

# Mapa de riesgo potencial de incendios forestales de Castilla-La Mancha

Miguel A. Copete Carreño,  
José A. Monreal Montoya,  
Mariano Selva Denia, Luis  
Fernández Cernuda-Migoya,  
Esteban Jordán González

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

*Este trabajo ha sido financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha*

## OBJETIVOS

En este proyecto se trata de identificar y localizar a escala regional, aquellas zonas donde es más probable que acontezca un incendio forestal. Se realiza en tres fases:

1. Realización de un mapa de riesgo estadístico, basado en la base de datos española de incendios forestales (EGIF de la Dirección General para la Biodiversidad), donde se evalúe el riesgo en función del *índice de frecuencia* (número de incendios producidos/10.000 ha), el *índice de gravedad* (superficie forestal quemada /superficie forestal total) y del *índice de causalidad*.
2. Obtención de un mapa de peligrosidad del medio, a partir del mapa de modelos de combustibles, del modelo digital del terreno y del atlas fitoclimático de España, que identifique las estructuras forestales con mayor peligro de incendios.
3. Finalmente se confecciona un mapa de riesgo potencial, basado en la inter-

sección de los dos mapas anteriores, mediante el desarrollo de un SIG.

## METODOLOGÍA

### 1. MAPA DE RIESGO ESTADÍSTICO

#### 1.1 Índice de frecuencia

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 (1990-2004), tanto por cuadrículas como por términos municipales, por cada 10.000 ha de superficie forestal. La expresión concreta empleada para su cálculo es la siguiente:

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

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

**Tabla 1: Clasificación del Índice de Frecuencia**

Frecuencia	Índice de Frecuencia (F <sub>i</sub> )	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	≥ 4,00	6

**1.2. Índice de gravedad de incendios**

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

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_g = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a \frac{S_{FQi}}{S_{FT}} \times 100$$

Donde:

**I<sub>g</sub>** = Índice de gravedad

**a** = Número de años de la serie de datos

**S<sub>FQi</sub>** = Superficie forestal quemada en el periodo (arbolada más no arbolada)

**S<sub>FT</sub>** = Superficie forestal total

**Tabla 2: Clasificación del Índice de Gravedad**

Gravedad	Índice de Gravedad (I <sub>g</sub> )	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	≥ 0,75	6

**1.3. 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<sub>i</sub>** = Índice de Causalidad

**a** = Número de años de la serie de datos utilizada

**c** = Coeficiente de peligrosidad específica de cada causa

**n<sub>ic</sub>** = Número de incendios de cada causa en cada año

**n<sub>i</sub>** = Número de incendios cada año

**Tabla 3: Clasificación del Índice de Causalidad**

Causalidad	Índice de Causalidad (C <sub>i</sub> )	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	≥ 6,0	6

Los grupos de causas que se han considerado en este estudio son los que se exponen en la tabla siguiente:

**Tabla 4: Descripción de los grupos de causas de incendios**

Grupo de causa	Concepto
1	Rayo
2	Negligencias
3	Accidentes
4	Intencionado
5	Desconocido
6	Incendio reproducido

De la intersección de los tres índices (frecuencia-gravedad-causalidad) se obtiene el **mapa de riesgo estadístico**, de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Donde:

**R<sub>E</sub>** = Riesgo estadístico de incendios (valores entre 1 y 216)

**F<sub>i</sub>** = Índice de frecuencia (valores entre 1 y 6)

**I<sub>g</sub>** = Índice de gravedad (valores entre 1 y 6)

**C<sub>i</sub>** = Índice de causalidad (valores entre 1 y 6)

**2. PELIGROSIDAD DEL MEDIO**

**2.1.- Peligrosidad de los combustibles**

**Tabla 5: Clasificación de los combustibles forestales en función de su peligrosidad**

Peligrosidad	Grupo	Modelo Combust.	Coefi. 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	Hojasca bajo arbolado	8	5
Muy baja	Hojasca bajo arbolado	9	5
Muy baja	Hojasca bajo arbolado	10	5

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.

En el supuesto de requerir asignar un índice de combustibilidad concreto a un ámbito territorial diferente a las teselas del mapa forestal, como, por ejemplo, un término municipal, la expresión a utilizar sería la siguiente:

$$M_i = \frac{1}{S_F} \sum_1^{13} m \cdot S_{Fm}$$

Donde:

$M_i$  = Índice de combustibilidad

$m$  = Coeficiente de riesgo de cada modelo de combustible

$S_{Fm}$  = Superficie forestal de cada modelo

$S_F$  = Superficie forestal total

## 2.2. Peligrosidad de las condiciones fisiográficas

Para evaluar el peligro derivado de las pendientes, se utiliza el modelo digital terrestre de Castilla-La Mancha.

**Tabla 6:** Clasificación del índice de peligrosidad de las condiciones fisiográficas

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

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 una mayor dificultad de acceso para los medios de extinción. En concreto, por encima del 35% 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.

## 2.3. Adversidad climática

Para el estudio de la peligrosidad en función del clima se ha utilizado la Clasificación Fitoclimática de ALLUÉ (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)). (Tabla siguiente)

No obstante, las diferencias en función de este índice climático se han atenuado intencionadamente, observándose que a los niveles "extremo", "grave" y "alto" se les han 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.

**Tabla 7:** Clasificación del índice de riesgo climático

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

Como resultado de la integración de las tres variables anteriormente descritas (combustible, clima y pendiente) se obtiene el **mapa de peligrosidad del medio** mediante el siguiente índice

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

Donde:  $P_M$  = Índice de peligrosidad del medio (valores entre 90 y 1000)

$P_{CB}$  = Índice de peligrosidad de los combustibles (valores entre 5 y 10)

$P_F$  = Índice de peligrosidad de las condiciones fisiográficas (valores entre 3 y 10)

$P_{CL}$  = Índice de peligrosidad climática (valores entre 6 y 10)

**Tabla 8:** Clasificación del índice de peligrosidad del medio

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

## 3. 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, un relieve y un combustible dados.

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 (valores entre 1 y 36)

$R_E$  = Riesgo estadístico de incendios (valores entre 1 y 6)

$P_M$  = Índice de peligrosidad del medio (valores entre 1 y 6)

**Tabla 9:** Clasificación del índice de riesgo potencial de incendios

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

El riesgo potencial de incendios en Castilla-La Mancha queda recogido en el plano adjunto, siendo por tanto éste el plano más ilustrativo de la problemática de los incendios forestales en esta región, al constituir un compendio de la cartografía mostrada en los apartados anteriores.

El índice de riesgo potencial trata de identificarnos, y de discriminar claramente, qué zonas son las más peligrosas y tienen una mayor probabilidad de sufrir un incendio. Por tanto, el objetivo final en la elaboración de este trabajo es la obtención de este mapa de riesgo potencial para facilitar la comparación de los resultados obtenidos con los medios disponibles con el objeto de optimizar los recursos.

A la vista de la Tabla 10 y de la Figura 1 cabría destacar que los porcentajes de superficie obtenidos por provincia son bastante similares, con un área de riesgo extremo que oscila entre el 4,6 % de la de Cuenca y el 8,1 % de la de Albacete.

Del orden de dos tercios de la superficie forestal de Castilla-La Mancha se encuentra dentro de los índices muy bajo, bajo y moderado, mientras que el tercio restante se encuentra dentro de los índices alto, grave y extremo. Será en esta superficie potencialmente más peligrosa en la que habrá que poner especial atención tanto desde el punto de

vista de ejecutar trabajos destinados a disminuir la peligrosidad del sistema forestal como el de distribución de medios contra incendios.

**Tabla 10:** Superficies forestales provinciales (%) por rangos de riesgo potencial

PROVINCIA	INTERVALO DE RIESGO POTENCIAL					
	Muy bajo	Bajo	Modera.	Alto	Grave	Extremo
Albacete	28,6	18,4	20,2	12,0	12,8	8,1
Ciudad Real	26,8	19,6	23,4	13,4	9,6	7,2
Cuenca	27,4	25,0	21,2	12,8	9,0	4,6
Guadalajara	23,6	23,9	18,8	14,5	13,9	5,3
Toledo	23,9	24,0	25,7	13,0	8,1	5,3

**Figura 1:** Superficies forestales provinciales (%) por rangos de riesgo potencial

