa de Fracción de Cobertura del arbolado, procedente de la cartografía de modelización de copas de la Comunidad Valenciana del año 2024. Elaborado por el Servicio de Prevención de Incendios Forestales (GVA).
- Mapa de la Altura de Copas del arbolado, procedente de la cartografía de modelización de copas de la CV del año 2024. Elaborado por el Servicio de Prevención de Incendios Forestales (GVA).
- Mapa de la Altura desde el suelo a la primera rama viva del arbolado, procedente de la cartografía de modelización de copas de la CV del año 2024. Elaborado por el Servicio de Prevención de Incendios Forestales (GVA).
- Mapa de la Densidad aparente de copas del arbolado, procedente de la cartografía de modelización de copas de la CV del año 2024. Elaborado por el Servicio de Prevención de Incendios Forestales (GVA).

Estos archivos LCP se elaboraron por separado para cada una de las 11 zonas meteorológicas (Figura 3) en las que se divide la Comunidad Valenciana (AEMET, 2018):

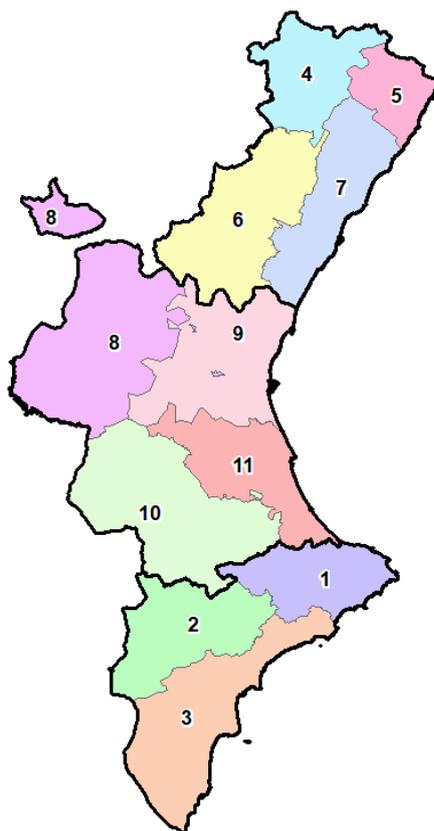


Figura 3. Mapa de distribución de las zonas de meteoalerta AEMET de la Comunidad Valenciana. Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por AEMET.

3.2.2. Parámetros meteorológicos y contenido de humedad de los combustibles

Para cada una de las 11 zonas meteorológicas se han considerado 8 situaciones sinópticas distintas, determinadas por los octantes de viento de las siguientes direcciones:

- N: 0°
- NE: 45°
- E: 90°
- SE: 135°
- S: 180°
- SW: 225°
- W: 270°
- NW: 315°

Los parámetros meteorológicos correspondientes a cada octante (velocidad del viento medio a 10m de altura, temperatura y humedad relativa), se determinaron en base a climatologías elaboradas a partir de la base de datos de reanálisis climático del ERA-5 (Copernicus). Se trata de un conjunto de datos que combina un modelo meteorológico con datos de observación de satélites y sensores terrestres para crear un registro constante del clima. Se dispone de datos horarios de las principales variables meteorológicas desde el año 1979, a una resolución de píxel de 2,5°. Para el cálculo de las climatologías se han seleccionado los datos del ERA-5 de la franja horaria de 08:00 a 18:00h (UTC), para los días pertenecientes a la época



de mayor riesgo (del 1 de junio al 30 de septiembre), desde el año 1979 al año 2020. En total, se han utilizado más de 4 millones de datos de cada variable en la caracterización climática del conjunto de las 11 zonas meteorológicas. En base a estas climatologías y al análisis de incendios históricos ocurridos en el territorio, se seleccionó el percentil 95 para los valores de velocidad de viento y temperatura, y el percentil 5 para la humedad relativa, para cada una de las zonas meteorológicas. Con respecto al viento, en la Tabla 1 se muestran los valores de velocidad determinados para cada caso:

Tabla 1. Valores de velocidad del viento medio (Km/h) utilizados en las simulaciones, por octante y por zona meteorológica.

MT 6: FUEGO Y OTROS RIESGOS ABIÓTICOS



Octante de viento	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11
N	25,7	15,7	23,2	13,9	23,5	18,7	23,4	19,2	16,2	13,3	20,3
NE	23,3	20,4	26,6	10,2	22,7	19,5	27,0	16,8	23,9	18,7	22,4
E	17,2	16,4	21,2	14,8	17,7	15,8	19,2	18,4	18,0	16,6	19,6
SE	20,4	15,6	17,4	17,7	17,2	14,9	19,1	16,3	18,1	14,0	25,3
S	24,6	16,7	20,3	18,7	21,0	15,2	19,7	15,8	14,2	15,3	22,7
SW	18,2	16,3	22,1	16,5	22,8	18,4	24,1	19,9	18,6	15,7	14,1
W	21,0	22,9	21,6	19,0	16,5	23,1	24,1	23,9	25,1	23,3	24,4
NW	22,7	22,3	21,9	28,6	32,7	23,7	27,7	21,8	19,9	20,9	20,8

Es importante resaltar que, pese a que los valores iniciales de dirección y velocidad de viento son constantes, en las simulaciones se utilizaron los archivos resultantes del software “WindNinja” (USDA Forest Service). Se trata de un software que calcula campos de viento que varían espacialmente, para aplicaciones que requieren una predicción del viento de alta resolución en terrenos complejos. El resultado es un campo de vientos (en este caso a 250 metros de resolución), que modifica los valores iniciales de dirección y velocidad en función de la topografía del terreno. De esta manera se tiene en cuenta el efecto de barrancos, laderas y crestas montañosas, situaciones de barloventos y sotaventos, etc. La Figura 4 muestra un ejemplo de detalle del resultado de la aplicación del software en la situación sinóptica de N, sobre una imagen de GoogleEarth en la Zona 1 meteorológica (costa norte de Alicante):

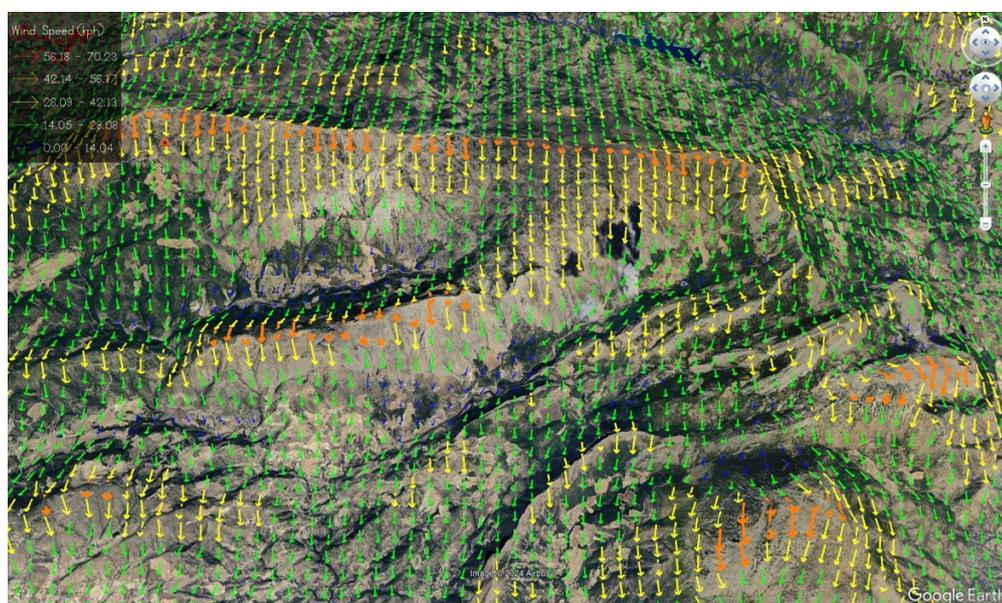


Figura 4. Detalle del campo de vientos a partir del software WindNinja para la situación sinóptica de N en la Zona 1. Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el contenido de humedad de los combustibles se ha determinado a partir de metodologías distintas en función de la tipología de los mismos:

- **Combustibles muertos:** los valores de humedad de los combustibles finos muertos (HCFM) de 1 hora se han calculado en base al modelo de FOSBERG (1971), mediante las tablas de referencia del National Wildfire Coordinating Group (NWCG, 2017), que utilizan como parámetros de entrada principales la temperatura ambiente y la humedad relativa. Se ha considerado la opción más desfavorable (mes de julio, exposición sur y pendiente 0-30%). Para la determinación de los valores del contenido de humedad de los combustibles muertos de 10 horas, se ha sumado 1 punto porcentual con respecto al de 1 hora, y 2 puntos porcentuales para los combustibles de 100 horas (NWCG, 2017), siendo esta la opción escogida por el principio de mayoración del riesgo.
- **Combustibles vivos:** se han analizado las muestras tomadas en incendios históricos para disponer de un criterio a la hora de seleccionar los



percentiles a utilizar a partir de la base de datos histórica de lecturas de Humedad del Combustible Vivo (HCV) del Servicio de Prevención de Incendios Forestales. Se trata de un proyecto que comenzó en el año 2014, en el que se toman muestras de diversas especies en puntos de muestreo repartidos por todo el territorio de la Comunidad Valenciana.

Posteriormente a su recogida, se tratan en laboratorio propio para determinar su contenido de humedad mediante un proceso de pesado en verde, secado a 100°C durante 24 horas en estufa, y pesado de las muestras secas. En total se dispone de más de 40.000 muestras para la base de datos estadística. En este caso se decidió utilizar el percentil de “muy seco” tanto para el combustible vivo leñoso de superficie como para el de copas. Los valores correspondientes a estos percentiles se calcularon para cada una de las zonas meteorológicas individualmente. Con respecto al combustible herbáceo, el porcentaje seleccionado para todas las zonas es del 30% (agostado).

Las tablas de parámetros de entrada para las simulaciones, con respecto a la humedad de los combustibles por zona meteorológica, son las siguientes:

Tabla 2. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 1.

Zona Meteorológica 1	T° (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	28,4	39,3	5	6	7	30	70	88
NE	29,0	44,0	6	7	8	30	70	88
E	30,4	37,5	5	6	7	30	70	88
SE	31,5	34,9	5	6	7	30	70	88
S	32,3	30,3	4	5	6	30	70	88
SW	33,2	25,3	4	5	6	30	70	88
W	32,0	24,8	4	5	6	30	70	88
NW	30,5	27,0	4	5	6	30	70	88

Tabla 3. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 2.

MT 6: FUEGO Y OTROS RIESGOS ABIÓTICOS



Zona Meteorológica 2	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	30,7	25,7	4	5	6	30	70	76
NE	29,7	34,8	5	6	7	30	70	76
E	31,7	29,6	4	5	6	30	70	76
SE	33,0	27,3	4	5	6	30	70	76
S	34,1	24,6	4	5	6	30	70	76
SW	34,9	20,6	3	4	5	30	70	76
W	34,0	20,0	3	4	5	30	70	76
NW	31,9	21,9	3	4	5	30	70	76

Tabla 4. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 3.

Zona Meteorológica 3	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	30,9	27,7	4	5	6	30	70	76
NE	29,4	40,7	6	7	8	30	70	76
E	31,7	34,7	5	6	7	30	70	76
SE	32,9	32,0	4	5	6	30	70	76
S	33,9	28,8	4	5	6	30	70	76
SW	34,2	24,1	3	4	5	30	70	76
W	34,0	21,3	3	4	5	30	70	76
NW	32,7	21,5	3	4	5	30	70	76

Tabla 5. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 4.

MT 6: FUEGO Y OTROS RIESGOS ABIÓTICOS



Zona Meteorológica ca 4	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	30,4	25,5	4	5	6	30	75	77
NE	30,9	28,2	4	5	6	30	75	77
E	30,9	30,7	5	6	7	30	75	77
SE	31,2	32,2	5	6	7	30	75	77
S	30,9	31,8	5	6	7	30	75	77
SW	31,0	27,5	4	5	6	30	75	77
W	30,1	27,2	4	5	6	30	75	77
NW	28,8	27,4	4	5	6	30	75	77

Tabla 6. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 5.

Zona Meteorológica ca 5	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	29,8	28,3	4	5	6	30	78	79
NE	29,7	35,7	5	6	7	30	78	79
E	30,5	38,3	5	6	7	30	78	79
SE	31,2	37,2	5	6	7	30	78	79
S	31,2	37,1	5	6	7	30	78	79
SW	31,0	29,1	4	5	6	30	78	79
W	30,6	25,3	4	5	6	30	78	79
NW	29,7	26,0	4	5	6	30	78	79

Tabla 7. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 6.

MT 6: FUEGO Y OTROS RIESGOS ABIÓTICOS



Zona Meteorológica ca 6	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	27,2	27,6	4	5	6	30	74	92
NE	27,3	33,2	5	6	7	30	74	92
E	29,6	36,6	5	6	7	30	74	92
SE	30,8	33,9	5	6	7	30	74	92
S	30,5	32,6	5	6	7	30	74	92
SW	31,8	23,8	3	4	5	30	74	92
W	31,1	23,8	3	4	5	30	74	92
NW	27,1	28,6	4	5	6	30	74	92

Tabla 8. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 7.

Zona Meteorológica ca 7	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	28,7	29,6	5	6	7	30	66	91
NE	28,1	41,6	6	7	8	30	66	91
E	29,5	43,3	6	7	8	30	66	91
SE	30,4	39,9	6	7	8	30	66	91
S	30,6	38,3	5	6	7	30	66	91
SW	31,6	29,7	4	5	6	30	66	91
W	30,4	27,7	4	5	6	30	66	91
NW	28,7	27,8	4	5	6	30	66	91

Tabla 9. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 8.

MT 6: FUEGO Y OTROS RIESGOS ABIÓTICOS



Zona Meteorológica 8	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	29,3	21,5	3	4	5	30	64	85
NE	29,9	23,3	3	4	5	30	64	85
E	31,3	29,4	4	5	6	30	64	85
SE	32,7	25,2	4	5	6	30	64	85
S	33,6	21,7	3	4	5	30	64	85
SW	34,1	17,9	2	3	4	30	64	85
W	33,4	18,2	2	3	4	30	64	85
NW	31,3	20,6	3	4	5	30	64	85

Tabla 10. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 9.

Zona Meteorológica 9	Tª (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	28,9	25,5	4	5	6	30	65	92
NE	28,2	37,4	5	6	7	30	65	92
E	30,6	37,0	5	6	7	30	65	92
SE	32,0	32,2	4	5	6	30	65	92
S	33,4	26,3	4	5	6	30	65	92
SW	34,4	21,5	3	4	5	30	65	92
W	33,2	22,0	3	4	5	30	65	92
NW	29,5	25,6	4	5	6	30	65	92

Tabla 11. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 10.



Zona Meteorológica 10	T° (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	32,3	24,0	3	4	5	30	74	81
NE	31,0	32,2	5	6	7	30	74	81
E	32,5	30,0	4	5	6	30	74	81
SE	34,0	25,9	4	5	6	30	74	81
S	34,5	23,3	3	4	5	30	74	81
SW	34,9	21,1	3	4	5	30	74	81
W	34,1	20,3	3	4	5	30	74	81
NW	32,7	21,6	3	4	5	30	74	81

Tabla 12. Valores meteorológicos y de contenido de humedad de los combustibles. Zona 11.

Zona Meteorológica 11	T° (°C)	HR (%)	HCFM 1h	HCFM 10h	HCFM 100h	HCV herbáceo	HCV leñoso	HCV copas
N	29,7	34,4	5	6	7	30	69	92
NE	30,0	42,5	6	7	8	30	69	92
E	32,5	35,7	5	6	7	30	69	92
SE	33,6	32,1	4	5	6	30	69	92
S	34,8	27,1	4	5	6	30	69	92
SW	34,5	25,6	4	5	6	30	69	92
W	34,2	23,3	3	4	5	30	69	92
NW	31,9	25,8	4	5	6	30	69	92

3.2.3. Simulaciones con el software Flammap 6.2

Se han realizado las simulaciones del comportamiento del fuego en base a la variable “intensidad de línea de fuego (kW/m)” con el software Flammap 6.2, para cada una de las zonas meteorológicas por separado, con sus parámetros de entrada correspondientes.

El método de simulación ha sido el de fuego de cabeza, para evaluar el potencial máximo de comportamiento del fuego en cada celda del mapa en función de los parámetros orográficos y escenarios meteorológicos seleccionados. Para la simulación del fuego de copas en aquellas celdas con modelos de combustible arbóreo, se ha seleccionado la opción de módulo de cálculo de SCOTT&REINHARDT (2001), por su mayor ajuste con respecto a los comportamientos de fuego observados en incendios reales en el territorio.



Para el cálculo del mapa definitivo, las diferentes simulaciones correspondientes a los 8 escenarios sinópticos considerados se han combinado en un solo ráster para cada zona meteorológica. Esta combinación se ha basado en la elección, para cada celda del mapa, del valor máximo de intensidad de línea de fuego del conjunto de las 8 simulaciones. De esta manera, cada celda representa el potencial máximo de peligro de incendio dentro del conjunto de condiciones sinópticas simuladas. Posteriormente, se han unido los rústers combinados de las 11 zonas meteorológicas en un solo Mapa de Peligro para todo el territorio de la Comunidad Valenciana.

4. Resultados

El Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana (2024), a una resolución de 10m de píxel, se ha obtenido mediante la reclasificación en categorías de los valores finales de la variable “intensidad de línea de fuego (kW/m)”, simulados para cada celda del territorio en la que existe un modelo de combustible, según el mapa de referencia. Estas categorías se determinaron a partir de los umbrales de clasificación mostrados en la Tabla 13 (ALEXANDER&LANOVILLE, 1989; CHATTO&TOLHURST, 2004; ANDREWS, et al., 2011; HOLLIS, et al., 2019).

Tabla 13. Clasificación de los valores de Intensidad de Línea de Fuego (kW/h) en categorías de peligro.

Intensidad de Línea de Fuego (kW/m)	Categoría de Peligro
<350	Bajo
350 – 1.700	Moderado
1.700 – 3.500	Alto
3.500 – 10.000	Muy Alto
>10.000	Extremo

Por su parte, y con respecto a la superficie total, los porcentajes de cada una de las categorías de peligro presentes en el mapa pueden verse en la Tabla 14:

Tabla 14. Porcentajes de superficie ocupada por cada una de las categorías de peligro en las que está clasificado el mapa.



Categoría de Peligro	% superficie en el mapa
Bajo	22,54
Moderado	27,39
Alto	17,65
Muy Alto	18,61
Extremo	13,82

Y el resultado gráfico del mapa se puede apreciar en la Figura 5:

Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana (2024)

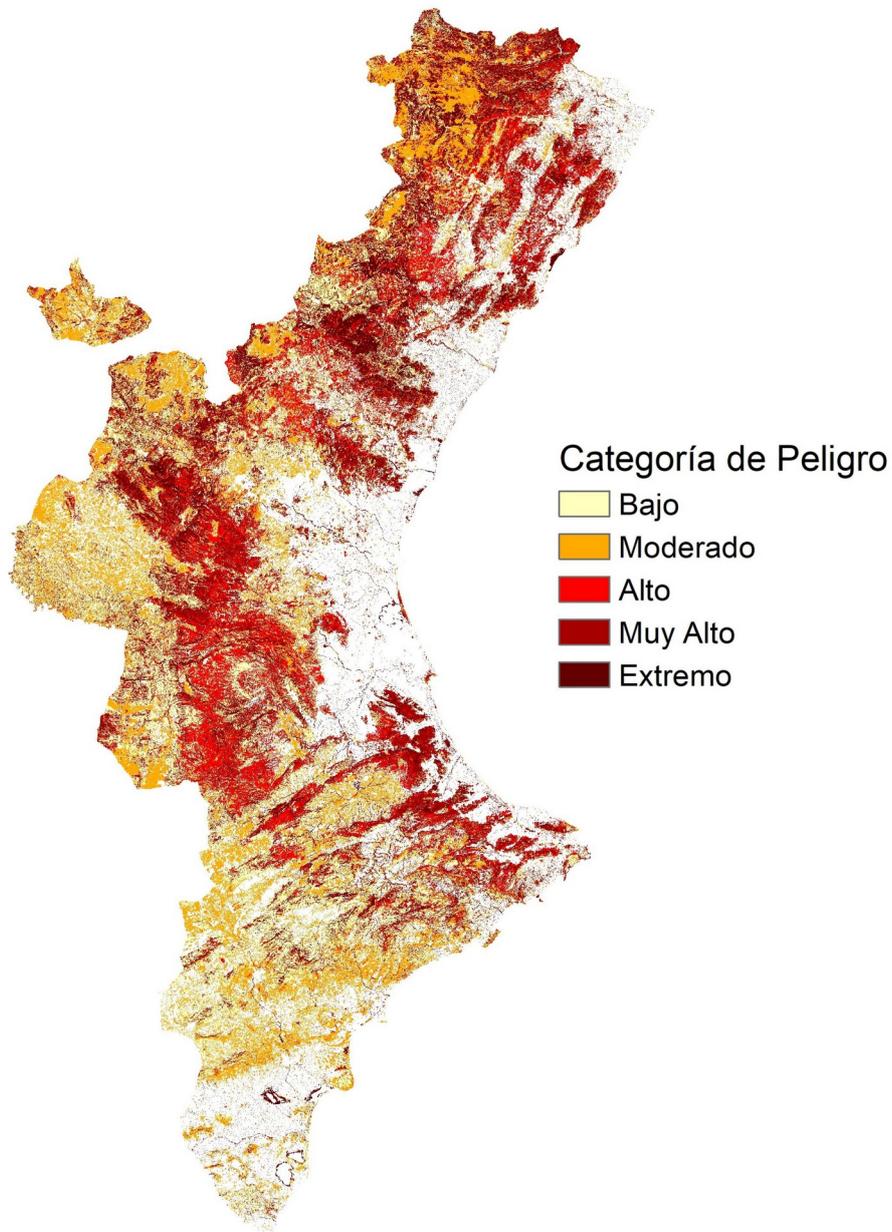


Figura 5. Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana (2024), representado en 5 categorías. Fuente: elaboración propia.

5. Discusión

Respecto a los resultados del mapa, es fundamental tener en cuenta que los valores de intensidad de línea de fuego obtenidos proceden de simulaciones bajo unas condiciones concretas, y no de valores medidos en incendios reales. Esto significa que el comportamiento de un incendio real en una determinada zona del territorio podría diferir de lo indicado en la cartografía resultante, especialmente si las condiciones en las que propaga son muy distintas a las utilizadas en las



simulaciones. Además, es importante resaltar que el simulador empleado ejecuta los cálculos de forma individualizada para cada celda del mapa, sin tener en cuenta los valores obtenidos en las celdas adyacentes. En consecuencia, y como ejemplo, el simulador no puede tener en cuenta los típicos efectos topográficos de precalentamiento y desecado del combustible en laderas ascendentes con el frente de fuego por debajo, así como los “efectos chimenea” en barrancos, etc. Con todo ello, las categorías de peligro representadas en el mapa han de interpretarse más como una referencia para poder comparar la peligrosidad de distintas zonas ante un incendio tipo, y no como representaciones literales del comportamiento real del fuego que podría darse en el territorio.

Por otra parte, si se analizan las condiciones meteorológicas y de humedad de los combustibles utilizadas para las simulaciones, puede decirse que los escenarios empleados son compatibles con días típicos de verano en la zona de estudio, en condiciones de cierta severidad. Si bien es cierto que los valores de la velocidad del viento medio sostenido utilizadas no son extremas, es necesario recalcar que pertenecen al percentil 95 de la base de datos climática utilizada (ERA5). En cualquier caso, ejecutar las simulaciones con condiciones más extremas de viento hubiera supuesto perder información en el mapa, ya que muchas de las zonas clasificadas en categorías de peligro bajo o moderado hubieran pasado a estar clasificadas en categorías superiores, comprimiendo el rango. Esta circunstancia hubiera restado utilidad a la hora de utilizar el mapa para comparar unas zonas con otras.

Respecto a las limitaciones de uso cabe destacar que, pese a que se trata de un mapa de tipo “estático”, calculado a partir de una cartografía base y unas situaciones sinópticas meteorológicas prefijadas, esto no significa que los resultados sean inamovibles en el tiempo. Uno de los parámetros de entrada fundamentales para las simulaciones es el modelo de combustible presente en cada celda del territorio. Por lo tanto, cualquier variación, error o desfase existente en esta variable supone, necesariamente, una inexactitud en el valor de la intensidad de línea de fuego simulada. En este sentido, es necesario tener en cuenta que, para la elaboración del Mapa de Modelos de Combustible utilizado en la cartografía de base, se emplearon, entre otros parámetros, los datos de los vuelos LIDAR del PNOA del año 2017 para las provincias de Valencia y Alicante y del 2018 para Castellón. Dado que la vegetación es susceptible de evolucionar sus estructuras con el paso del tiempo, los modelos de combustible de algunas zonas del territorio han podido sufrir cambios desde la toma de estos datos. Además, hay que tener en cuenta que la precisión del Mapa de Modelos de Combustible y de las cartografías de parámetros de copas, están muy condicionadas por la densidad de puntos de los vuelos LIDAR disponibles en el momento de su elaboración, que era de 0,5 puntos/m².

Como ejemplo, los incendios ocurridos en el territorio suponen perturbaciones importantes en la vegetación existente. Los que se produjeron unos pocos años antes de la elaboración del Mapa de Modelos de Combustible, aparecen en esta cartografía con estructuras de vegetación que en la actualidad ya se encuentran en estadios mucho más inflamables. Un claro ejemplo son las zonas afectadas por los incendios de Chella (Valencia) y Benitatxell (Alicante) del año 2016. Dado que la estructura de vegetación de esas zonas quemadas en el 2016 fue recogida por el vuelo LIDAR del año siguiente, las simulaciones en esas zonas dan como resultado parámetros del comportamiento del fuego poco peligrosos en la mayor parte de la superficie, ya que la vegetación todavía no había tenido tiempo de recuperarse

(Figura 6). En la actualidad, sin embargo, el combustible de esas zonas quemadas ya ha evolucionado hacia modelos con mayor nivel de peligro, y probablemente seguirán aumentando su combustibilidad con el paso de los años.

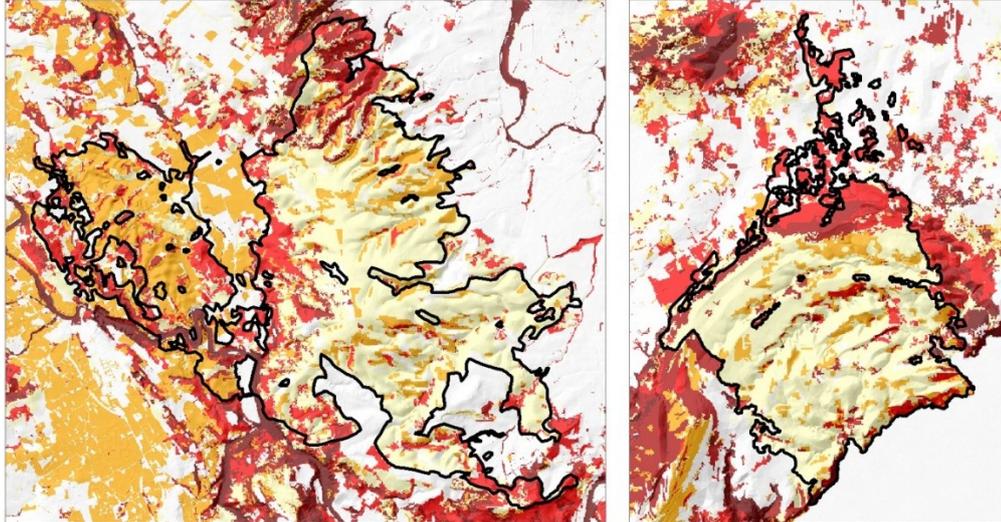


Figura 6. Perímetros de los incendios de Chella (izquierda) y Benitatxell (derecha), superpuestos sobre el Mapa de Peligro. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 se muestran un par de imágenes de GoogleEarth de una zona de detalle afectada por el incendio de Benitatxell, ocurrido en septiembre del 2016. Puede verse el rápido crecimiento de la vegetación, y su evolución hacia modelos con más continuidad y carga de combustible en los tres años que transcurren entre las dos imágenes (junio 2018 – junio 2021). A fecha de 2024, los modelos de combustible presentes en la zona están en un estadio todavía más peligroso frente al paso de un incendio forestal.



Figura 7. Evolución de la vegetación hacia modelos de combustible más peligrosos después del incendio de Benitatxell (Alicante, septiembre de 2016), a partir de imágenes de GoogleEarth (superior: junio 2018; inferior: junio 2021).

Por el contrario, en las zonas afectadas por incendios ocurridos con posterioridad a la elaboración del Mapa de Modelos de Combustible, no están reflejados los cambios en las estructuras de la vegetación. En estos casos, los niveles de peligro que aparecen en el mapa pueden diferir en gran medida con respecto al estado actual. Por lo general, tendrán valores de peligro que estarán por encima de lo esperable tras el paso de los incendios, especialmente en aquellos casos más recientes, como los ocurridos en el 2022, 2023 y 2024.

No obstante, y respecto a la correlación entre los resultados del Mapa de Peligro y las superficies que históricamente sufren grandes incendios, que de alguna manera puede dar una idea de la congruencia del mapa, se ha realizado un análisis de los incendios históricos en la Comunidad Valenciana, desde el año 1993 al 2022, y se han calculado los porcentajes de superficies afectadas por estos incendios para cada categoría de peligro, incluyendo el efecto de la recurrencia de

incendios, es decir, las superficies que se han quemado más de una vez en el periodo. Este análisis se muestra resumido en la Tabla 15:

Tabla 15. Porcentajes de superficie afectada por incendios históricos (1993-2022), para cada categoría de peligro.

Categoría de Peligro	% superficie afectada por incendios históricos
Bajo	17,25
Moderado	12,34
Alto	29,56
Muy Alto	22,70
Extremo	18,15

Como puede verse en la Tabla 14, las categorías de peligro de “Alto”, “Muy Alto” y “Extremo” ocupan aproximadamente el 50% de la superficie total considerada en el mapa. Sin embargo, la suma de superficies afectadas por incendios en estas tres categorías de mayor peligro es de más del 70% del total (Tabla 15). Y esto teniendo en cuenta que se han incluido incendios como los de Chella, Benitatxell, y algunos otros en los que las categorías de peligro que contienen están influenciadas por el hecho de ser zonas quemadas justo antes de la elaboración del Mapa de Modelos de Combustible, pese a que los modelos de combustible existentes en el momento de su ocurrencia eran más peligrosos, como ya se ha visto.

Del análisis de estos datos se puede inferir que las zonas clasificadas con valores elevados de peligro son las que tradicionalmente han sido más afectadas por incendios forestales, lo cual es una muestra de que los resultados del mapa poseen cierta coherencia. Sin embargo, también es importante comprobar que existe un porcentaje no desdeñable de superficie quemada en zonas con valores del índice bajos y moderados. Esta circunstancia debe servir como llamada de atención sobre el hecho de que todas las superficies representadas con alguna categoría en el mapa son susceptibles de arder, especialmente en incendios a partir de ciertas dimensiones, en los que la inercia de su propagación puede facilitar su transición por estas zonas a priori menos peligrosas. Por tanto, estos valores bajos y moderados han de verse más como relativos con respecto a las zonas de mayor peligro.

La superposición cartográfica de las áreas quemadas históricamente (desde 1993 hasta 2022), sobre el Mapa de Peligro, ha quedado representada la Figura 8:



Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana (2024)

Mapa de Peligro de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana (2024)

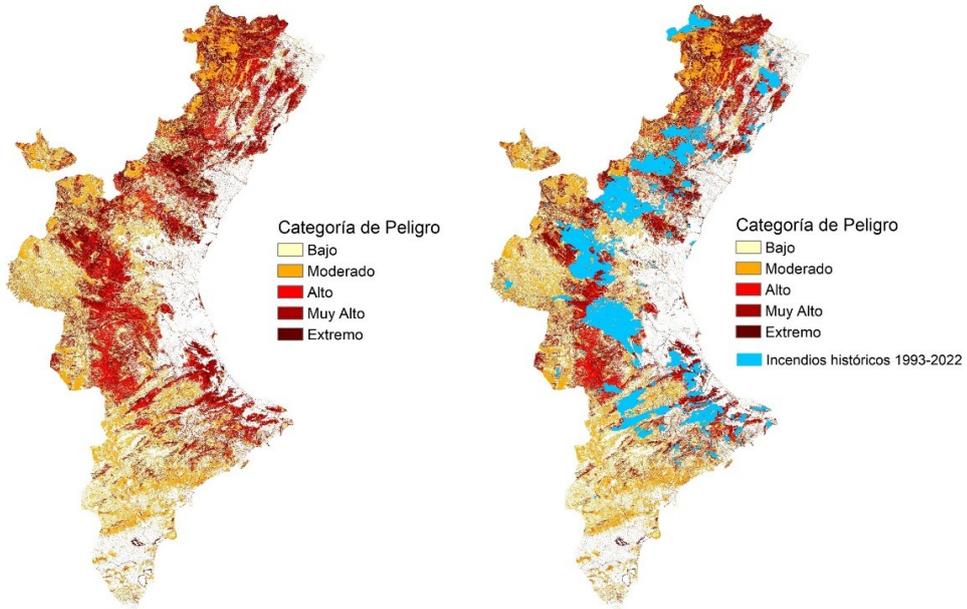


Figura 8. Superposición de los perímetros de incendios históricos (1993-2022) sobre el Mapa de Peligro. Fuente: elaboración propia.

El siguiente ejemplo de detalle muestra una zona con modelo de combustible de matorral SH-4, regenerado después del incendio de Cortes de Pallás del 2012, que ha sido adecuadamente clasificada en el mapa con la categoría de peligro alto (Figura 9):

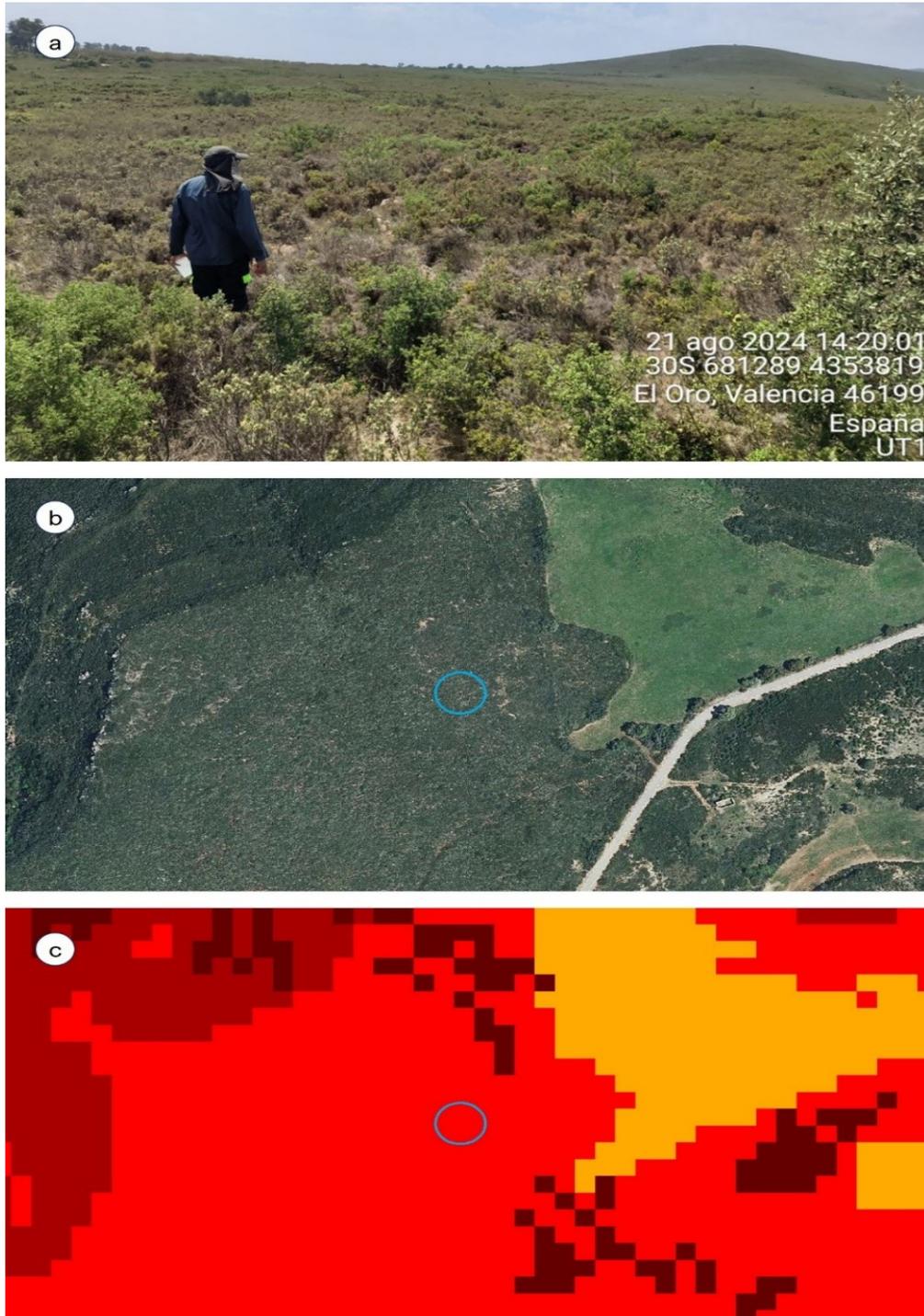


Figura 9. Ejemplo de detalle de zona clasificada con la categoría de peligro alto, con modelo de combustible SH-4. T.M. Yátova (Valencia). a) Fotografía tomada in-situ. b) Zona de la fotografía georeferenciada sobre ortofoto mediante un círculo azul. c) Zona de la fotografía georeferenciada sobre el mapa de peligro mediante un círculo azul.

Por su parte, las superficies ocupadas por modelos de combustible de regenerado de pinar de alta densidad (SH-9), están clasificadas en el mapa con la categoría de peligro extremo, siendo este resultado también coherente. Sirva como ejemplo la zona representada en la Figura 10:

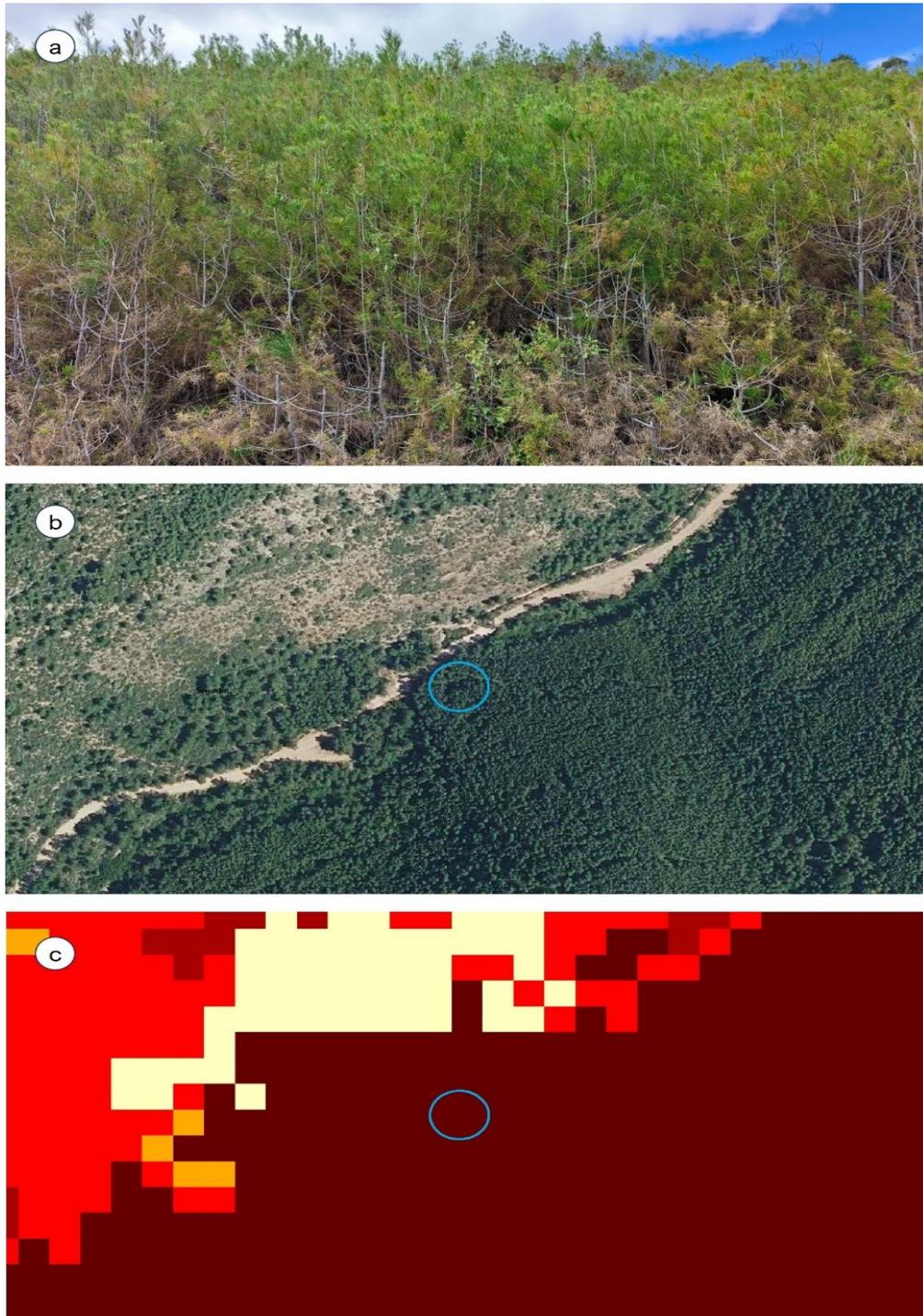


Figura 10. Ejemplo de detalle de zona clasificada con la categoría de peligro extremo, con modelo de combustible SH-9. T.M. Segorbe (Castellón). a) Fotografía tomada in-situ. b) Zona de la fotografía georeferenciada sobre ortofoto mediante un círculo azul. c) Zona de la fotografía georeferenciada sobre el mapa de peligro mediante un círculo azul.

Por otro lado, la presencia de modelos de combustible que generan menores intensidades de llama como el TU-1, en el que el fuego propaga principalmente por herbáceas bajo arbolado, con pocas probabilidades del paso a fuego de copas por la

ausencia de continuidad vertical de los combustibles, supone generalmente clasificaciones de peligro bajo en el mapa (Figura 11):

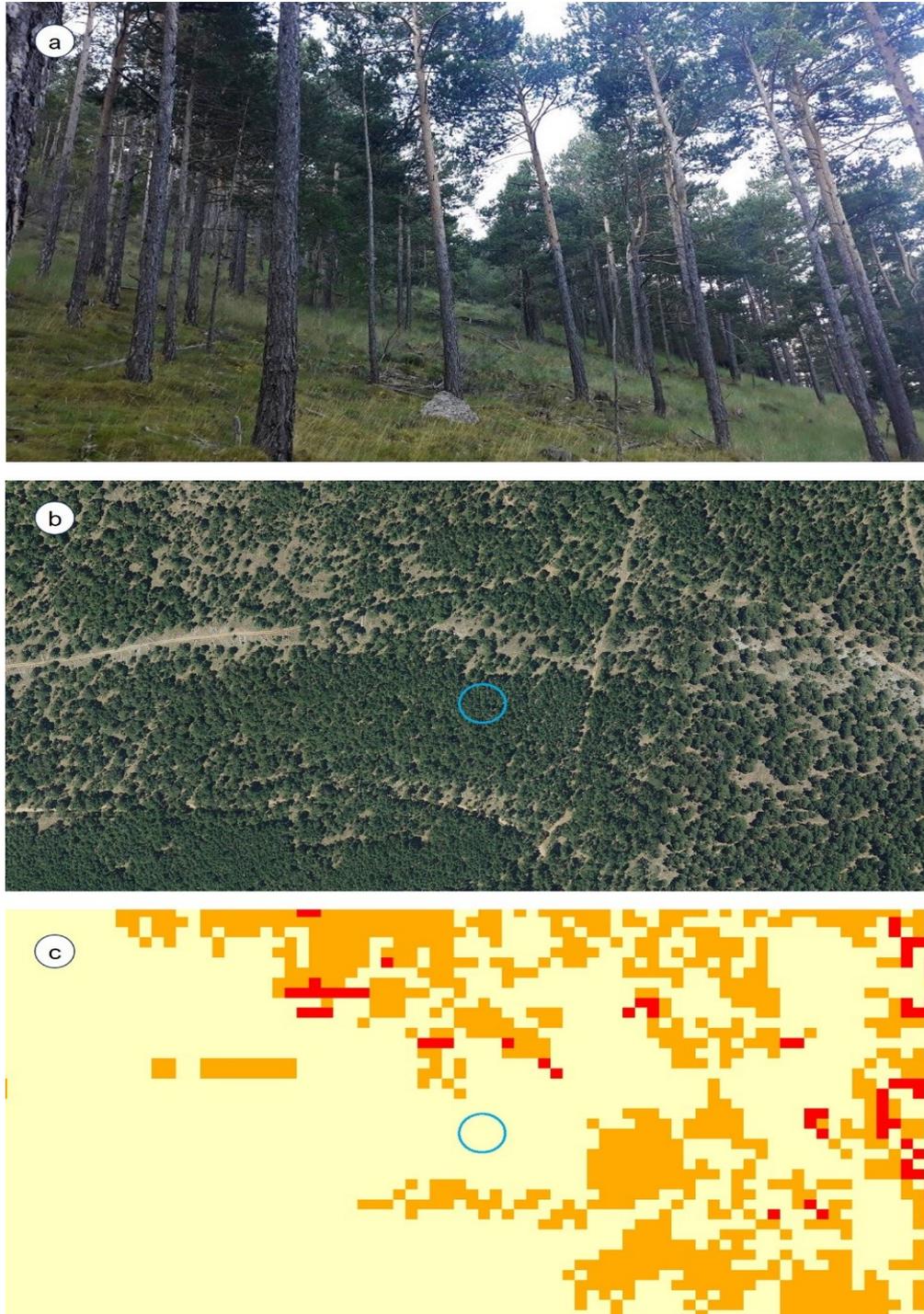


Figura 11. Ejemplo de detalle de zona clasificada con la categoría de peligro bajo, con modelo de combustible TU-1. T.M. Vistabella del Maestrat (Castellón). a) Fotografía tomada in-situ. b) Zona de la fotografía georeferenciada sobre ortofoto mediante un círculo azul. c) Zona de la fotografía georeferenciada sobre el mapa de peligro mediante un círculo azul.

Con respecto a otros detalles del mapa, resulta relevante observar cómo en aquellos cauces y ramblas cuya vegetación está clasificada como cañaverales o carrizales, el valor del índice de peligro es muy elevado (Figura 12). Este resultado también es coherente, ya que los incendios en este tipo de combustibles normalmente tienen un comportamiento del fuego muy agresivo, con elevadas intensidades de fuego, longitudes de llama y velocidades de propagación, y pueden generar problemas importantes en la interfaz urbano-forestal, así como servir de conexión con zonas forestales montañosas. En estas zonas, el cambio de modelo de combustible a formaciones de vegetación autóctona de ribera sería muy conveniente, ya que reduciría en gran medida el peligro de incendio.

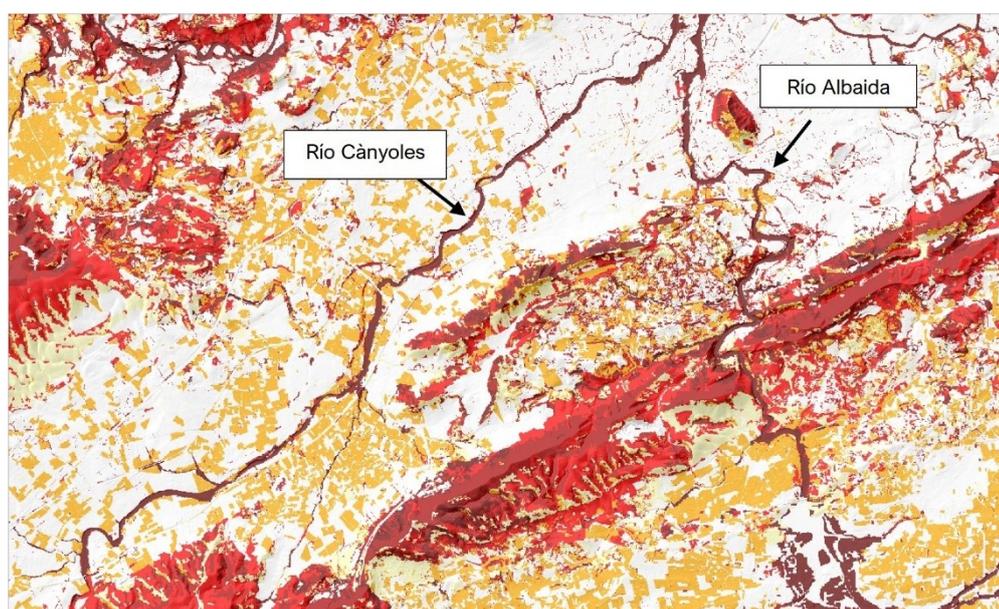


Figura 12. Ejemplo de clasificación del nivel de peligro en cauces con modelos de combustible de cañaverales (río Cànyoles y río Albaida, provincia de Valencia).

Además, existen zonas de cultivo incluidas en el Mapa de Peligro, por lo que tendrían consideración de superficies inflamables. Esta circunstancia puede ser debida a varios factores. Por una parte, algunas zonas de cultivo se encuentran abandonadas y han sido colonizadas por especies forestales, y han quedado así recogidas en el Mapa de Modelos de Combustible. Pero, además, en este mapa de combustibles también se añadieron zonas clasificadas como tierras arables, susceptibles de ser cultivadas con cereales, por lo que se les dio carácter de inflamables, bajo el criterio de mayoración del riesgo. La Figura 13 muestra un ejemplo de estas zonas que habitualmente se cultivan con cereal:

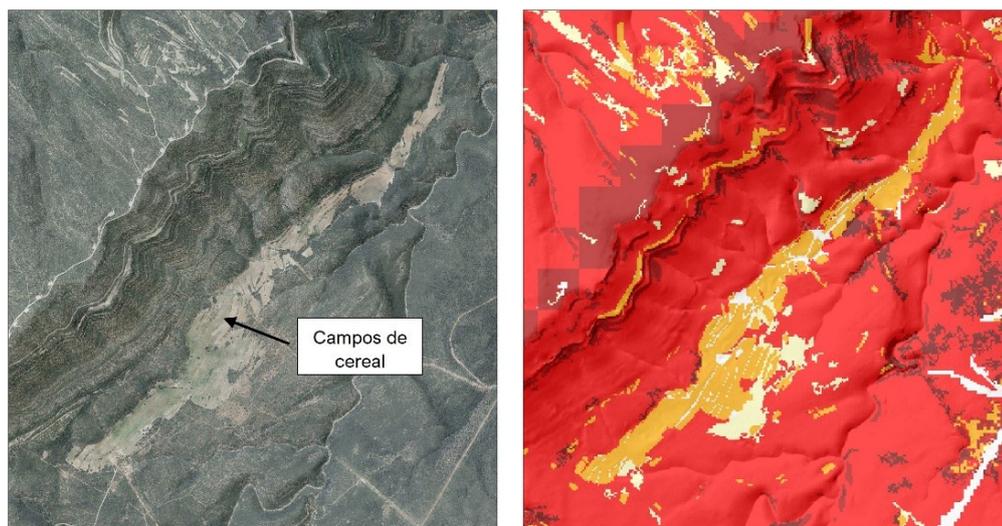


Figura 13. Ejemplo de zonas de cultivos de cereal clasificadas como inflamables dentro del Mapa de Peligro (T.M. Ayora, Valencia).

6. Conclusiones

De los resultados obtenidos en el Mapa de Peligro de la Comunidad Valenciana (2024) se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- La cartografía clasifica, en 5 categorías de peligro de incendio, todo el territorio de la Comunidad Valenciana con algún modelo de vegetación combustible, según el mapa de modelos de combustible de referencia basado en SCOTT&BURGAN (2005). Este peligro de incendio ha sido calculado mediante simulaciones del comportamiento del fuego en base a la variable “intensidad de línea de fuego”, en kW/m. Por lo tanto, cualquier celda contenida en el Mapa de Peligro debe considerarse como susceptible de arder, aunque con intensidades esperadas distintas en función de la categoría en la que esté clasificada.
- Dada la naturaleza intrínseca de las simulaciones realizadas para el cálculo del mapa, las categorías de peligro representadas han de interpretarse más como una referencia para poder comparar la peligrosidad de distintas zonas, que como representaciones literales del comportamiento real del fuego que podría darse en el territorio, especialmente si las condiciones en el que este se desarrolla difieren en gran medida de las empleadas.
- Los resultados del mapa no son inamovibles en el tiempo. Las condiciones de partida utilizadas para las simulaciones pueden variar en el futuro, tanto en lo referente a los valores climatológicos como en aquellos aspectos relacionados con los combustibles (estructura, continuidad, disponibilidad frente al fuego, etc.). Por lo tanto, pese a que, en su concepción, el mapa es de tipo estático, para que su utilidad siga siendo vigente debe actualizarse de forma periódica para adaptarse a los cambios que puedan sobrevenir.
- Tras el análisis espacial se puede concluir que los resultados del Mapa de Peligro son coherentes. Las zonas históricamente afectadas por incendios tienen, en general, clasificaciones altas de peligro, y los valores de intensidad de línea se ajustan al comportamiento del fuego esperado en los distintos modelos de combustible presentes en el ámbito espacial considerado.
- El Mapa de Peligro se puede constituir como una herramienta muy útil en



la toma de decisiones sobre el territorio. De todos los parámetros de entrada utilizados en la elaboración del mapa el único sobre el que se puede actuar de forma plausible es el modelo de combustible, por lo que la cartografía se puede utilizar como elemento de ayuda a la hora de priorizar las actuaciones sobre la vegetación, conducentes a disminuir el peligro de incendio. Además, el mapa también puede tenerse en cuenta en el análisis de la idoneidad de la ubicación de ciertas infraestructuras en el territorio, así como de las medidas correctoras a implementar en su caso.

7. Bibliografía

AEMET; 2018. Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos. Recurso on-line.

ALEXANDER, MARTIN E.; CRUZ, MIGUEL G.; 2011. Interdependencies between flame length and fireline intensity in predicting crown fire initiation and crown scorch height. *International Journal of Wildland Fire* 21(2) 95-113.

ALEXANDER, MARTIN E.; LANOVILLE, R.A.; 1989. Predicting fire behavior in the black spruce-lichen woodland of western and northern Canada. For. Can., North. For. Cant., Edmonton, Alberta, and Northwest Territ., Dep. Renewable Resour., Territ. For. Fir Cent., Fort Smith, Northwest Territories. Poster (with text).

ANDREWS, P. L.; HEINSCH, F. A.; SCHELVAN, N.; 2011. How to Generate and Interpret Fire Characteristics Charts for Surface and Crown Fire Behavior. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-253. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 40 p.

CHATTO, K.; TOLHURST, K.G.; 2004. A review of the relationship between fireline intensity and the ecological and economic effects of fire, and methods currently used to collect fire data. Forest Science Center. Fire Management Department of Sustainability and Environment. Victoria, Australia. Research Report n°67.

FINNEY, M.; 2006. An overview of FlamMap fire modeling capabilities. In: Fuels management—how to measure success: conference proceedings. 2006 March 28-30; Portland, Oregon. Proceedings RMRS-P-41. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 213-220.

FOSBERG, M. A.; DEEMING, J. E.; 1971. Derivation of the 1- and 10-hour timelag fuel moisture calculations for fire-danger rating. Research Note RM-RN-207. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 8 p.

HOLLIS, J.; MATTHEWS, S.; GROOTEMAAT, S.; FOX-HUGHES, P.; KENNY, B.; SAUVAGE, S.; 2019. Defining a meaningful framework for the Australian Fire Danger Rating System Research Prototype. Proceedings for the 6th International Fire Behavior and Fuels Conference. April 29 – May 3, 2019, Sydney, Australia. Published by the International Association of Wildland Fire, Missoula, Montana, USA.

NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP; 2017. Fire Behavior Field Reference Guide. PMS-437. Boise, ID: National Interagency Fire Center, National Wildfire Coordination Group. 197 p.

SCOTT, J. H.; BURGAN, R. E.; 2005. Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest



Service, Rocky Mountain Research Station. 72 p.

SCOTT, J. H.; REINHARDT, E.D.; 2001. Assessing Crown Fire Potential by Linking Models of Surface and Crown Fire Behavior. Research Paper RMRS-RP-29. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59 p.