

# TIPOLOGÍAS DE INCIDENCIA Y CAUSALIDAD DE INCENDIOS FORESTALES BASADAS EN ANÁLISIS MULTIVARIANTE

JESÚS MARTÍNEZ FERNÁNDEZ<sup>1</sup> Y EMILIO CHUVIECO SALINERO<sup>2</sup>

## RESUMEN

A través de técnicas estadísticas multivariantes se ha llevado a cabo una zonificación del territorio español, basada en la agrupación de unidades administrativas (municipios) con similares características históricas de incidencia y causalidad de incendios forestales. Para ello se han seleccionado una serie de variables estadísticas recopiladas de los partes de incendios durante el periodo 1988-1999. El resultado ha sido una clasificación en cuatro tipologías bien diferenciadas y de sencilla interpretación. Dos clases presentan un «riesgo» alto en función de su incidencia pasada. La primera de ellas se caracteriza por su elevado «riesgo histórico de ignición», definida por frecuentes y regulares siniestros año tras año, y causados principalmente por motivaciones intencionadas. La segunda destaca por su «riesgo de propagación», determinado por la notable incidencia de grandes incendios, siendo las negligencias y los rayos las causas de ignición más importantes. Las dos técnicas multivariantes empleadas han demostrado ser adecuadas para analizar los principales patrones espaciales que caracterizan fenómeno de los incendios en nuestro país.

**Palabras clave:** historia de incendios forestales, técnicas multivariantes, análisis cluster, análisis discriminante, zonificación, ocurrencia, causas.

## SUMMARY

A land zoning of the Spanish territory was carried out using multivariate techniques, by grouping administrative unit (municipalities) with similar historical characteristics of incidence and causality of forest fires. The method employs statistics compiled from fire reports during the period 1988-1999. The result has been a classification of spatial units into four straightforward typologies or fire history profiles. Two classes have a high «risk» according to its past incidence. The first one is characterized by its high «historical risk of ignition», defined by frequent and regular disasters repeated year after year, caused mainly by intentional motivations. The second one stands out for its «risk of spread», determined by the high incidence of large fires, being negligences and lightnings the most important causes of ignition. Both multivariate techniques applied in this work have been appropriate to analyse the main spatial patterns of fires in Spain.

**Key words:** forest fire history, multivariate techniques, cluster analysis, discriminant analysis, land zoning, fire occurrence, fire causes.

---

<sup>1</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, C/ Colegios, 2. 28801 Alcalá de Henares.  
E-mail: [jesus.mar@uah.es](mailto:jesus.mar@uah.es)

<sup>2</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, C/ Colegios, 2. 28801 Alcalá de Henares.  
E-mail: [emilio.chuvieco@uah.es](mailto:emilio.chuvieco@uah.es)

Recibido: 20/03/2003.

Aceptado: 09/06/2003.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se viene insistiendo en que la lucha contra los incendios forestales no solo se debe apoyar en un aumento y perfeccionamiento de los recursos de extinción, si no que ha de conjugarse, para que sea realmente eficaz, con una adecuada política forestal y una intensificación de las medidas preventivas. Entre estas medidas destacan los sistemas de predicción del riesgo, que buscan rentabilizar al máximo los recursos de combate y planificar las actividades de prevención en el tiempo y en el espacio, de cara a reducir daños, costes y pérdidas.

Con este objetivo suelen emplearse técnicas, más o menos complejas, que permiten predecir con un cierto margen de probabilidad cuando y donde aparecerá y se desarrollará un fuego. Para ello, se integran datos espaciales sobre las condiciones físico-naturales del sistema forestal y sobre la naturaleza y nivel de actividad de los agentes causales.

De forma complementaria a estos sistemas de predicción del riesgo, resulta también habitual analizar los datos históricos disponibles sobre los incendios, que junto a la creación de mapas de ocurrencia histórica, proporcionan una información de gran utilidad sobre la problemática de una determinada comarca o región, permitiendo identificar las zonas más conflictivas por su frecuencia o superficie afectada, y cuáles son las causas fundamentales que tienen asociadas.

Ante la complejidad del problema de los incendios forestales, parece evidente que la prevención se deba fundamentar en un buen conocimiento de las magnitudes, causas y motivaciones subyacentes al fenómeno. Además, desde un punto de vista espacial, este conocimiento, permitirá declarar, en el territorio de gestión, las zonas de mayor riesgo, establecer planes de defensa y tratamiento preventivo de los combustibles, situar o centrar medios de vigilancia y extinción y realizar campañas preventivas dirigidas a concienciar a la población y a solucionar posibles conflictos existentes (VÉLEZ 1985)

De cara a lograr este conocimiento, las técnicas de análisis multivariable ofrecen algunas ventajas respecto a los parámetros estadísticos descriptivos tradicionales (media, variancia, etc.), ya que permiten explorar fácilmente las posibles relaciones y asociaciones entre los múltiples parámetros que definen la ocurrencia de incendios, y obtener una mejor comprensión de la variabilidad existente entre las áreas de estudio. Estos métodos han sido empleados, con este propósito, en la Comunidad Valenciana (ROMERO 2002), y las regiones de Piedemonte y Veneto, en Italia (BOVIO & CAMIA 1997). En estos estudios se realizó una clasificación de unidades administrativas, basada en el análisis de un conjunto de variables que caracterizaban diferentes aspectos de los incendios, y que permitían definir lo que podemos denominar «perfiles o tipologías de incidencia histórica de incendios forestales».

En otros dos estudios, uno en Portugal (FERREIRA & VILAÇA 1992) y otro en Italia (LEONE *et al.*, 1989) se aplicaron también análisis multivariables con el objetivo de comprender los factores causales subyacentes al fenómeno, empleándose tanto datos de ocurrencia histórica como parámetros agroforestales y socioeconómicos estrechamente relacionados con los incendios. Una vez obtenidos las agrupaciones espaciales era posible determinar qué parámetros influenciaban en mayor medida en cada grupo.

## OBJETIVO

Continuando con la línea de trabajo planteada en estos estudios, nuestro objetivo es elaborar una propuesta de zonificación del territorio español, a escala municipal, basada en áreas homogéneas con similares perfiles de incidencia y causalidad histórica de incendios forestales. Se pretende ensayar una metodología tradicional de tratamiento estadístico y cartográfico que sea válida y útil para el establecimiento de tipologías de ocurrencia, y que pueda ser de interés para los encargados de la prevención de incendios.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Los datos históricos

Los datos sobre incendios fueron suministrados por el Servicio de Lucha Contra Incendios Forestales de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN) del Ministerio de Medio Ambiente. La estadística de incendios en España, a pesar de sus deficiencias, es una de las mejores de los países europeos, siendo quizá su mayor mérito realizar un parte individualizado de cada incendio que se rellena tras su extinción.

Las variables que se pueden obtener de los partes de incendio son muy numerosas. Por este motivo se ha hecho una selección de aquellas que mayor interés pueden tener para un análisis geográfico de la ocurrencia y causalidad del fenómeno, en concreto las referidas a localización del incendio (CC.AA, provincia, municipio, etc), fecha, tiempos de detección y extinción, clase de día, lugar de inicio del siniestro, causas y motivaciones del incendio, situación legal del monte afectado y pérdidas en cuanto a superficies recorridas por el fuego. No se han considerado en el análisis las variables referidas a las condiciones físicas de peligro en el inicio del incendio (meteorología, topografía, modelos de combustible), tipo de fuego, medios y técnicas utilizadas en la extinción, superficies quemadas por especie, ni tampoco las valoraciones de pérdidas en miles de pesetas o en productos maderables o repoblaciones.

Aunque la base de datos de incendios forestales normalizada y con una publicación propia anual comienza en España en 1968 (DGCN, desde 1996; ICONA, de 1968 a 1995), hay que considerar que los primeros años de la serie, y aproximadamente hasta los años 80, la recogida de datos no incluía el total de los incendios existentes, ya que muchos incendios de matorral o pastos y los que afectaban a montes particulares, así como los menores de un determinado número de hectáreas, quedaban si registrar (MÉRIDA 2000). Progresivamente, la base de datos se fue mejorando, especialmen-

te en la última década, donde las estadísticas son sumamente completas y detalladas. Además, desde 1989 se empiezan a recoger con más detalle las causas de los incendios, y en concreto las motivaciones de los incendios intencionados, consiguiéndose reducir relativamente el alto porcentaje de incendios con causa desconocida.

Teniendo en cuenta estas razones sobre la calidad de la información se decidió utilizar datos desde 1988 a 1999. Este periodo temporal de 12 años resulta suficientemente amplio y se refiere, además, a un pasado reciente, por lo que se mantiene relación y cercanía con la problemática actual, que es la que, a fin de cuentas, interesa a los encargados de la prevención y defensa.

### El área y unidades de estudio

Como el estudio se realiza a escala nacional, resulta importante considerar la uniformidad geográfica de la información. Es este caso se disponía de datos para todas las provincias españolas durante ese periodo, a excepción de la Comunidad Foral de Navarra, en donde la serie estadística era de tan sólo 6 años, ya que no se han suministrado los datos individuales a la Administración Central desde 1994. Por esta razón ha quedado excluida del estudio.

Por otra parte había que considerar el carácter y tamaño de las unidades territoriales de estudio en las que localizar la información sobre la ocurrencia. En nuestro país existen tres posibilidades para localizar geográficamente los eventos según la información recogida en los partes de incendio.

- En unidades administrativas. De mayor a menor nivel son Comunidad Autónoma, Provincia y Término Municipal de origen. También existe la posibilidad desde 1997, de localizar los siniestros por Comarca, Entidad Menor (pedanía, parroquia, aldea, etc.) y Paraje, pero en un gran número de los partes estos campos aparecen vacíos al tratarse de una información opcional. El Municipio en

- cambio, se codifica obligatoriamente en los partes desde el año 1983.
- En las cuadrículas de 10 por 10 Kilómetros del Mapa Militar 1:250.000. Esta información se recoge en los partes desde 1972. Cada cuadrícula tiene una superficie de 10.000 hectáreas.
  - En coordenadas UTM (X e Y). Como esta información tiene carácter opcional en la mayoría de las Comunidades Autónomas, son muy escasos los partes en los que se rellena esta valiosa información sobre el punto de ignición. En concreto en el periodo 1992-2000 se ha registrado el punto de ignición en el 10,89% de los incendios mayores de 1 ha, y sólo durante los últimos tres años.

Aunque todas las opciones son igualmente validas, se ha optado por utilizar unidades administrativas, que presentan algunas ventajas teniendo en cuenta que las políticas de prevención y planificación de la defensa se basan y aplican precisamente sobre este tipo de unidades. Ahora bien, los resultados serán muy distintos en función del tamaño de estas unidades, ya que cuanto mayores sean sus dimensiones, menor será su grado de uniformidad interna. Y a su vez, a medida que disminuye el tamaño del área, considerando el mismo periodo histórico y la misma frecuencia de incendios, la representatividad estadística descendería hasta alcanzar un nivel que ya no resulta aceptable. Por supuesto, la decisión final dependerá de la resolución o detalle con el que se pretenda abordar la investigación.

En España, el nivel provincial no se ha considerado adecuado para analizar la problemática con precisión, ya que son demasiado grandes y heterogéneas. La comarca en cambio, presenta una buena homogeneidad interna debido a su mayor carácter natural, abarcando territorios con condiciones ambientales y socioeconómicas similares. Esta unidad presenta un elevado grado de síntesis que aconseja su utilización. Finalmente, se decidió realizar el análisis y la zonificación a partir de los términos municipales, ya que hace posible resaltar con mayor nivel de detalle las situacio-

nes particulares, sin perder la representatividad estadística. El tamaño medio de los más de 8.000 municipios españoles es aproximadamente de 63 km<sup>2</sup> (6.300 ha), aunque existen importantes diferencias entre las Comunidades Autónomas, especialmente entre las del norte y el sur.

A partir de la base de datos de los partes individuales de incendios, se generó una nueva resumiendo las variables de interés por municipio, utilizando para ello como variable de agrupación los códigos municipales del Instituto Nacional de Estadística. La mayor parte de las variables se han expresado en valores relativos para evitar la distorsión provocada por el distinto tamaño de los municipios. Además, todas, tanto las absolutas como las porcentuales, se transformaron en puntuaciones tipificadas, para que tuviesen la misma escala de medida y fueran comparables entre sí.

Tras eliminar los municipios de la Comunidad Foral de Navarra (266), la base de datos utilizada en este trabajo quedó finalmente integrada por 7.828 observaciones. El número de municipios que sufrieron algún siniestro a lo largo de los doce años de estudio fue de 6.568, el 80% del total de municipios españoles en 1996, incluyendo Jurisdicciones Comunes y Mancomunidades.

### Técnicas de análisis

La clasificación de los municipios españoles en una serie de regiones homogéneas, se ha realizado combinando dos técnicas de análisis multivariante; el análisis *cluster* o de conglomerados y el análisis discriminante. Estas técnicas se utilizan para clasificar un conjunto de individuos (o de variables) en una serie de grupos con similares características. En el *cluster*, a diferencia del análisis discriminante, estos grupos no se encuentran definidos a priori. El programa estadístico utilizado ha sido SPSS versión 10 (SPSS 2001)

El procedimiento de agrupamiento del análisis *cluster*, tiene como punto de partida la me-

dición de distancias o proximidades entre los sujetos o variables en una serie de matrices que permiten cuantificar el grado de similitud-semejanza entre los casos.

De igual forma que existen diferentes criterios para calcular distancias entre sujetos o variables (distancia euclídea, de Manhattan, de Minkowski, Chebychev, etc), existen también muchos métodos para agrupar los casos de entrada en *clusters*. El más habitual o utilizado es el basado en técnicas jerárquicas, que resulta más adecuado para muestras relativamente pequeñas de sujetos (SPSS 1997). Esto se debe a que, en el caso de tener un gran volumen de datos resulta muy difícil de calcular y manejar la matriz de distancias con entradas para cada par de casos. Asimismo, cuando la muestra es grande resulta problemático interpretar los gráficos de salida (carámbanos, dendogramas), ya que se extienden a lo largo de muchas páginas. Estos gráficos, en el caso de pequeños conjuntos de datos, suministran una excelente información acerca de cómo se van formando los grupos.

Cuando se pretende realizar una clasificación de una muestra muy numerosa (200 o más individuos), como en el estudio que aquí se desarrolla con 7.828 unidades, resulta recomendable aplicar métodos no jerárquicos, como el cluster k-medias (VISAUTA 1998). Este método, partitivo o de optimización, tiene por objeto realizar una sola división de los individuos en k grupos, lo que implica que previamente se debe especificar ese número de grupos, siendo muy habitual ejecutar varios análisis solicitando distinto número de conglomerados (por ejemplo 3, 4 ó 5 cluster) para observar así cuál de ellos es el que puede ser más aceptable.

Antes de llevar a cabo el procedimiento de clasificación conviene tener en cuenta una serie de precauciones. Por ejemplo, debe procurarse que en el conjunto de variables que forman parte del proceso, exista un equilibrio apropiado entre los diversos aspectos del fenómeno: causalidad, frecuencia, áreas afectadas, etc. Además, si las variables de partida se encuen-

tran medidas en diferentes escalas, se pueden presentar anomalías que trastocarán el agrupamiento final, debido a la existencia de variables con distinto rango de variación. Así, variables con valores grandes, expresados en valores absolutos, contribuirán más en el cálculo de las medidas de distancia que aquellas con valores pequeños, como las expresadas en porcentajes. En éstos casos, resultará necesario transformar o reexpresar todas las variables en una misma escala, por ejemplo transformando cada variable en puntuaciones estandarizadas. Con el procedimiento K-medias, si las características de los datos así lo aconsejan, es requisito necesario estandarizar los datos previamente, ya que el sistema estadístico SPSS no lo realizará automáticamente, como sí ocurre en otros análisis.

Resulta adecuado también, aunque no estrictamente necesario, eliminar las variables que presenten una muy alta correlación entre sí y seleccionar las que tengan suficiente poder discriminante. Se evita así la excesiva redundancia de datos y se reduce la multicolinealidad. Una de las posibles opciones para eliminar este problema es emplear en el *cluster*, como variables de partida, los componentes principales, ya que aseguran su estandarización y su independencia (FERREIRA & VILAÇA 1992). Además esto puede reducir enormemente el tiempo de computación del análisis. Sin embargo es conocido que los resultados del *cluster* pueden ser bastante distintos con o sin la utilización de los componentes principales. Algún autor afirma que es probablemente mejor evitar su uso (MANLY 1994, pág. 106). Finalmente en este análisis se ha preferido utilizar las variables originales en vez de los componentes principales, pensando que con ello contribuiremos mejor a matizar el significado de los grupos. Otra posible opción es eliminar, a partir de la matriz de correlaciones, una variable de cada par existente con correlaciones elevadas. De todas formas, pensamos que la multicolinealidad de las variables no resulta un grave problema en el análisis *cluster*, ya que no se basa en correlaciones lineales. Respecto al criterio de medida de distancias o proximidades, el tipo de métrica utilizada

automáticamente por el método de K-medias es el cuadrado de la distancia euclídea.

En el caso de elementos geográficos, la clasificación no sólo debe reunir coherencia tipológica, sino también contigüidad o vecindad; la razón de ello estriba en evitar que un mismo tipo aparezca espacialmente diseminado (CHUVIECO *et al.*, 1984, pag. 41, haciendo referencia a DÍAZ 1977). Esta dificultad es importante, pues la contigüidad espacial resulta básica en cualquier regionalización. En el mapa elaborado con los *cluster* finales se muestra la regionalización efectuada (figura 1), pudiéndose observar algunos grupos con una distribución espacial más diseminada que otros.

A parte de la cartografía de los agrupamientos de casos similares, resulta de gran importancia explicar los fundamentos y razones de esa asociación común, es decir los caracteres

que definen esos grupos. Para ello, se debe acudir a los datos obtenidos en el proceso, en especial a la tabla de los centros de los cluster finales. Estos centros son en realidad las medias de las variables estandarizadas de los municipios pertenecientes a cada cluster. Al estar medidos en puntuaciones típicas, resultan de gran interés para su interpretación, ya que nos indican en cada grupo cuánto se encuentra una determinada variable por encima o por debajo de la media general de todos los municipios. Esto permite averiguar qué variables son más significativas para caracterizar cada tipología o agrupación y darle así un sentido conceptual.

Tras el diseño de las áreas homogéneas brutas, consecuencia del análisis *cluster*, se efectuará, como se verá en los resultados, la asignación de elementos anómalos o no clasificados previamente al grupo más similar, mediante el

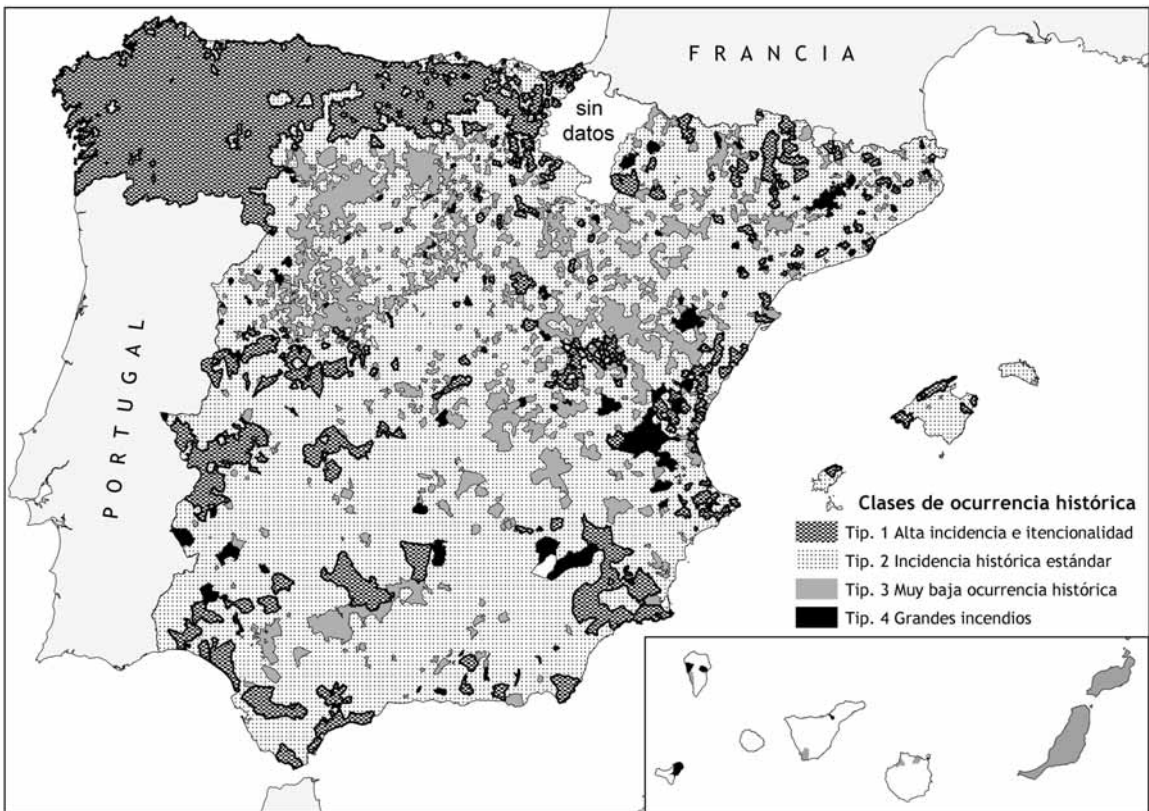


Figura 1 - Mapa de las tipologías de ocurrencia histórica de incendios forestales en España (1988-1999)

Figure 1 - Map of historic occurrence typologies in Spain.

empleo de la función discriminante del vecino más próximo.

El análisis cluster agrupa los casos en una serie de grupos ideados como más óptimos, pero que a priori desconocemos, en cambio el análisis discriminante permite asignar un individuo a un grupo determinado a priori (variable dependiente) en función de las características del mismo, definidas a partir de una serie de variables independientes. Además, su utilización resulta muy adecuada para comprobar y optimizar la clasificación realizada con el análisis cluster, ya que reclasifica mejor los individuos dentro de cada grupo. Por otro lado, trata de analizar cuáles son las variables que contribuyen en mayor grado a discriminar los sujetos entre los diferentes grupos establecidos a priori. Para todo ello, reduce esas variables a una serie de variables canónicas, que no son sino una combinación lineal de las variables independientes originales o predictivas, y que se conoce como función discriminante, donde la variable dependiente es la pertenencia a uno u otro grupo.

Por último, para identificar las variables más influyentes en el agrupamiento final una opción adecuada consiste en analizar los valores de la F de Snedecor y de la lambda (l) de Wilks, extraídos ambos de las pruebas de igualdad de medias de los grupos obtenidos con el análisis discriminante. Cuanto mayor sea la F, mayor será la diferencia, en la variable a que hace referencia, entre los diversos grupos (VISAUTA 1998) y por tanto mayor será su poder discriminante. Complementariamente, una  $l = 1$  significa que no existe diferencia alguna entre las medias de los grupos en la variable considerada, mientras que valores de  $l$  próximos a 0, significan que una gran parte de la variabilidad total es atribuible a la diferencia entre las medias de los distintos grupos.

## RESULTADOS

### La clasificación

Para la obtención de tipologías homogéneas se ha procurado utilizar un conjunto de variables

significativas y que abarcasen los diversos aspectos de la ocurrencia (frecuencia, intensidad, causalidad, tiempo de duración, etc.). En una primera selección se escogieron 32 variables de interés, de las cuales, tras analizar la matriz de correlaciones entre ellas (32x32), se eliminaron ocho que presentaban correlaciones superiores a 0,5 con otras variables. Como ya se dijo, las 24 variables de entrada fueron transformadas en puntuaciones estandarizadas (z), para unificar su escala de medida. Son las siguientes:

1. Número de siniestros con origen en el municipio.
2. Indicador de riesgo; densidad de incendios por km<sup>2</sup> de superficie forestal (nº de incendios / área forestal en km<sup>2</sup>).
3. Indicador de gravedad; porcentaje de superficie forestal quemada respecto a la superficie forestal total del municipio.
4. Superficie forestal media quemada por incendio (área total quemada en el periodo / nº de siniestros).
5. Porcentaje de superficie no forestal quemada respecto a la área quemada total.
6. Porcentaje de área quemada arbolada respecto al área quemada total.
7. Porcentaje de siniestros que han afectado a Montes del Estado o de CCAA.
8. Porcentaje de superficie quemada forestal en Montes en Consorcio o Convenio.
9. Porcentaje de superficie quemada forestal en Montes de Particulares.
10. Porcentaje de años con incendios mayores de 1 ha (número de años con siniestros x 100 / número de años del periodo de estudio).
11. Porcentaje de incendios mayores de 1 ha.
12. Porcentaje de grandes incendios (> 500 ha).
13. Porcentaje de incendios mayores de 1 ha en Febrero, Marzo y Abril respecto a total de incendios mayores de 1 ha.
14. Porcentaje de incendios mayores de 1 ha en julio, agosto y septiembre.
15. Porcentaje de incendios mayores de 1 ha en noviembre, diciembre y enero.
16. Tiempo medio de extinción en minutos (tiempo transcurrido entre la detección y supresión).
17. Porcentaje de incendios de menos de 3 horas de duración.

Código de conglomerado	Nº de casos
3	4.921
4	1.750
2	947
5	171
1	17
6	9
Válidos	7.815
Perdidos	0

**Tabla 1** - Número de casos con 6 clusters.

**Table 1** - Number of cases with 6 clusters.

18. Porcentaje de incendios de más de 24 horas de duración.
19. Indicador del grado de propagación media.  
Es la media aritmética del área quemada forestal por incendio dividido por la duración del incendio en horas, expresado en ha / horas.
20. Máximo de superficie quemada forestal en un incendio durante el periodo.
21. Porcentaje de siniestros de origen humano (es decir las negligencias, intencionados, accidentes y otras causas).
22. Porcentaje de siniestros causados por negligencia.
23. Porcentaje de siniestros intencionados.
24. Porcentaje de incendios de causa desconocida.

De todas las pruebas realizadas (en las que se obtuvieron 6, 7, 8, 9 y 10 cluster), la clasificación en 9 grupos, resultó ser la que mejor distribuía los casos entre los cluster, ya que conseguía que la mayoría de las unidades (7.761 municipios) quedasen agrupadas en cinco grupos. Sin em-

bargo seguían manteniéndose cuatro grupos con muy pocos casos (13 municipios). Analizando los datos de incendios en estas cuatro agrupaciones, se comprobó que eran resultado de la influencia de casos extremos y atípicos o de datos erróneos. Para eliminar la «distorsión» que provocaban estos 13 municipios, se decidió eliminarlos del proceso de clasificación, y ejecutar un nuevo análisis cluster en el que se obtuvieron 6 grupos. En la tabla 1 se relaciona el número de casos por conglomerado.

Tras analizar la tabla de los centros finales de cada uno de los 6 grupos e interpretar su significado, se comprobó que los grupos con menor número de casos (1, 5 y 6), aunque tuvieran pequeños matices diferenciadores, eran, en realidad, muy similares en lo esencial. Los tres se caracterizaban por haber padecido un elevado número de grandes incendios que afectaron a extensas superficies forestales. Por ese motivo, se decidió realizar un análisis discriminante con el propósito de agregar los grupos 1 y 6 (con tan solo 26 casos) al grupo 5. Estos tres grupos, además, tenían prácticamente la misma distribución geográfica, pues se localizaban principalmente en Cataluña central y las sierras interiores levantinas de Murcia, Valencia, Castellón y Teruel. De esta manera, los agrupamientos se redujeron de seis a cuatro, facilitando su interpretación, a la vez que se mejoraba la representatividad y contigüidad espacial, sobretodo de cara a su representación cartográfica.

Para realizar el análisis discriminante se utilizó como variable de agrupación (dependien-

Grupos		Grupo de pertenencia pronosticado				Total
		2	3	4	5	
Grupo de pertenencia original	Nº	2	3	4	5	
		868	80	0	0	948
		56	4.813	63	1	4.933
		0	35	1.715	0	1.750
		3	45	1	148	197
	%	2	3	4	5	
		91,6	8,4	0	0	100
		1,1	97,6	1,3	0	100
		0	2	98	0	100
Nº total tras análisis discriminante		927	4.973	1.779	149	7.828

**Tabla 2** - Resultados de la clasificación discriminante.

**Table 2** - Result of the discriminant classification.



te) las etiquetas de los grupos cluster obtenidos previamente, en este caso 4 *cluster*, ya que se recodificaron los municipios de los grupos 1 y 6 como clase 5. Los 13 municipios «anómalos» también se asignaron previamente a uno de esos 4 *cluster*. Como variables independientes o predictoras se entraron las mismas que se utilizaron en el análisis cluster (24 variables). Tras una serie de estadísticas para evaluar la bondad del análisis, el sistema genera las puntuaciones discriminantes para cada uno de los municipios en las tres funciones, y se obtuvo una regla de clasificación de los individuos en uno de los de los grupos. Las probabilidades previas de pertenencia se calcularon según tamaños de los grupos. En la tabla 2 se presentan los resultados globales de la clasificación en una matriz de confusión, que nos muestra el número de municipios correctamente e incorrectamente clasificados por el análisis k-medias. Los valores de la diagonal son los casos clasificados correctamente en los grupos y que en este caso suman el 96.4%, lo que nos indica que se trata de un agrupamiento sólido.

### Interpretación de las tipologías

Las cuatro tipologías obtenidas representan grupos de municipios con patrones de ocurrencia de incendios semejantes entre sí. Para facilitar su interpretación y la descripción de sus características más significativas, nos servimos de los centros de las variables de ocurrencia en cada grupo o tipología. Los cuatro grupos clasificados aparecen cartografiados en un mapa en la figura 1. El número de casos asignados a cada tipología y su proporción respecto al número y superficie total del área

de estudio se relaciona en la tabla 3. También se indica el porcentaje de incendios y la superficie quemada en cada grupo respecto a los valores nacionales. A cada uno de los grupos se le ha asignado un nombre o etiqueta de identificación que procura reflejar el fundamento conceptual que ha motivado esa asociación común.

Se observa que la tipología 2 abarca la mayor parte de la superficie nacional (64%), aunque su importancia es mucho menor respecto al número de incendios y superficie quemada que la tipología 1, que puede considerarse como la de mayor riesgo histórico desde el punto de vista de la ignición. La tipología 4 es la más pequeña en extensión, tan solo 2,42% del área de estudio, pero destaca llamativamente por el hecho de que en esa reducida extensión ardió el 18,28% del total quemado en los 12 años en España. Es por tanto la tipología con mayor incidencia histórica en cuanto a la extensión y gravedad de los incendios forestales.

Para cada una de las tipologías se muestra una tabla con los centros de las variables de ocurrencia ordenadas de mayor a menor importancia en función de la media en valores estandarizados (ver tablas 4, 5, 6 y 7). Además, en ellas se indican las medias en valores originales para cada variable en el grupo, junto a las medias generales para todos los municipios, lo que posibilita la comparación con las pautas nacionales. En algunas ocasiones se comenta el valor medio de los grupos en algunas variables que no aparecen en las tablas, ya que pueden proporcionarnos información interesante (número de siniestros anual, índice de causalidad de la DGCN, etc.)

Código	Etiqueta de identificación	Perfil conceptual	Núm. casos	% casos	% superficie	% incendios	% sup. quemada
2	Tipología 1	Alta incidencia e intencionalidad	927	11,84	20,90	73,58	51,89
3	Tipología 2	Incidencia baja estándar	4.913	63,53	64,13	25,07	29,47
4	Tipología 3	Muy baja ocurrencia	1.779	22,73	12,55	0,60	0,36
5	Tipología 4	Grandes incendios	149	1,90	2,42	0,75	18,28
Total			7.828	100	100	100	100

Tabla 3 - Nombre de los grupos finales y número de casos.

Table 3 - Name of the final groups and number of cases.

*Tipología 1: Alta incidencia e intencionalidad*

Se trata de municipios donde los incendios forestales son un fenómeno habitual, repetido y continuado año tras año. Se producen siniestros casi todos los años (10,4 años sobre 12) ya sean conatos o incendios mayores de 1 ha. El número medio de siniestros en estos municipios durante el periodo de estudio es de 165,43, lo que supone una media anual de 13 siniestros (42% son conatos), quemándose de media 105 ha anuales por municipio (1.262 ha en todo el periodo). Destaca el elevado número de fuegos al final del invierno y comienzo de la primavera (36%), sobretudo en la zona norte del país, debido al elevado número de quemas agrícolas y de pastos. También destacan los incendios de invierno (5,3% respecto al 0,6% general).

Las superficies quemadas totales y por incendio tienen un carácter similar a la media nacional, siendo muy pequeño el número de grandes incendios y el índice de área de propagación (1,27 ha/hora). La superficie máxima quemada por un incendio no alcanza las 500 ha

(296 ha de media), pero dobla la media nacional, lo que indica que no son nada despreciables las extensiones afectadas. En esto se diferencia de la tipología denominada «incidencia estándar», en la cual la superficie máxima alcanzada por un incendio, por término medio, es de 63 ha. Se trata pues, de municipios en los que se han quemado extensas superficies forestales, pero no tanto por que los incendios hayan sido de gran dimensión, puesto que la superficie media quemada por incendio es de tan solo 10 ha, sino por la repetición continuada de siniestros de tamaño medio o pequeño.

El tiempo medio de extinción es de 4 horas y media, ligeramente por encima de la media nacional.

Por otra parte, en este grupo, las superficies forestales no arboladas arden en mayor medida que las arboladas. Lo mismo podemos decir de los incendios en montes en consorcio o convenio, que aunque no son la propiedad más afectada (11% de la superficie quemada), en este caso se queman en mucha mayor medida que

Variables	Media Z	Media original	Media nacional
% de incendios > 1 ha en febrero, marzo y abril	2,11	36,00	5,41
% de años con incendios > 1 ha	1,93	74,60	21,63
Número de siniestros con origen en el municipio	1,49	165,43	26,63
% de siniestros intencionados	1,23	49,77	17,92
% de incendios > 1 ha en noviembre, diciembre y enero	1,13	5,37	0,68
% de siniestros de origen humano	0,62	96,88	71,61
% de incendios de más de 24 horas de duración	0,59	1,50	0,19
% de incendios de menos de 3 horas de duración	0,53	48,77	29,29
% de incendios > 1 ha en julio, agosto y septiembre	0,52	36,97	20,47
% de incendios mayores de 1 ha	0,44	57,91	42,17
% de área quemada en Montes en Consorcio o Convenio	0,32	10,37	5,03
Máximo de área quemada forestal en un incendio	0,19	296,99	130,98
Tiempo medio de extinción en minutos	0,17	274,51	199,95
% de superficie quemada forestal en Montes de Particulares	0,16	65,70	58,64
% de área quemada arbolada respecto al área quemada total	0,14	34,50	29,72
% de incendios de causa desconocida	0,12	26,68	23,32
I de riesgo: densidad de incendios por km <sup>2</sup> de área forestal	0,08	6,07	3,94
I gravedad: % de área forestal quemada respecto a la área forestal	0,01	38,52	34,64
Superficie forestal media quemada por incendio	-0,03	10,96	12,65
% de grandes incendios (> 500 ha)	-0,04	0,26	0,41
Indicador del grado de propagación media	-0,05	1,27	1,95
% de siniestros en Montes del Estado o de CCAA	-0,14	2,00	3,63
% de siniestros causados por negligencia	-0,25	19,02	26,68
% de área no forestal quemada respecto a la área quemada total	-0,26	2,32	7,61

**Tabla 4** - Puntuaciones medias de las variables para la tipología 1.

**Table 4** - Average punctuations of the variables for the typology 1.

en el resto del país, debido a los conflictos tradicionales que se han producido en este tipo de propiedades, especialmente en los montes vecinales en mano común del noroeste. También son destacables, aunque en menor medida, los incendios en montes de Utilidad Pública y de particulares. Como media, el 65% de la superficie forestal quemada ha sido en propiedades privadas.

En cuanto a la causalidad este grupo destaca, y muy especialmente, por la alta tasa de intencionalidad (50% de media frente al 18% nacional) y por el bajo porcentaje de incendios por rayo (3,1%), siendo las negligencias y las causas desconocidas poco significativas.

Se localiza principalmente en Galicia y toda la franja Cantábrica, especialmente en su parte occidental (Asturias y Cantabria), así como en el noroeste zamorano y en los Montes de León (comarca de Sanabria, Sierra de Cabrera, El Bierzo, La Maragatería y Sierra de Gistredo) continuando por la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica en León, Palencia y Burgos. En el País Vasco se localiza principalmente en Encartaciones y el interior de Álava. En La Rioja en ciertos municipios de la vega del Ebro.

En Aragón y Cataluña esta tipología se encuentra localizada en algunas comarcas como Las Cinco Villas y Ejea de los Caballeros (Zaragoza), la Ribagorza oscense y en zonas del alto Noguera-Ribagorzana, El Pallars y La Cerdaña (Lérida) así como en el Ripolles y golfo de Rosas de Gerona. En la Comunidad Valenciana su distribución es más dispersa, aunque especialmente destacan un buen número de municipios del interior de Castellón y la Comarca de la Marina y sierras del norte de Alicante. En Baleares se localiza en algunas franjas de la Sierras de Tramuntana, Alfabia y Sacoma.

En el Sistema Ibérico resaltan algunas zonas aisladas como los montes de Utilidad Pública de la Serranía de Cuenca (Alto Júcar y Sierra de Tragacete) pertenecientes al extenso municipio de Cuenca, la Sierra de Albarracín (Teruel), la comarca de Sigüenza (Guadalajara) y la Sierra Cebollera de Soria. En muchos casos se trata

de municipios muy grandes, por lo que pueden estar siendo mal interpretados, ya que, lógicamente, tienen mayor número de siniestros que los de pequeña extensión.

Una zona muy representativa de esta tipología es la zona occidental del sistema Central. Se trata de la Sierra de Gata, Las Hurdes, Valle del Jerte, Valle del Tietar, La Vera y la vertiente meridional de la Sierra de Gredos. En Extremadura destacan también la comarca de las Villuercas (Cáceres) entre la Sierra de Guadalupe y Altamira, y su prolongación por el noreste de la provincia de Badajoz (Montes de Villarta y entornos de los embalses del Cíjara y Orellana). Es una zona montañosa, aislada y mal comunicada. Se debe mencionar también la Sierra de San Mamede (Valencia y San Vicente de Alcántara) y los grandes municipios de las ciudades de Cáceres y Badajoz, que se extienden por la Sierra de San Pedro y sus estribaciones.

En Andalucía esta tipología se encuentra en la Costa, Campiña y Tierra Llana de Huelva (Almonte, Moguer, Cartaya, Valverde del Camino, etc), las dehesas de Jerez de la Frontera y las sierras de Tarifa (Cádiz). En Málaga, en la Costa del Sol desde Estepona hasta Fuengirola, y en la Serranía de Ronda y las Nieves. También destacan algunas zonas de la Sierra Morena cordobesa (Sierra de los Santos y Valle del Guadiato) y de Jaén (Sierra de Andújar), además de zonas aisladas en Las Alpujarras (Granada) y la Sierra del Cabo de Gata (Almería). Por último debemos mencionar que gran parte de la provincia de Murcia pertenece a esta tipología, sin olvidar que se trata de municipios especialmente extensos (Lorca, Cartagena, Murcia, Cieza, etc).

#### *Tipología 2: Incidencia histórica «estándar»*

Es un extenso grupo de transición que abarca la mayoría de los municipios españoles (4.933, el 63% de los municipios españoles). Se trata de municipios heterogéneos pero caracterizados por tener en común un riesgo de incendio medio-bajo, es decir poseer condiciones de peligro «normales» y por tanto con tendencias y características similares a las nacionales. Se puede destacar el alto porcentaje de incendios de ori-

<i>Variables</i>	<i>Media Z</i>	<i>Media original</i>	<i>Media nacional</i>
% de siniestros de origen humano	0,50	91,85	71,61
% de superficie quemada forestal en Montes de Particulares	0,38	75,49	58,64
% de siniestros causados por negligencia	0,35	37,30	26,68
% de incendios mayores de 1 ha	0,29	52,65	42,17
% de incendios de causa desconocida	0,27	30,86	23,32
% de área quemada arbolada respecto al área quemada total	0,18	36,13	29,72
% de área no forestal quemada respecto a la área quemada total	0,17	11,03	7,61
% de incendios de menos de 3 horas de duración	0,16	35,27	29,29
% de siniestros en Montes del Estado o de CCAA	0,12	5,01	3,63
% de incendios > 1 ha en julio, agosto y septiembre	0,11	23,91	20,47
Tiempo medio de extinción en minutos	0,06	225,04	199,95
I de riesgo: densidad de incendios por km <sup>2</sup> de área forestal	0,03	4,80	3,94
% de área quemada en Montes en Consorcio o Convenio	0,03	5,57	5,03
Indicador del grado de propagación media	0,02	2,18	1,95
% de siniestros intencionados	0,02	18,37	17,92
I gravedad: % de área forestal quemada respecto a la área forestal	0,02	42,16	34,64
Superficie forestal media quemada por incendio	-0,07	9,31	12,65
% de grandes incendios (> 500 ha)	-0,07	0,15	0,41
% de incendios de más de 24 horas de duración	-0,08	0,02	0,19
Máximo de área quemada forestal en un incendio	-0,08	63,46	130,98
% de años con incendios > 1 ha	-0,09	19,20	21,63
% de incendios > 1 ha en noviembre, diciembre y enero	-0,15	0,06	0,68
Número de siniestros con origen en el municipio	-0,17	10,51	26,63
% de incendios > 1 ha en febrero, marzo y abril	-0,25	1,73	5,41

**Tabla 5** - Puntuaciones medias de las variables para la tipología 2.**Table 5** - Average punctuations of the variables for the typology 2.

gen humano (91%), especialmente las negligencias (37%) y los de origen desconocido (30%), estos últimos atribuibles a causas humanas. Son mayores los incendios superiores a 1 ha que los conatos, y la mayoría de ellos se producen en verano, afectando sobretodo a montes particulares (75% frente al 58% de media general). El número de siniestros (0,8 de media anual, 10 en el periodo) y las superficies afectadas (9 ha por incendio) están ligeramente por debajo de la media. En general las variables consideradas no varían excesivamente de la media general (entre -0,2 y 0,4 desviaciones típicas).

### *Tipología 3: Mínima ocurrencia histórica*

Es un grupo compuesto por los municipios en los que, o bien no se han producido incendios en el periodo de estudio, o bien éstos han sido prácticamente insignificantes (0,7 incendios y 4 ha quemadas de media por municipio en los 12 años). Se trata, por tanto, de la clase con menores condiciones de riesgo. En todas las variables los valores medios son muy pequeños y siempre por debajo de la media general.

Geográficamente, esta clase se encuentra repartida por un gran número de provincias, aunque principalmente se localiza en las llanuras agrícolas de la Submeseta Norte, con predominio de cereal de secano y escasa superficie forestal: Tierra de Campos de Valladolid, León, Zamora y Palencia, La Moraña y Tierra de Arévalo de Ávila, La Armuña y Los Campos de Salamanca, y la extensa planicie burgalesa entre el Pisuerga y el Arlanza.

Otras zonas agrarias sin apenas incendios son: la Alta Mancha, especialmente la de Cuenca, Toledo y Albacete, los Llanos de Urgel en Lérida, Los Monegros y ciertos municipios de la Ribera del Ebro y Campo de Cariñena (Zaragoza), además de las campiñas y vegas del Guadalquivir en Sevilla y Córdoba.

Como excepción al carácter agrario de esta tipología, destacan por su peculiaridad, otro tipo de zonas con marcados rasgos montañosos y forestales. Se trata de extensas superficies forestales repartidas a lo largo del Sistema Ibérico; Sierra Menera, Valle del Jiloca,

Variables	Media Z	Media original	Media nacional
I gravedad: % de área forestal quemada respecto a la área forestal	-0,07	3,60	34,64
% de incendios de más de 24 horas de duración	-0,08	0,00	0,19
% de grandes incendios (> 500 ha)	-0,12	0,00	0,41
I de riesgo: densidad de incendios por km <sup>2</sup> de área forestal	-0,13	0,73	3,94
Indicador del grado de propagación media	-0,14	0,13	1,95
Máximo de área quemada forestal en un incendio	-0,15	1,07	130,98
% de incendios > 1 ha en noviembre, diciembre y enero	-0,16	0,00	0,68
Superficie forestal media quemada por incendio	-0,23	1,20	12,65
% de área quemada en Montes en Consorcio o Convenio	-0,25	0,81	5,03
% de siniestros en Montes del Estado o de CCAA	-0,27	0,47	3,63
Número de siniestros con origen en el municipio	-0,28	0,71	26,63
% de área no forestal quemada respecto a la área quemada total	-0,35	0,56	7,61
% de incendios > 1 ha en febrero, marzo y abril	-0,37	0,03	5,41
Tiempo medio de extinción en minutos	-0,37	36,58	199,95
% de incendios > 1 ha en julio, agosto y septiembre	-0,58	2,25	20,47
% de área quemada arbolada respecto al área quemada total	-0,66	6,69	29,72
% de siniestros intencionados	-0,69	0,16	17,92
% de incendios de menos de 3 horas de duración	-0,72	2,80	29,29
% de años con incendios > 1 ha	-0,76	0,76	21,63
% de incendios de causa desconocida	-0,81	0,60	23,32
% de siniestros causados por negligencia	-0,85	0,65	26,68
% de incendios mayores de 1 ha	-1,09	3,37	42,17
% de superficie quemada forestal en Montes de Particulares	-1,18	6,74	58,64
% de siniestros de origen humano	-1,73	1,50	71,61

Tabla 6 - Puntuaciones medias de las variables para la tipología 3.

Table 6 - Average punctuations of the variables for the typology 3.

Sierra de Gúdar y la Meseta Turolense; el Alto Tajo, los Montes Universales y la Sierra de Javalambre, y también algunas estribaciones del Alto Maestrazgo, así como gran parte de la provincia de Soria. En el prepirineo encontramos un caso similar en el Sobrarbe oscense.

En el Sistema Ibérico no existe apenas el problema de los incendios intencionados, siendo poco habitual el uso del fuego en el cultivo agrícola o en la ganadería. Esta región, aunque no posee un elevado nivel de renta, se caracteriza por que el área forestal es de las de mayor nivel económico de la zona, debido a la elevada producción de madera. Por ese motivo, para estos pueblos, la conservación del bosque resulta un asunto de gran importancia, no sólo porque es fuente de trabajo, sino por que proporciona ingresos a los ayuntamientos. Además, la población se siente propietaria de los montes a través de sus ayuntamientos, percibiendo sus beneficios inmediatos, bien en forma de servicios públicos, bien en dinero en efectivo (VÉLEZ 1986).

#### Tipología 4: Grandes incendios

A esta tipología pertenecen los municipios históricamente más afectados por los grandes incendios forestales, los cuales suponen de media casi el 15% del total de incendios. Una cifra realmente destacada. Como consecuencia de ello resultan muy elevadas la superficie media por incendio (270 ha), el máximo de superficie quemada en un siniestro (2.900 ha de media) y el tiempo medio extinción (unas 14 horas). El índice de gravedad es muy alto en comparación con el de densidad de incendios por km<sup>2</sup> de superficie forestal. Los incendios se propagan a una velocidad de 20 has/hora como media, afectando principalmente a superficies arboladas (61% de la superficie forestal total) en propiedades privadas.

Destaca especialmente el elevado porcentaje de incendios por rayo (casi el 25%), y entre las causas de origen humano sobresalen las negligencias (30%). La tasa de intencionalidad es similar a la media, indicándose como princi-

<i>Variables</i>	<i>Media Z</i>	<i>Media original</i>	<i>Media nacional</i>
Superficie forestal media quemada por incendio	5,18	271,02	12,65
% de grandes incendios (> 500 ha)	4,13	14,94	0,41
Máximo de área quemada forestal en un incendio	3,24	2902,82	130,98
Tiempo medio de extinción en minutos	1,49	849,22	199,95
Indicador del grado de propagación media	1,45	20,14	1,95
% de área quemada arbolada respecto al área quemada total	0,90	61,12	29,72
% de incendios mayores de 1 ha	0,44	57,98	42,17
% de superficie quemada forestal en Montes de Particulares	0,30	72,04	58,64
I gravedad: % de área forestal quemada respecto a la área forestal	0,22	130,18	34,64
% de área no forestal quemada respecto a la área quemada total	0,16	10,80	7,61
% de siniestros en Montes del Estado o de CCAA	0,14	5,28	3,63
% de siniestros causados por negligencia	0,14	30,81	26,68
% de siniestros de origen humano	0,10	75,85	71,61
% de años con incendios > 1 ha	0,03	22,54	21,63
% de incendios > 1 ha en julio, agosto y septiembre	0,01	20,76	20,47
% de área quemada en Montes en Consorcio o Convenio	-0,03	4,47	5,03
% de incendios de causa desconocida	-0,04	22,09	23,32
% de siniestros intencionados	-0,04	16,76	17,92
% de incendios de más de 24 horas de duración	-0,08	0,00	0,19
% de incendios > 1 ha en noviembre, diciembre y enero	-0,11	0,24	0,68
% de incendios de menos de 3 horas de duración	-0,12	24,91	29,29
I de riesgo: densidad de incendios por km <sup>2</sup> de área forestal	-0,13	0,63	3,94
Número de siniestros con origen en el municipio	-0,17	10,49	26,63
% de incendios > 1 ha en febrero, marzo y abril	-0,23	2,07	5,41

**Tabla 7** - Puntuaciones medias de las variables para la tipología 4.**Table 7** - Average punctuations of the variables for the typology 4.

<i>Variables</i>	<i>F de Snedecor</i>	<i>Lambda de Wilks</i>
% de siniestros de origen humano	1.3251.459	0,164
% de años con incendios > 1 ha	4.242.819	0,381
Superficie forestal media quemada por incendio	2.678.779	0,493
% de incendios > 1 ha en febrero, marzo y abril	2.585.404	0,502
% de superficie quemada forestal en Montes de Particulares	2.055.277	0,559
% de incendios mayores de 1 ha	1.535.433	0,629
Número de siniestros con origen en el municipio	1.171.036	0,690
% de siniestros intencionados	1.150.159	0,694
% de grandes incendios (> 500 ha)	1.053.651	0,712
% de siniestros causados por negligencia	890.939	0,745
Máximo de área quemada forestal en un incendio	653.487	0,800
% de incendios de causa desconocida	621.273	0,808
% de incendios de menos de 3 horas de duración	576.978	0,819
% de incendios > 1 ha en noviembre, diciembre y enero	547.632	0,826
% de área quemada arbolada respecto al área quemada total	481.102	0,844
% de incendios > 1 ha en julio, agosto y septiembre	427.284	0,859
Tiempo medio de extinción en minutos	286.931	0,901
% de área no forestal quemada respecto a la área quemada total	166.653	0,940
% de incendios de más de 24 horas de duración	137.165	0,950
% de área quemada en Montes en Consorcio o Convenio	80.039	0,970
Indicador del grado de propagación media	79.126	0,971
% de siniestros en Montes del Estado o de CCAA	78.324	0,971
I de riesgo: densidad de incendios por km <sup>2</sup> de área forestal	18.637	0,993
I gravedad: % de área forestal quemada respecto a la área forestal	11.928	0,995

**Tabla 8** - F. de Snedecor y Lambda de Wilks para cada variable en el análisis discriminante. pruebas de igualdad de medias.**Table 8** - Snedecor F and Wilks Lambda for each variable in the discriminant analysis. test for equality of means.

pales motivaciones las venganzas, la caza, los pirómanos y las quemadas agroganaderas. Por todo ello el índice de causalidad indica una peligrosidad media (3,8). Son escasos el número incendios (10,4), ya que se trata de fenómenos de carácter esporádico. Como media sólo durante 4 de los 12 años del periodo se ha sufrido algún tipo de siniestro.

Se trata de un grupo muy reducido (sólo 197 casos) que, a excepción del Noroeste y la Franja Cantábrica, se encuentra disperso por toda la geografía española, aunque se concentra principalmente en algunas comarcas del Levante, en concreto en Cataluña Central, especialmente en la Comarca de Solsonès, que padeció un incendio de más 27.000 hectáreas en 1998 (PLANA 1998), y en las estribaciones de la comarca de Morella y el norte de la Sierra de Gúdar (Alto Maestrazgo de Teruel y Castellón), y las sierras que rodean el valle del río Palancia o vega de Segorbe en Castellón. También en la serranía del río Cabriel en Cuenca y en las comarcas montañosas del interior de Valencia; Requena-Utiel, la Hoya de Buñol y Enguera. Por último se puede mencionar la Sierra de Taibilla en el nordeste de Murcia (municipio de Moratalla) y la Sierra de Segura de Albacete (Yeste).

### **Variables con mayor poder discriminante**

En la tabla 8, aparecen las variables ordenadas de forma descendente según los valores de la F de Snedecor, extraídos de las pruebas de igualdad de medias de los grupos obtenidos con el análisis discriminante. También se muestra el valor de la lambda ( $\lambda$ ) de Wilks. Se observa que las variables con diferencias más significativas a la hora de valorar las distintas características de los incendios han sido los incendios de origen humano, el número de años con incendios, la superficie quemada media por incendio, el número de siniestros a finales de invierno y principios de la primavera y la superficie quemada en montes particulares. En menor medida son también muy significativas el número total de incendios, los mayores de 1 ha, los grandes incendios y los incendios intencionados.

## **CONCLUSIONES**

En este trabajo, a partir de los datos disponibles en los partes, se ha pretendido ofrecer una visión geográfica general del problema de los incendios forestales en España. Con este fin se han empleado métodos estadísticos multivariantes que permiten obtener representaciones sintéticas de los patrones que definen la ocurrencia de incendios.

Los incendios forestales no son un fenómeno sencillo de explicar, ni obedecen a patrones homogéneos a lo largo del territorio. Los resultados nos permiten comprobar que en España existe una amplia variedad geográfica de situaciones, de forma que en cada región o zona existen problemáticas diversas en cuanto a los factores humanos del riesgo, causas inmediatas y la frecuencia o las superficies afectadas. Un estudio detallado de las pautas espaciales y de las principales tendencias en el ámbito nacional, basado en datos históricos recientes, creemos que puede resultar de gran interés para una buena planificación regional de la prevención y lucha contra incendios.

El empleo del término municipal como unidad básica de análisis ha resultado apropiada para mostrar contrastes espaciales, y detectar las zonas más conflictivas, sin perder a la vez la suficiente representatividad estadística. Por otra parte, los métodos multivariantes aplicados resultan de gran utilidad, ya que integran no sólo los factores de ocurrencia más característicos, sino también los dominantes en cada municipio e incluso aquellos marginales que puedan conferirle un significado peculiar.

El resultado de la clasificación ha sido la obtención de cuatro tipologías de ocurrencia bien diferenciadas y de sencilla interpretación. Se han discriminado dos grupos de municipios que presentan un elevado «riesgo», por su alta incidencia histórica. El primero (tipología 1), se caracteriza por la gran frecuencia y regularidad de siniestros y por la importancia de los agentes humanos en el inicio del fuego, especialmente debido a motivaciones intencionadas, mientras el segundo (tipología 4), se defi-

ne no tanto por el número y regularidad de siniestros, sino por la notable incidencia y frecuencia de los grandes incendios, donde además las negligencias y rayos son las principales causas de ignición.

La tercera agrupación (tipología 4), se puede considerar como de riesgo bajo o moderado, y viene a definir la situación normal de la ocurrencia en la mayor parte del país. Se diferencia de la tipología 1 por las menores superficies quemadas y la menor frecuencia de incendios. Finalmente, la última situación (tipología 3) resulta de muy bajo riesgo histórico, prácticamente nulo, pues apenas se produjeron incendios (0,36% de los incendios nacionales) y las superficies afectadas fueron insignificantes.

La obtención de una clase tan extensa como la de «incidencia histórica estándar» (tipología 2), que abarca el 63% de los municipios de estudio, no parece ser del todo satisfactoria. Por ello, posiblemente convendría dividir este grupo en otras tipologías. Por otra parte, se debe mencionar que los resultados de la clasificación hubieran sido distintos si se hubiesen utilizado otro grupo de variables o si éstas hubiesen estado en otras unidades de medida. Sin embargo, en el caso de una clasificación de municipios, com-

probamos que resulta preferible trabajar con variables en unidades relativas o porcentuales, para evitar así el problema de la variación de tamaños. Este efecto se puede evitar directamente si se utilizan cuadrículas de 10 x 10 km. Por último, la selección de variables dependerá en gran medida de los objetivos, criterios e intereses de los investigadores o responsables de la prevención y gestión. En cualquier caso, la metodología que se propone, aunque no sea novedosa, parece ser válida y útil para lograr ese mayor conocimiento espacial de los incendios forestales al que aludíamos al principio.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración del Área de Defensa contra Incendios Forestales de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) que ha suministrado los datos de los partes de incendios. Especial mención se debe a Juan Carlos Mérida, encargado de la base de datos de la DGCN, por sus explicaciones y aclaraciones. El estudio realizado es parte de un proyecto de investigación financiado por la CICYT (Referencia AGL-2000-0842-C04-01).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOVIO, G. & CAMIA, A. 1997. «Land zoning based on fire history». *International Journal of Wildland Fire* 7 (3): 249-258.
- CHUVIECO, E., MATANZO, R.M. & SANCHO, J. 1984. «La ocupación del suelo en la comunidad autónoma madrileña: su representación gráfica y tipificación». *Geographica* 26: 17-52.
- DGCN & MINISTERIO AMBIENTE. Desde 1996. «Los incendios forestales en España. Publicación anual». Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- DÍAZ, J.R. 1977. Notaciones sobre la metodología del análisis cuantitativo en Geografía. *Paralelo 37º*. Universidad de Almería 1: 67-82.
- FERREIRA, A.M. & VILAÇA, P.V. 1992. «The relationship of forest fires to agro-forestry and socio-economic parameters in Portugal». *International Journal of Wildland Fire* 2 (1): 37-40.
- ICONA & MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1968 a 1995. «Los incendios forestales en España. Publicación anual». Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Madrid.
- LEONE, V., MINOTTA, G., PISANTE, M. & SARACINO, A. 1989. «Incendi boschivi e fattori economici, strutturali e sociali del territorio: definizione di una «geografía degli incendi» per l'Italia». *Monti e Boschi* 5: 13-20.



- MANLY, B.F.J. 1994: *Multivariate statistical methods: a primer*. Ed. Chapman and Hall. London and New York.
- MÉRIDA, J.C. 2000. «Las bases de datos para definir el fenómeno de los incendios forestales». En: *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*, VÉLEZ, R. (ed.). McGraw Hill. Madrid.
- PLANA, E. 1998. «Grandes Incendios Forestales y Desarrollo Rural. El incendio de la Catalunya Central de 1998». *Revista de Desarrollo rural y Cooperativismo Agrario* 2: 163-174.
- ROMERO, M. 2002. «Multivariate analysis techniques applied to cluster regions according to initiation parameters of forest fires». IV International Conference on Forest Fire Research & 2002 Wildland Fire Safety Summit. Coimbra, Portugal. ADAI, University of Coimbra.
- SPSS (1997). *SPSS Base 7.5 Applications Guide*. SPSS Inc.
- SPSS (2001). SPSS Inc. 1989-2003. Headquarters, 233 S. Wacker Drive, 11<sup>th</sup> floor. Chicago. Illinois 60606. USA. [www.spss.com](http://www.spss.com)
- VÉLEZ, R. 1982: *Manual de Predicción del Peligro de Incendios Forestales*. ICONA. Madrid.
- VÉLEZ, R. 1985: «Aplicación de la predicción del peligro para la prevención de los incendios forestales». En: *Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales* ICONA. Madrid. pp: 15-19.
- VÉLEZ, R. 1986: «Incendios forestales y su relación con el medio rural». *Revista de Estudios Agrosociales* 136: 195-224.
- VISAUTA, B. 1998: *Análisis estadístico con SPSS para Windows. Volumen II. Estadística Multivariante*. McGraw Hill. Madrid.