

ANEXO III. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIOS

1. Introducción.

Los gestores de un determinado territorio deben tomar decisiones encaminadas tanto a la prevención como a la extinción de los incendios forestales. Integrando el riesgo potencial de incendios (riesgo estadístico + peligrosidad) con las áreas de especial protección se establece la prioridad de defensa frente al riesgo de incendios forestales, obteniendo el **mapa de riesgo**.

El objetivo de este apartado es orientar al técnico redactor sobre la metodología de cálculo a emplear para analizar el riesgo de incendios forestales en los Planes locales de prevención de incendios, de manera que el mapa de riesgo resultante sea coherente con los objetivos de gestión. Dependiendo de las características del municipio, de la información de que se disponga y del análisis que se desee realizar, el técnico redactor decidirá cuál será la metodología válida a emplear.

Para el análisis de riesgo se utiliza una serie de índices que modelizan los distintos aspectos de un incendio, estos índices se clasifican según su resolución espacial y su alcance temporal. En el caso de los Planes Locales de prevención de incendios forestales, se optará por los **índices locales y estáticos**.

2. Metodologías.

Existen varias metodologías a partir de las cuales se calcula el análisis de riesgo de incendios, sin embargo, siempre se debe tener en cuenta la probabilidad de inicio y el peligro de propagación. En la metodología utilizada en el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunitat Valenciana, además se integran las consecuencias que pueda tener un incendio sobre el territorio.

a) Probabilidad de inicio:

Las diversas metodologías existentes suelen centrarse en el estudio de la estadística de incendios. A partir de los datos estadísticos se puede calcular una serie de índices como los siguientes:

- **Índice de frecuencia:** determina la frecuencia media anual de incendios en un determinado territorio a partir de los puntos de inicio de incendios. Es un indicador de la probabilidad de que ocurra un incendio forestal en el ámbito geográfico para el que se ha calculado.
- **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. A cada causa se le asigna un coeficiente de peligrosidad específico en función de su **efectividad** en cuanto a superficie afectada en el territorio de estudio.
- **El índice de gravedad:** representa el porcentaje anual de superficie quemada respecto a la superficie forestal total. Se entiende como el porcentaje de superficie (forestal total, incluyendo tanto arbolada como no arbolada) quemada anualmente con respecto a la superficie forestal existente en el ámbito de estudio.

Con uno de estos índices o mediante la integración de varios se obtiene el **mapa de riesgo estadístico**. En los Planes de Prevención de Incendios Forestales de Demarcación de la Comunitat Valenciana (PPIFD), por ejemplo, la cartografía de riesgo estadístico representa el índice de frecuencia para cada una de las zonas homogéneas determinadas (zona forestal, interfaz agrícola-forestal).

b) **Propagación:**

Para el estudio de la propagación del fuego se tienen en cuenta factores relacionados con la topografía, la vegetación y la climatología.

- **Topografía:** los factores más utilizados en relación a la topografía del terreno son la pendiente y la orientación, ya que influyen de forma determinante en el comportamiento del fuego. Los valores de ambos factores se suelen dividir en rangos a los que se les asigna un indicador de su peligrosidad. El mayor grado de peligrosidad corresponde a los mayores valores de pendiente y a las exposiciones de solana. Los resultados se pueden obtener a partir del modelo digital del terreno calculado mediante una aplicación GIS.
- **Vegetación:** los combustibles vegetales y sus características son un componente fundamental en los modelos de predicción del comportamiento del fuego. Generalmente se estudian indicadores de la inflamabilidad, combustibilidad, carga de biomasa, estructura, modelos de combustible⁹ etc.
- **Climatología:** la climatología tiene una influencia directa en la progresión del incendio y en la facilidad para arder de los combustibles vegetales. Para el cálculo de un mapa de riesgo de tipo estático, los datos climatológicos con más utilidad son aquellos que sirven de entrada de modelos físicos de comportamiento del fuego (temperaturas medias o extremas, regímenes de viento, humedad, etc.).

Para integrar estos factores en un **mapa de peligrosidad** existen diversas metodologías más o menos complejas. En muchos casos se utilizan modelos informáticos, los más usados son BEHAVE, NEXUS 6 y FARSITE que modelizan la propagación del incendio en base a varios parámetros como modelos de combustible, condiciones meteorológicas, pendiente del terreno y orientación.

El **mapa final de riesgo potencial** se obtiene con intersección del mapa de riesgo estadístico y del mapa de peligrosidad.

c) **Consecuencias del incendio:**

En el análisis del riesgo de incendios se incorpora un componente de vulnerabilidad. Se trata de establecer en un determinado territorio su grado de susceptibilidad al deterioro frente a un incendio forestal. En este sentido se puede distinguir entre aquellos indicadores del valor del medio (productividad, ocio, calidad del paisaje, etc.), y aquellos que se refieren a la fragilidad de ese medio (capacidad de regeneración, erosión potencial, etc.).

El PSP de la Comunitat Valenciana solamente tiene en cuenta la calidad del medio en función de determinados parámetros como áreas protegidas, tipo de vegetación, fracción de cubierta, etc. Los PPIFD de la Comunitat Valenciana además del concepto de calidad del medio (en función de aspectos como el productivo, recreativo, paisajístico y ambiental), tienen en consideración también el concepto de fragilidad, calculado a partir de:

⁹ Aunque la clasificación de modelos de combustible más usada es la de Rothermel (1972,1991), existen otras como la de Scott y Burgan (2005) y las de Riano (2002), Rollings (2002). Una de las clasificaciones más relevantes es la de Chuvieco, E. et al. 2003 "Fuel loads and fuel type mapping."

- Capacidad potencial de regeneración del sistema:
 - Potencial de autosucesión.
 - Velocidad de regeneración.
- Riesgo de degradación:
 - Erosión potencial.
 - Estación bioclimática.

3. Mapa de riesgo.

El mapa de riesgo resulta de la integración de los tres mapas anteriores (riesgo estadístico, peligrosidad y demanda de protección) a los que se les pueden asignar diferentes pesos.

Cabe indicar que el mapa resultante representa el riesgo de incendios forestales de la zona de estudio, en este caso el término municipal, relativizado a sus valores máximos, es decir: NO ES COMPARABLE EL RIESGO OBTENIDO PARA OTRO TÉRMINO MUNICIPAL, pero evidentemente sí es comparable entre los distintos puntos del municipio donde el método empleado maximiza las diferencias, dando lugar a un resultado visual más intuitivo que al emplear el riesgo absoluto.

Ejemplo metodológico 1

La metodología utilizada para el cálculo de riesgo de incendios en los planes de prevención de incendios de demarcación, concretamente en el documento *análisis del riesgo*.

Ejemplo metodológico 2¹⁰

Este ejemplo metodológico se propone para realizar un **mapa de riesgo potencial**. Según se ha comentado en el apartado anterior, para obtener el **mapa de riesgo** final, se tendrá que integrar el mapa de riesgo potencial con el mapa de demanda de protección.

1. Realización de un mapa de riesgo estadístico.

Se utilizará la Estadística General de Incendios Forestales elaborada por la Conselleria competente en materia forestal. Se incluirán solo los incendios y conatos (incendios que afectan a menos de 1 hectárea) producidos en los últimos 10 años disponibles. Se procederá a localizar el punto de inicio de cada incendio. Los años más recientes registran con precisión la ubicación del punto de inicio mediante coordenadas UTM, anteriormente la localización geográfica aparece referida a cuadrículas UTM de 10 x10 km.

Los índices de frecuencia, gravedad y causalidad se pueden calcular tanto zonificando el término municipal en zonas homogéneas (zona forestal, zona agrícola, zona de interfaz agrícola-forestal), como referidos a cuadrículas representativas, dependiendo de la superficie forestal del término municipal. El resultado será en ambos casos un mapa para cada índice.

Índice de frecuencia de incendios

El índice de frecuencia refleja la frecuencia media anual de incendios en un ámbito geográfico determinado siempre referida a 10.000 ha de superficie forestal. Será un indicador de la probabilidad de que ocurra un incendio forestal en el ámbito geográfico para el que se ha calculado.

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

Donde:

F_i = Frecuencia de incendios

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

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

Este índice se distribuirá en rangos para su posterior representación gráfica.

Tabla 1. Clasificación del índice de frecuencia	
Valor	Rango
Extremo	> 6
Grave	4 – 5,99
Alto	2 – 3,99
Moderado	0,5 – 1,99
Bajo	0,2 – 0,49
Muy bajo	< 0,2

10

Adaptación de la propuesta metodológica de *Copete et Al* (2007) 4ª Internacional Wildland Fire Conference (Sevilla, 2007).

Índice de gravedad de incendios

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

Se entiende como el porcentaje de superficie (forestal total, incluyendo tanto arbolada como no arbolada) quemada anualmente con respecto a la superficie forestal existente en término municipal. Se calcula mediante la siguiente expresión:

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

I_g = Índice de gravedad

a = Número de años de la serie de datos

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

S_{FT} = Superficie forestal total

Este índice también se distribuirá en rangos y a cada rango se le asignará un indicador para su posterior representación gráfica.

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:

$$C_i = \frac{1}{a} \sum_1^a \frac{\sum_1^{n_c} c \times n_{ic}}{n_i}$$

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_c = Número de causas consideradas

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

n_i = Número de incendios cada año

A cada causa se le asignará previamente un **coeficiente de peligrosidad (c)** específico en función de su **efectividad** en cuanto a superficie afectada en el territorio de estudio.

El resultado se clasifica en rangos para su posterior representación gráfica.

Análisis del riesgo estadístico de incendios

El índice de riesgo estadístico es 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 anteriormente calculados (frecuencia-gravedad-causalidad) para obtener el mapa de riesgo estadístico se efectuará de acuerdo a la siguiente expresión¹¹:

$$RE = F_i \cdot I_g \cdot C_i$$

Donde:

RE = Riesgo estadístico de incendios

F_i = Índice de frecuencia

I_g = Índice de gravedad

C_i = Índice de causalidad

Se distribuirá por rangos como los demás índices para su posterior representación gráfica.

2. Obtención de un mapa de peligrosidad.

La peligrosidad del medio 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. La peligrosidad del medio una vez producido un incendio, se define como la facilidad intrínseca de un sistema forestal para propagar el fuego.

¹¹ Se pueden integrar los tres índices considerados utilizando otra operación aritmética, como la suma o la media ponderada.

De este modo, 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 municipal.

Peligrosidad de los combustibles

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 se interpreta a través de los modelos de combustible (Rothermel, 1983).

Se clasificará 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.

Tabla 2. Clasificación de los combustibles forestales en función de su peligrosidad ¹²			
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

Peligrosidad de la fisiografía

La pendiente es el factor topográfico de mayor influencia en la velocidad de propagación del fuego. Para realizar un análisis de las pendientes del ámbito de estudio, se obtendrá el modelo digital del terreno (MDT), a través de las curvas de nivel.

Una vez se disponga del MDT en éste se diferenciarán las pendientes por rangos. Hay que tener en cuenta que por encima del 35% de pendiente se dificulta en gran medida el empleo de maquinaria, por lo que se recomienda 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 puede utilizar la Clasificación Fitoclimática de Allue, (1990). Los subtipos fitoclimáticos más secos y cálidos se considerarán los más peligrosos y los que menos serán los subtipos fríos y húmedos. Aunque existan diferencias de carácter fitoclimático se considerará que en todas las zonas los veranos son, desde el punto de vista climático, muy peligrosos en todo el territorio.

Se distribuirá por rangos como los demás índices para su posterior representación gráfica.

¹² Modelos de Scott y Burgan.

Análisis de la peligrosidad

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:

$$PM = PCB \cdot PF \cdot PCL$$

Donde:

PM = Índice de peligrosidad del medio

PCB = Índice de peligrosidad de los combustibles

PF = Índice de peligrosidad de la fisiografía

PCL = Índice de peligrosidad climática

El índice de peligrosidad se distribuirá por rangos como los demás índices para su posterior representación gráfica.

3. Confección de un mapa de riesgo potencial.

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.

$$RP = RE \cdot PM$$

Donde:

RP = Riesgo potencial de incendios

RE = Riesgo estadístico de incendios

PM = Índice de peligrosidad del medio

Se distribuirá en intervalos para su representación gráfica.