

Análisis de los incendios forestales en Castilla-La Mancha. Detección de áreas potencialmente peligrosas¹.

Miguel A. Copete², José A. Monreal², Mariano Selva², Luis Fernández-Cernuda³ y Esteban Jordán²

Resumen

Con objeto de identificar y localizar a escala regional los factores que facilitan la ignición del incendio forestal y contribuyen a su posterior propagación, con el presente trabajo se ha elaborado material cartográfico representativo de la problemática de los incendios forestales en Castilla-La Mancha. Concretamente se ha obtenido un mapa de riesgo estadístico basado en los datos registrados en la estadística general de incendios forestales para la región durante los últimos 15 años, mediante integración de índices de frecuencia, gravedad y causalidad. Por otro lado se ha confeccionado un mapa de peligrosidad a partir del modelo digital del terreno, modelos de combustible e información fitoclimática georreferenciada. El mapa final de riesgo potencial obtenido como intersección de los dos anteriores, resalta las áreas más problemáticas a nivel regional desde el punto de vista de los incendios forestales, sobre las cuales se focalizará el análisis de los factores negativos que están actuando, recomendándose posibles medidas para corregirlos o al menos minimizarlos. Los resultados muestran 3-4 áreas bien delimitadas por provincia a considerar por su medio-alto riesgo potencial. No obstante, como cabe esperar en un ámbito geográfico tan extenso, se ha detectado gran heterogeneidad en los factores involucrados en este elevado riesgo entre las cinco provincias, e incluso entre las zonas potencialmente peligrosas delimitadas en cada una de ellas.

Introducción

Los incendios forestales constituyen en la actualidad uno de los principales impactos, relativos a la degradación del medio ambiente, con los que se enfrenta anualmente nuestro país, no siendo Castilla-La Mancha una excepción. Las extensiones a las que afectan estos fenómenos, sobre todo en nuestras áreas de bosque mediterráneo, son del orden de miles de hectáreas anuales, lo que unido a la relativamente lenta regeneración de estos ecosistemas, confieren al problema de los incendios forestales una repercusión cada vez mayor en nuestra sociedad, sin mencionar el drama humano que habría que añadir cuando a la pérdida de masa forestal se le une la de vidas humanas.

Con la consciencia de la no existencia lamentablemente de recetas mágicas para la solución del problema, con este trabajo se pretende realizar un análisis de la situación actual de los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. No obstante, como punto de partida del presente estudio se ha recurrido a los datos que en relación a nuestra región están registrados en la estadística de incendios de la Base de Datos de la Dirección General para la Biodiversidad, con objeto de tener en consideración información correspondiente a los últimos años para la adopción de conclusiones.

¹ Trabajo financiado por la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la JCCM.

² E.T.S.I.A. Ingeniería Técnica Forestal. Campus Universitario, s/n. 02071. Albacete. España.

³ Delegación Provincial de Medio Ambiente (Albacete). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Objetivos

1. Realización de un mapa de riesgo estadístico, basado en la base de datos española de incendios forestales.
2. Obtención de un mapa de peligrosidad del medio que identifique las estructuras forestales con mayor riesgo de incendios.
3. Confección de un mapa de riesgo potencial, mediante la intersección de los dos anteriores.

Metodología

El proyecto trata de identificar y localizar a escala regional, aquellas zonas donde es más probable que acontezca un incendio forestal, y en caso de que éste suceda sea más difícil su control debido a su gravedad potencial, a la causa que lo origine o a las propias características del medio. Por tanto definiremos el riesgo potencial de incendios como una combinación del análisis del riesgo estadístico y de la peligrosidad del sistema forestal en cuestión, o lo que es lo mismo, para calcular el riesgo potencial de incendio en nuestros montes, se ha de calcular previamente el riesgo estadístico y la peligrosidad del medio, y por conjunción de ambos evaluar el primero.

Riesgo estadístico de incendios

Para evaluar el riesgo estadístico se ha utilizado la información existente en la base de datos de incendios forestales (EGIF) de la D.G.B. para Castilla-La Mancha. En concreto, de esta base de datos se han extraído los partes de todos los incendios (incluyendo conatos) producidos en la región durante los últimos 15 años disponibles en la fecha de inicio del presente trabajo (1990-2004), para proceder a su análisis estadístico.

Con objeto final de obtener una representación con la distribución del riesgo estadístico de incendios forestales en nuestra región, se procedió al cálculo preliminar de los índices de frecuencia, gravedad y causalidad, como integrantes del primero.

Antes de pasar a describir de forma más precisa la metodología empleada para el cálculo de cada uno de estos tres índices señalados, conviene remarcar un aspecto metodológico relevante y que es común a todos ellos.

Aunque fruto de las nuevas tecnologías aplicadas al campo de los incendios forestales, los partes de incendio de las últimas campañas registran con precisión la ubicación espacial del incendio mediante coordenadas UTM, la serie de datos empleada para este estudio no incluye dicha información, apareciendo la localización geográfica referida a cuadrículas UTM de 10x10 km, así como al término municipal donde se produce el incendio. Por ello, se ha procedido a calcular los índices de frecuencia, gravedad y causalidad tanto referidos a términos municipales, como a las cuadrículas UTM de 100 km², obteniendo para cada índice un mapa por términos municipales (que pudiera resultar información interesante para los municipios) y otro independiente adoptando como base la cuadrícula UTM (menos interesante desde un punto de vista administrativo, pero con una información geográfica más precisa). Consecuencia de la representación de cada uno de los tres índices señalados a través de dos mapas diferentes, es la existencia de dos valores de un mismo índice de riesgo para cada una de las teselas que aparecen delimitadas en el Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (Mapa Forestal de España, 2001), un valor correspondiente al término municipal y el otro a la cuadrícula. Por consiguiente, para lograr una mayor discriminación geográfica en la representación de estos tres índices, y adoptando como base las teselas del Mapa Forestal de España, se ha procedido a asignar como

índice de riesgo en cada tesela el correspondiente a la media aritmética de los dos valores señalados. A partir de este valor medio, y dado que los sistemas naturales y los acontecimientos que suceden en éstos, no se ajustan a límites administrativos, se ha procedido a realizar una interpolación con cuyos resultados se han obtenido los documentos gráficos definitivos de este estudio.

A continuación se expone, ya particularizada, la metodología seguida para el cálculo de los índices citados, que conjuntamente integrarán el riesgo estadístico de incendio.

Índice de frecuencia de incendios

El índice de riesgo espacial o índice de frecuencia refleja la frecuencia media anual de incendios en un ámbito geográfico determinado (cuadrícula UTM, comarca, provincia, etc.), referida a 10.000 ha de superficie forestal. Por tanto, será un indicador de la probabilidad de que ocurra un incendio forestal en el ámbito geográfico para el que se ha calculado.

En el cálculo de la frecuencia de incendios, se han considerado los incendios y los conatos producidos a lo largo de la serie de años estipulada, tanto por cuadrículas como por términos municipales, por cada 10.000 ha de superficie forestal.

$$F_i = \frac{1}{a} \sum_1^a n_i$$

Donde:

F_i = Frecuencia de incendios

a = Número de años de la serie de datos utilizada (15 años)

n_i = Número de incendios en cada año de la serie referidos a 10.000 ha

Este índice se distribuye en rangos para su posterior representación gráfica (tabla 1).

Frecuencia	Índice de frecuencia (F_i)	Indicador
Muy baja	< 0,50	1
Baja	0,50 – 0,99	2
Moderada	1,00 – 1,59	3
Alta	1,60 – 2,29	4
Grave	2,30 – 3,99	5
Extrema	\geq 4,00	6

Tabla 1— Clasificación del índice de frecuencia.

Índice de gravedad de incendios

El índice de gravedad representa el porcentaje anual de superficie quemada respecto a la superficie forestal total.

Como ya se ha señalado, del mismo modo que en el caso del índice de frecuencia, este índice de gravedad también se ha determinado por término municipal y por cuadrícula. En este caso, se entiende como el porcentaje de superficie (forestal total, incluyendo tanto arbolada como no arbolada) quemada anualmente con respecto a la superficie forestal existente a nivel de término municipal o de cuadrícula. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_g = \frac{1}{a} \sum_1^a \frac{S_{FQ_i}}{S_{FT}} \times 100$$

Donde:

I_g = Índice de gravedad

a = Número de años de la serie de datos

S_{FOi} = Superficie forestal quemada en el periodo (arbolada más no arbolada)

S_{FT} = Superficie forestal total

El índice se distribuye en rangos para su posterior representación gráfica (*tabla 2*).

Gravedad	Índice de gravedad (I_g)	Indicador
Muy baja	< 0,010	1
Baja	0,010 - 0,029	2
Moderada	0,030 - 0,074	3
Alta	0,075 - 0,249	4
Grave	0,250 - 0,749	5
Extrema	$\geq 0,75$	6

Tabla 2— Clasificación del índice de gravedad.

Índice de causalidad de incendios

El índice de causalidad es un indicador de la probabilidad de que un foco originado por una causa determinada llegue a convertirse en un incendio forestal de grandes dimensiones. La expresión utilizada será la siguiente:

$$C_i = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \frac{\sum_{c=1}^6 c \cdot n_{ic}}{n_i}$$

Donde:

C_i = Índice de causalidad

a = Número de años de la serie de datos utilizada

c = Coeficiente de peligrosidad específica de cada causa

n_{ic} = Número de incendios de cada causa en cada año

n_i = Número de incendios cada año

Se determina por término municipal y cuadrícula. El resultado se clasifica en rangos para su posterior representación gráfica (*tabla 3*).

Causalidad	Índice de causalidad (C_i)	Indicador
Muy baja	< 2,0	1
Baja	2,0 – 2,9	2
Moderada	3,0 – 3,9	3
Alta	4,0 – 4,9	4
Grave	5,0 – 5,9	5
Extrema	$\geq 6,0$	6

Tabla 3— Clasificación del índice de causalidad.

Para calcularlo previamente se identificaron por orden de importancia las causas que generan incendios de mayores proporciones en cada provincia de Castilla-La Mancha, asignándoseles así el correspondiente coeficiente de peligrosidad específica “ c ” (*tabla 4*). Se excluyen los dos incendios registrados mayores de 10.000 ha.

Provincia	Grupo de causa	Superficie forestal quemada (ha)	Nº incendios	Incendio medio (ha)	Coefficiente de peligrosidad (c)
Albacete	Accidente	278,7	49,0	5,7	5
	Desconocida	468,4	177,0	2,6	3
	Intencionado	3911,8	206,0	19,0	10
	Negligencia	2738,4	636,0	4,3	4
	Rayo	2463,0	384,0	6,4	6
	Reproducido	4,0	1,0	4,0	1
Ciudad real	Accidente	3163,6	156,0	20,3	10
	Desconocida	3762,0	420,0	9,0	8
	Intencionado	6863,7	583,0	11,8	9
	Negligencia	5411,3	325,0	16,7	10
	Rayo	1425,1	73,0	19,5	10
	Reproducido	1,6	2,0	0,8	1
Cuenca	Accidente	2350,5	86,0	27,3	10
	Desconocida	2272,0	211,0	10,8	9
	Intencionado	6912,8	167,0	41,4	10
	Negligencia	7906,0	849,0	9,3	8
	Rayo	2832,7	1106,0	2,6	3
	Reproducido	11,5	6,0	1,9	1
Guadalajara	Accidente	925,7	140,0	6,6	6
	Desconocida	2831,5	542,0	5,2	5
	Intencionado	5822,2	286,0	20,4	10
	Negligencia	6531,9	681,0	9,6	8
	Rayo	4106,0	536,0	7,7	7
	Reproducido	18,5	7,0	2,6	1
Toledo	Accidente	1362,9	191,0	7,1	7
	Desconocida	3433,5	751,0	4,6	4
	Intencionado	3046,2	525,0	5,8	5
	Negligencia	6971,1	1152,0	6,1	6
	Rayo	524,7	70,0	7,5	7
	Reproducido	95,8	9,0	10,6	1
TOTAL		88447,0	10327,0	8,6	

Tabla 4— Determinación del coeficiente “c” por provincia para cada grupo de causas.

Análisis del riesgo estadístico de incendios

El índice de riesgo estadístico, que aglutina los tres anteriores, es por tanto un indicador que basándose en datos de la serie histórica representa la probabilidad de que se produzca un incendio forestal, su gravedad relativa en términos de superficie y la peligrosidad específica de la causa que lo origina.

La intersección de los tres índices (frecuencia-gravedad-causalidad) para obtener el mapa de riesgo estadístico se efectúa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R_E = F_i \cdot I_g \cdot C_i$$

Donde:

R_E = Riesgo estadístico de incendios

F_i = Índice de frecuencia

I_g = Índice de gravedad

C_i = Índice de causalidad

A la hora de seleccionar la operación aritmética que integrase estos tres índices se consideró más adecuado el producto de los mismos frente a la suma o media ponderada, al considerar que es la opción más apropiada para realzar aquellas áreas con valores elevados de cualquiera de los índices citados, de modo que nos obligará a prestarles una especial atención.

Se obtiene así la distribución de zonas con diferente riesgo estadístico de acuerdo a la *tabla 5*.

Riesgo estadístico	Índice de riesgo estadístico	Indicador
Muy bajo	< 6,0	1
Bajo	6,0 – 11,9	2
Moderado	12,0 – 23,9	3
Alto	24,0 – 39,9	4
Grave	40,0 – 71,9	5
Extremo	$\geq 72,0$	6

Tabla 5— Clasificación del índice de riesgo estadístico de incendio.

Peligrosidad del medio

La peligrosidad del medio, ajena a las estadísticas de incendios, surge de la integración de factores de carácter casi permanente en el monte y da una idea sobre la gravedad y dificultad de extinción, ante la eventualidad de un incendio forestal en un lugar determinado. En definitiva, una vez producido un incendio, la peligrosidad del medio se podría definir como la facilidad intrínseca de un sistema forestal para propagar el fuego, convirtiendo a éste en incendio.

De este modo, en el presente trabajo la peligrosidad se estima a partir de la combustibilidad ligada a la vegetación, el relieve o fisiografía y la climatología representada por medio de las diferentes regiones fitoclimáticas definidas para nuestro ámbito regional.

Peligrosidad de los combustibles

La combustibilidad de un material vegetal puede definirse como la capacidad del sistema forestal en que se integra para arder y desprender la energía suficiente para provocar la inflamación de la vegetación adyacente, extendiendo el fuego. A cada tipo de vegetación, le corresponde una inflamabilidad y combustibilidad determinadas, que varían en función del tipo y cantidad de biomasa, y su distribución espacial o estratificación. Esta combustibilidad ha sido interpretada en este estudio a través de los modelos de combustible (Rothermel, 1983).

La definición de los modelos de combustible y las formaciones forestales dominantes presentes en el ámbito territorial definido se realiza a partir de los datos del Mapa Forestal de España a escala 1:50.000.

A continuación se ha clasificado la peligrosidad de cada uno de estos modelos de combustible en función de la longitud de llama y de la velocidad de propagación característicos de cada uno de ellos.

Peligrosidad del combustible	Grupo	Modelo de combustible	Coefficiente de riesgo (m)
Extrema	Matorral	4	10
Grave	Matorral	6	9
Alta	Matorral	7	8
Alta	Pastos	3	8
Moderada	Pastos	1	7
Moderada	Pastos	2	7
Baja	Matorral	5	6
Muy baja	Hojarasca bajo arbolado	8	5
Muy baja	Hojarasca bajo arbolado	9	5
Muy baja	Hojarasca bajo arbolado	10	5

Tabla 6— Clasificación de los combustibles forestales en función de su peligrosidad.

Por tanto, la elaboración de la cartografía referente a la peligrosidad de los combustibles consistirá en asignar el coeficiente de riesgo correspondiente a cada una de las teselas delimitadas en el Mapa Forestal de España.

Peligrosidad de la fisiografía

La pendiente es el factor topográfico de mayor influencia en la velocidad de propagación del fuego, ya que cuanto mayor es ésta mayor es la ocurrencia de fenómenos de radiación y convección en la zona situada ladera arriba de las llamas, y por tanto más importantes son los fenómenos de desecación y precalentamiento del combustible. Esto, unido al hecho de que la pendiente favorece la continuidad horizontal y vertical de los combustibles, hace de la misma un factor de máxima importancia a la hora de evaluar el riesgo de propagación de un incendio forestal.

Con el fin de analizar la peligrosidad de la fisiografía en los incendios forestales, se ha partido de las curvas de nivel de Castilla-La Mancha. A partir de éstas se ha obtenido el modelo digital del terreno (MDT) de las 5 provincias que componen la Comunidad Autónoma. Una vez se ha dispuesto del MDT en éste se han diferenciado los cuatro rangos de pendiente que se exponen en la *tabla 7*.

Peligrosidad de la pendiente	Rango de pendientes (pct)	Indicador
Baja	0-4,9	3
Moderada	5-14,9	5
Alta	15-34,9	8
Muy alta	≥ 35	10

Tabla 7— Clasificación del índice de peligrosidad de la fisiografía.

Estos rangos de pendiente se han definido en función del comportamiento del fuego (velocidad de propagación). Un incremento de pendiente supone una mayor velocidad del fuego y mayor dificultad de acceso para los medios de extinción. En concreto, por encima del 35 por ciento de pendiente se dificulta en gran medida el empleo de maquinaria, por lo que se decide asignar el valor máximo de riesgo a partir de este valor.

Adversidad del clima

Para el estudio de la peligrosidad en función del clima, se ha utilizado la Clasificación Fitoclimática de Allue (1990). De esta manera se han clasificado como más peligrosos aquellos subtipos fitoclimáticos más secos y cálidos (subtipos IV, mediterráneos); a continuación los transicionales entre mediterráneos y nemorales (subtipos IV con tendencias a VI, IV(VI)); luego los transicionales entre nemorales y mediterráneos (subtipos VI(IV)) y por último los más fríos y húmedos de alta montaña (subtipos VIII(VI) y X(IX)).

Adversidad del clima	Código	Indicador
Extrema	IV1	10
Grave	IV3	9
Grave	IV4	9
Grave	IV (VI)1	9
Alta	VI (IV)2	8
Alta	VI (IV)1	8
Alta	VI (VII)	8
Moderada	VIII (VI)	7
Baja	X (IX)2	6

Tabla 8— Clasificación del índice de riesgo climático.

No obstante, las diferencias en función de este índice climático se han atenuado intencionadamente, observándose que a los niveles “extremo”, “grave” y “alto” se ha asignado unos valores muy próximos entre sí de 10, 9 y 8 respectivamente, puesto que aunque existen diferencias de carácter fitoclimático, consideramos que en todas las zonas los veranos son desde el punto de vista climático muy peligrosos en todo el territorio.

Análisis de la peligrosidad del medio

Resultado de la integración de las tres variables anteriormente descritas es el mapa de peligrosidad del medio en el que se representará el siguiente índice:

$$P_M = P_{CB} \cdot P_F \cdot P_{CL}$$

Donde:

P_M = Índice de peligrosidad del medio

P_{CB} = Índice de peligrosidad de los combustibles

P_F = Índice de peligrosidad de la fisiografía

P_{CL} = Índice de peligrosidad climática

Índice de peligrosidad del medio	Rango de valores del índice	Indicador
Muy bajo	90-250	1
Bajo	250-336	2
Moderado	336-432	3
Alto	432-540	4
Grave	540-648	5
Extremo	648-1000	6

Tabla 9— Clasificación del índice de peligrosidad del medio.

Riesgo potencial de incendios

El riesgo potencial de incendios integra las características potenciales del régimen de incendios forestales representadas por la frecuencia, la gravedad y la causalidad, para un sistema forestal caracterizado por un clima específico, una fisiografía y un combustible determinados.

Se determina mediante la intersección del índice de riesgo estadístico y el índice de peligrosidad del medio de modo que el mapa de riesgo potencial de incendios se ha obtenido como producto de ambos índices.

$$R_P = R_E \cdot P_M$$

Donde:

R_P = Riesgo potencial de incendios

R_E = Riesgo estadístico de incendios

P_M = Índice de peligrosidad del medio

Este índice se distribuye en rangos para su posterior representación gráfica (tabla 10).

Índice de riesgo potencial	Rango de valores	Indicador
Muy bajo	1-1,9	1
Bajo	2-3,9	2
Moderado	4-7,9	3
Alto	8-11,9	4
Grave	12-19,9	5
Extremo	20-36	6

Tabla 10— Clasificación del índice de riesgo potencial de incendio.

Resultados y discusión

Riesgo estadístico de incendios

La distribución de la superficie forestal provincial integrada en cada uno de los niveles de riesgo estadístico (fig. 1) muestra como destacan Toledo y Guadalajara con una mayor superficie forestal (próxima al 30 por ciento) en niveles de riesgo estadístico alto, grave y extremo.

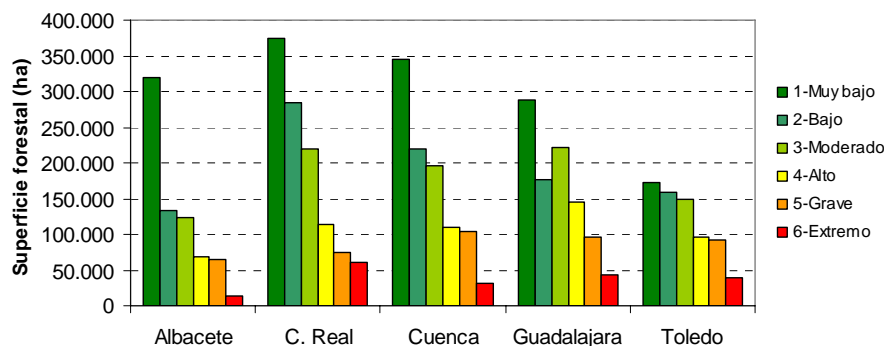


Figura 1— Superficie forestal provincial por rangos de riesgo estadístico.

Al representar el riesgo estadístico de incendios en el ámbito regional (fig. 2) cabe destacar que hay provincias como Albacete y Cuenca donde estas zonas de alto peligro estadístico están más localizadas, mientras que en otras como Guadalajara y

Ciudad Real se encuentran más diseminadas. Toledo se podría considerar como una provincia intermedia.

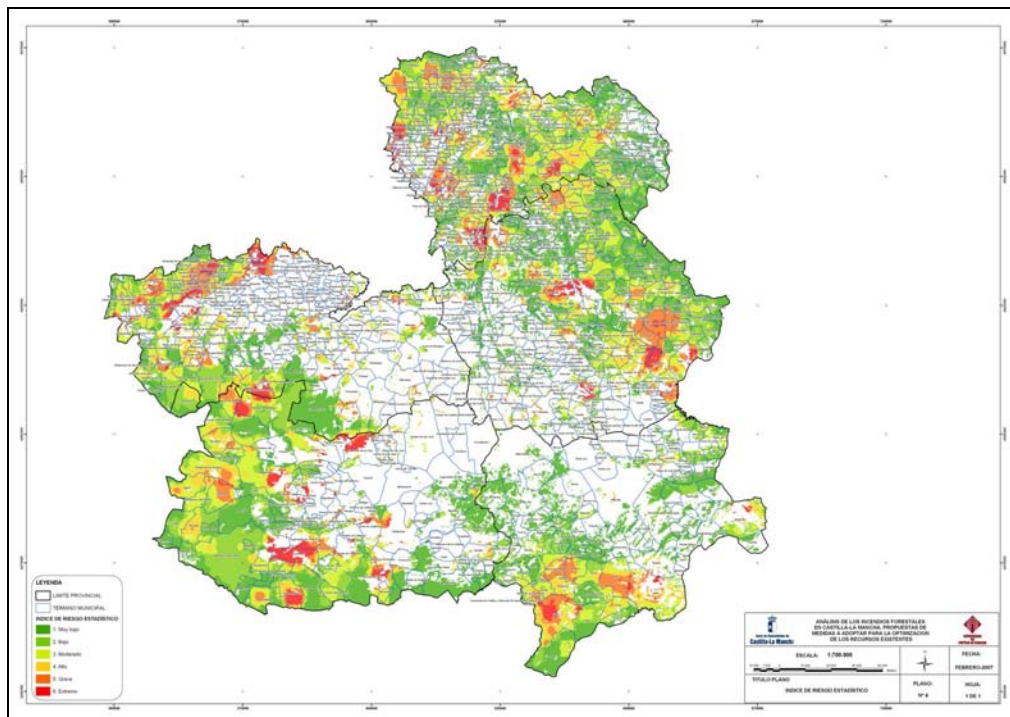


Figura 2— Mapa de riesgo estadístico de incendio forestal en Castilla-La Mancha.

Peligrosidad del medio

Con un índice de peligrosidad muy bajo se encuentra el 36'8 por ciento de la superficie forestal regional, frente al 25 por ciento que en el extremo contrario presenta un riesgo extremo o grave. Destacan las más de 250.000 ha con riesgo extremo en Ciudad Real (*fig.3*).

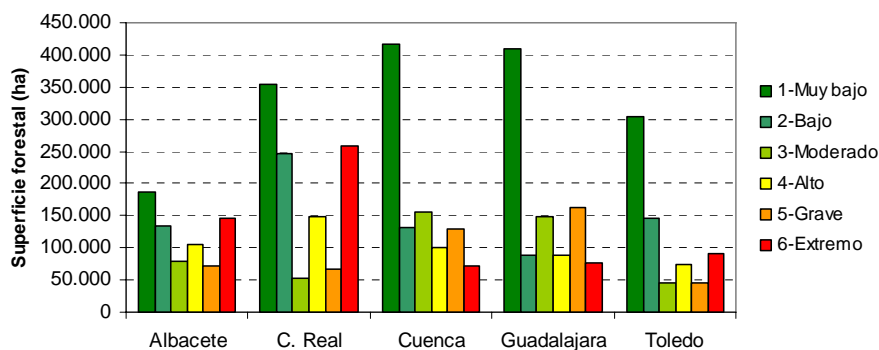


Figura 3— Superficie forestal provincial por rangos de peligrosidad del medio.

Las áreas que presentan una elevada peligrosidad inherente a sus características naturales (tipo de vegetación, pendiente y climatología), suelen concentrarse en las comarcas más montañosas de cada provincia (*fig. 4*).

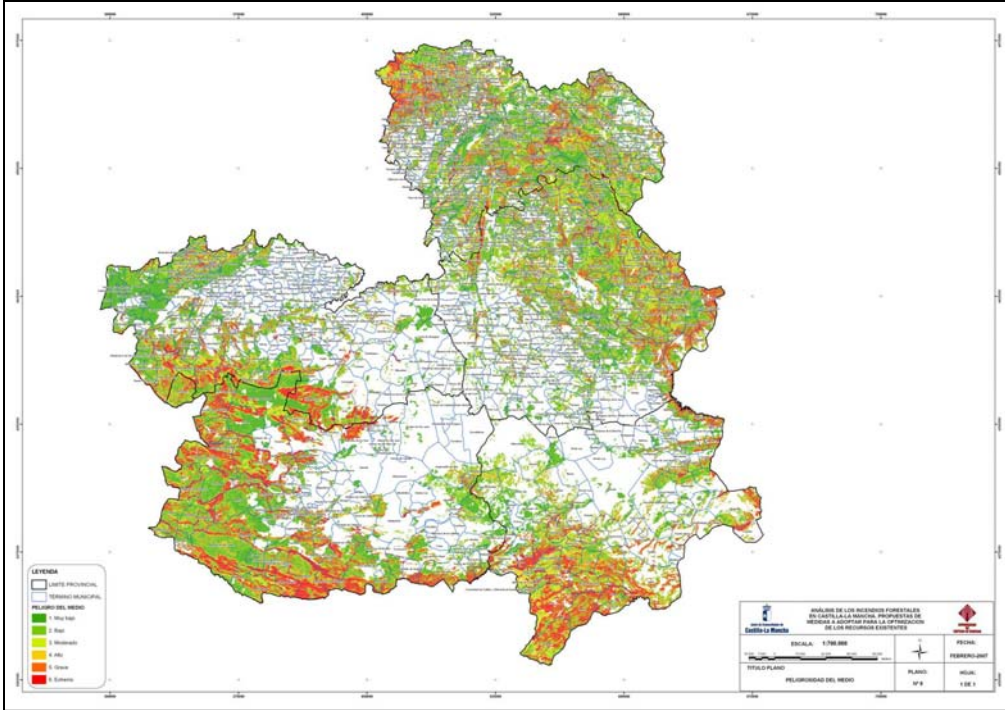


Figura 4— Mapa de peligrosidad del medio en Castilla-La Mancha.

Riesgo potencial de incendios

Del orden de dos tercios de la superficie forestal de Castilla-La Mancha pertenece a los índices muy bajo, bajo y moderado, mientras que el tercio restante estaría dentro de los rangos más peligrosos (*fig. 5*). Será sobre esta superficie potencialmente más peligrosa en la que habrá que poner especial atención tanto desde el punto de vista de aminoramiento de la peligrosidad del sistema forestal, como de distribución de medios contra incendios.

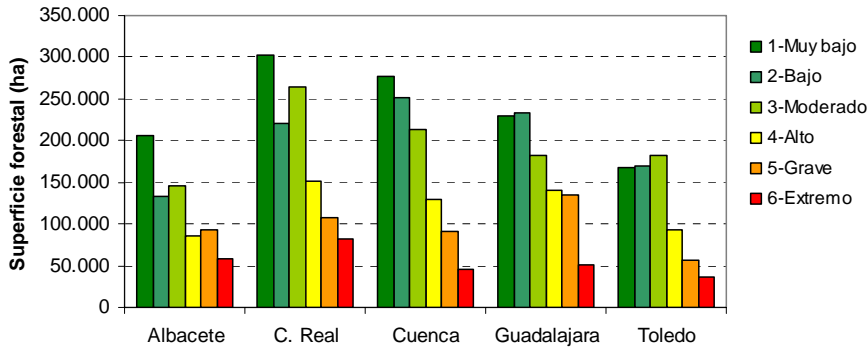


Figura 5— Superficie forestal provincial por rangos de riesgo potencial.

Las zonas resultantes con un riesgo potencial grave o extremo quedan bastante bien delimitadas para cada provincia (*fig. 6*). En Albacete destaca la sierra del Segura, seguida de sierra de Alcaraz, comarca de Hellín y los ríos Júcar y Cabriel. En Ciudad Real las comarcas más peligrosas son las de Puertollano, Malagón-Fuente del Fresno, área de influencia del Parque Nacional de Cabañeros y Puebla de Don Rodrigo. Para la provincia de Cuenca habría que destacar la serranía baja, el área de los pantanos (Buendía), y las zonas norte (Alcantud-Cañizares) y centro. En Guadalajara el

cuadrante noroeste es el de mayor riesgo, seguido de la zona de los embalses (Sacedón) y de una extensa área entre la Alcarria baja y la comarca del Señorío de Molina. Por último, Toledo muestra dos zonas bien delimitadas, la sierra de San Vicente al norte y los Montes de Toledo al sur.

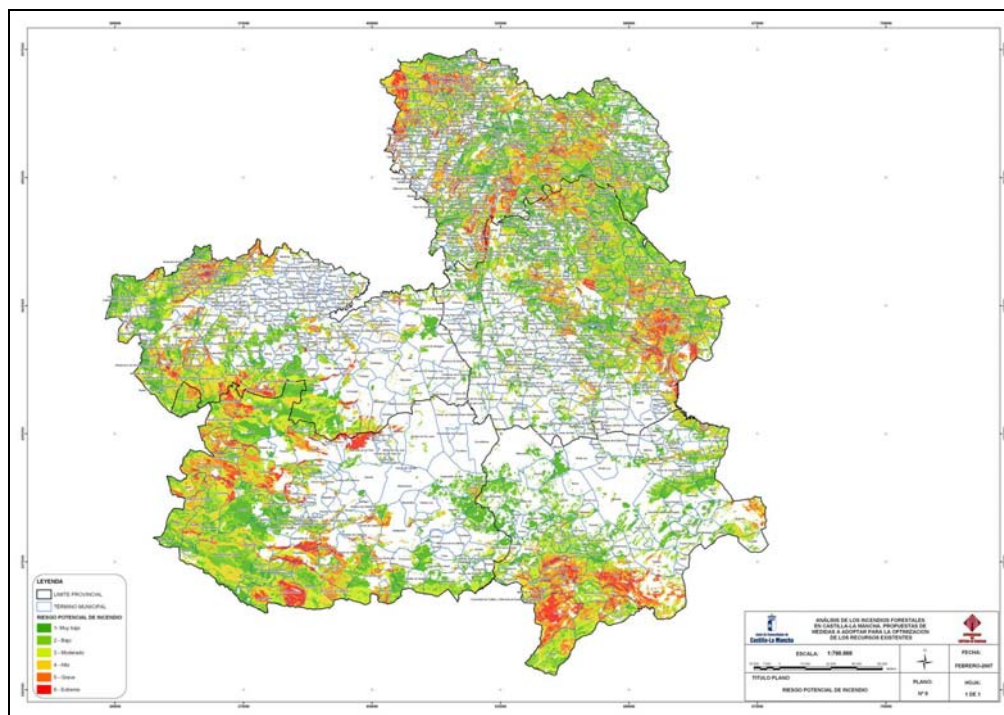


Figura 6— Mapa de riesgo potencial de incendios forestales en Castilla-La Mancha.

A modo de conclusión, indicar que en líneas generales los medios e infraestructuras de lucha contra incendios forestales en Castilla-La Mancha están bastante bien ubicados respecto a las áreas potencialmente más peligrosas.

Por último señalar que, lamentablemente los resultados de este trabajo, al versar sobre incendios forestales, tienen una fecha de caducidad relativamente corta. Es decir, la problemática alrededor del fenómeno de los incendios forestales es tan compleja que conclusiones correspondientes a un periodo pasado difícilmente serán aplicables en el futuro. Lo ideal por tanto, sería diseñar aplicaciones informáticas que partiendo de trabajos similares al aquí presentado, permitiesen su actualización periódica mediante la simple importación de los registros correspondientes a la última campaña de incendios.

Referencias bibliográficas

- Allue, J.L. 1990. **Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías**. Edita Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ins. Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Mapa Forestal de España** (Escala 1:50000, versión digitalizada). 2001 Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Rothermel, R.C. 1983. **How to predict the spread and intensity of forest and range fires**. Odgen, EE.UU. U.S. Forest Service.