

---

## **DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS INCENDIOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BARCELONA. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOCALIZACIÓN, NÚMERO DE INCENDIOS, SUPERFICIE QUEMADA Y TIPO DE VEGETACIÓN**

**Anna Badia Perpinyà**

Departament de Geografia  
Universitat Autònoma de Barcelona  
08193, Bellaterra

**Resumen:** Las características del Área Metropolitana de Barcelona (AMB), hace que esta sea una zona muy especial en cuanto a los incendios forestales. El denso uso del territorio, el tipo de vegetación y su poca continuidad, las condiciones meteorológicas, etc., son aspectos que explican la ocurrencia de incendios en determinadas zonas del AMB; incendios con una connotación social importante, en la mayoría de los casos de pequeñas dimensiones, en zonas de gran accesibilidad y de un tipo de vegetación básicamente de matorral.

**Palabras clave:** Incendios forestales, área metropolitana de Barcelona, distribución espacio-temporal, análisis estadístico

**Abstract:** *The characteristics of the Metropolitan Area of Barcelona, make this area very prone to forest fires. The dense use of the territory, the type of vegetation and its little continuity, the meteorological conditions, etc. are aspects that explain fire occurrence in certain zones of this area. Fires are of small dimensions in most of the cases, they affect scrub vegetation basically. Tend to occur in zones of great accessibility, and have important social connotations.*

**Key words:** *Forest fires, metropolitan area of Barcelona, spatial-temporal distribution, statistical analysis*

---

### **INTRODUCCIÓN**

La repercusión de los incendios forestales sobre los bosques y sobre la política forestal de toda el área mediterránea crece ininterrumpidamente; el problema de los incendios se ha convertido en un tema de debate general. Pero ¿por qué se queman los bosques? La reflexión lógica es, porque nos encontramos en un clima mediterráneo donde las condiciones meteorológicas de los meses de verano son críticas, la disponibilidad de masa forestal es muy importante y se trata de zonas con una gran afluencia humana. Las consecuencias sociales, económicas y ambientales que se derivan de los incendios forestales requieren dedicar un interés muy espe-

cial a su tratamiento. La complejidad de este fenómeno por el gran número de factores de distinta naturaleza que intervienen —climáticos, de vegetación, topográficos, sociales, etc.— hace necesario un conocimiento extenso de la realidad del problema. Es de sumo interés dedicar esfuerzos en el tratamiento de todos aquellos aspectos que inciden en el inicio, la propagación y el comportamiento del fuego, para poder planificar la prevención y los recursos y equipamientos de extinción. La prevención tiene que basarse en un conjunto de actuaciones coordinadas para evitar el inicio del fuego, establecer las condiciones más idóneas para los equipos de extinción y limitar la propagación, pero sobre todo, la prevención tiene que orientarse básicamente a evitar que se declare un fuego. En este sentido, así

como hay aspectos en la prevención en los que es útil aplicar un modelo general, en otros es imprescindible considerar la especificidad de la zona de estudio. Este trabajo se enmarca en un proyecto mucho más extenso que tiene como finalidad identificar las variables que afectan de manera más directa el inicio y la propagación de los incendios a través del análisis de la ocurrencia, por un lado para validar el índice meteorológico canadiense, uno de los más adoptados, a través de la ocurrencia -no ocurrencia de incendios, y por el otro, su corrección y complementariedad relacionando la localización de los focos durante los distintos años con las causas, la red viaria, líneas eléctricas, insolación, pendiente, vegetación, etc. Una vez cruzadas las distintas variables, la identificación de las zonas más vulnerables, permitirá establecer prioridades de actuación y determinar en qué medida los recursos y equipamientos de extinción se ajustan a la realidad estudiada.

---

## AREA DE ESTUDIO

Para entender la importancia de los incendios en el AMB, es necesario entender el entorno en el cual está inmersa esta zona. Administrativamente, el AMB forma parte de la Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (MMAMB). Hay un tratamiento específico metropolitano que distingue dos niveles territoriales: la "conurbación de Barcelona" y las "comarcas comprendidas dentro de la zona de influencia directa". Aunque no tiene una delimitación explícita, la "conurbación de Barcelona", que es la zona de estudio, hay que entenderla como la denominación que se otorga a los ámbitos a los cuales se extiende la actuación de las dos entidades metropolitanas que la ley creó en sustitución de la anterior Corporación Metropolitana de Barcelona, CMB (vigente hasta 1987). Agrupa por lo tanto entre 18 y 32 municipios según se considere en relación con los transportes o en relación con los servicios hidráulicos y de tratamiento de residuos respectivamente (MMAMB, 1995). En este trabajo se ha considerado esta segunda agrupación (Figura 1), porque es la zona que gestiona, a través de una concesión exclusivamente para la prevención de incendios forestales, el Patronat Metropolità de Collserola, entidad que ha facilitado los datos de incendios en formato digital.

El territorio metropolitano forma parte de la región biogeográfica mediterránea, que se caracteriza por un clima muy seco en verano e inviernos suaves, con dos máximos pluviométricos en primavera y otoño. El AMB, a pesar de su reducida superficie (aproximadamente 58.500 ha) tiene una gran diversidad vegetal; el encinar, que sería potencialmente dominante,

se ha visto desplazado en gran parte por las pinedas y los cultivos por efectos de la acción humana. En un espacio tan densamente urbanizado como el AMB sólo el 40% de la superficie está ocupada por usos efectivamente urbanos, el 38% son zonas de vegetación natural, el 16% son cultivos y el 6% son otros elementos naturales, terrenos vacantes en proceso de urbanización, usos periurbanos y suelos desnudos (MMAMB, 1995). Así pues, la distribución sobre el territorio de los núcleos de población y de los espacios libres (algunos de ellos bajo figuras de protección), hacen del AMB una zona muy singular.

La población de los municipios que conforman el AMB, supone casi un 50% del total de la población de Catalunya —en tan solo el 2% de su superficie total— y sólo la Región Metropolitana el 70% (Según datos del Instituto de Estadística de Catalunya), lo cual es muy significativo a la hora de considerar tanto las causas como el tamaño de los incendios.

---

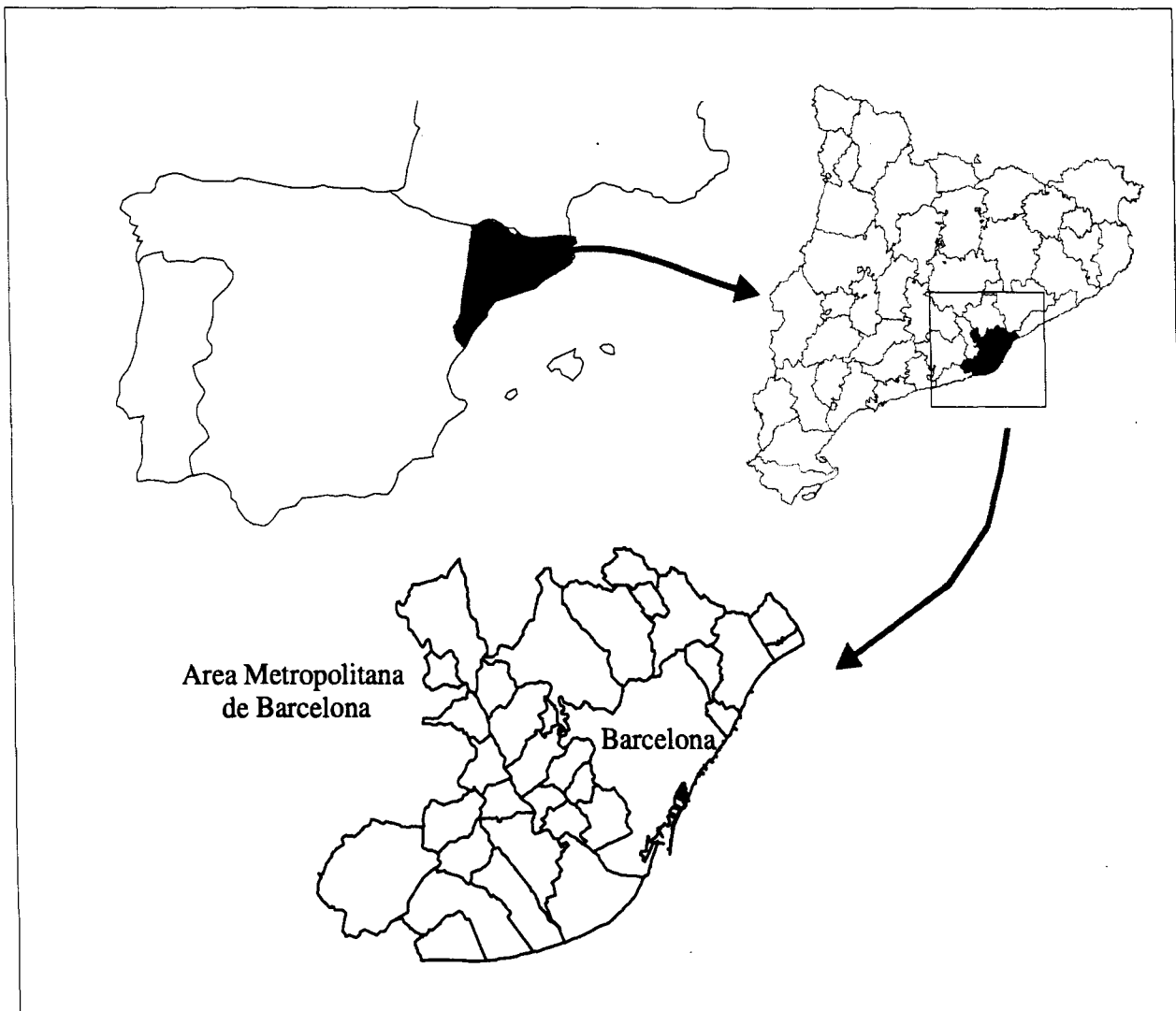
## OBJETIVOS

El contenido de este artículo, continuación de un trabajo anterior (Badia, 1998), pretende poner énfasis fundamentalmente en algunos de los factores que dan peculiaridad a los incendios en el AMB. Aunque indudablemente la combustibilidad de la vegetación, las variables meteorológicas y la topografía son factores determinantes en el inicio y propagación de los incendios, las variables que nos interesan para explicar el por qué los incendios se concentran en un determinado lugar y no en otros, y tienen un componente fuertemente social.

El principal objetivo de este trabajo es analizar la distribución espacio-temporal de los incendios durante el periodo 1990-1997 en el AMB (años para los que se dispone de estadísticas sobre incendios en formato digital), identificando las zonas con una mayor densidad de incendios para relacionarlo con su tamaño y el tipo de vegetación (Figura 2). El denso uso del territorio favorecido por la enorme accesibilidad explica también la distribución espacial de los incendios. Por lo tanto, en este trabajo se va a analizar más la tipología de estos incendios que la predicción del peligro de ignición o propagación.

Una vez hallada la relación localización – número de incendios (Figura 2a y 2b), es posible plantear las dos hipótesis de trabajo:

- no existe ninguna relación entre la superficie quemada y el número de incendios,
- existen diferencias significativas entre el número de incendios y el tipo de vegetación.



Fuente: Elaboración propia

*Figura 1. i ocalización del área de estudio*

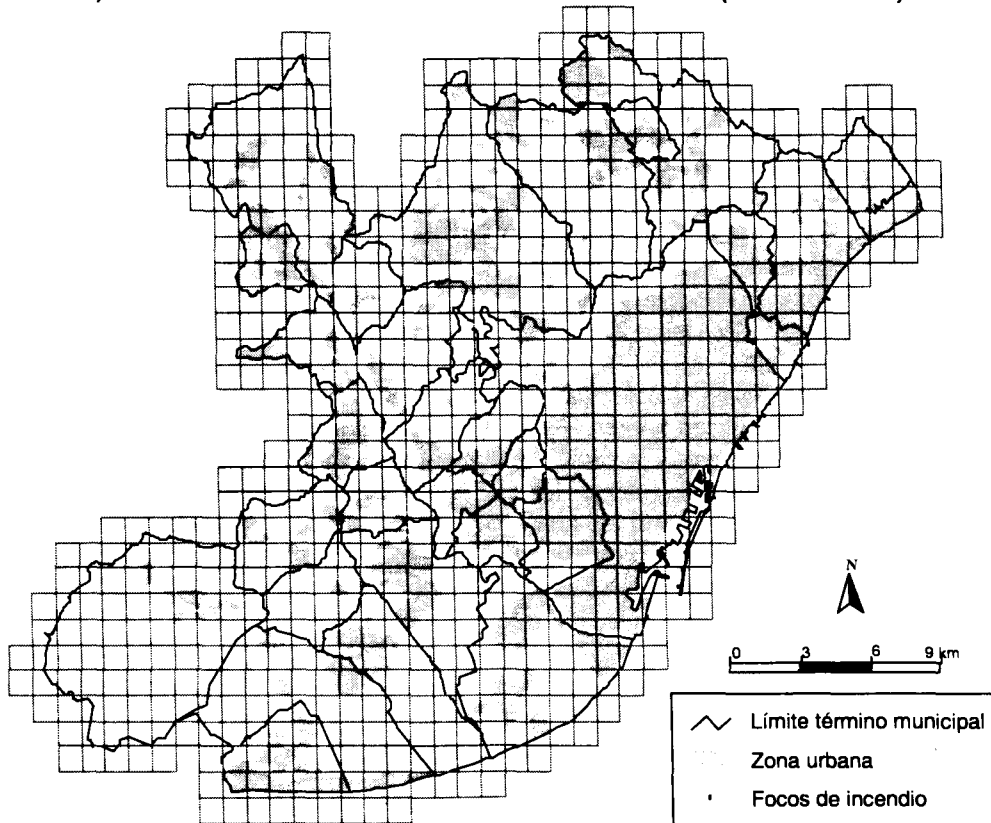
## METODOLOGÍA

Hay numerosos estudios basados en la observación de la ocurrencia de incendios a partir de datos históricos; estos parten del análisis de la distribución de los focos de incendios a lo largo del tiempo, con distintos objetivos: observar tendencias (Finney et al., 1989); zonificar las áreas con más ocurrencias para la planificación (Finney, 1995); comparar comportamientos en comunidades vegetales distintas (Brown et al. 1996); correlacionar el número de incendios con distintas variables derivadas de las características de los mismos incendios (Chou, 1992; Bovio et al., 1994; Bovio et al., 1997); aplicación de distintos métodos estadísticos para la predicción de ocurrencia - no ocurrencia de incendios en distintas provincias de la cuenca mediterránea (Carvacho et al., 1998); etc.

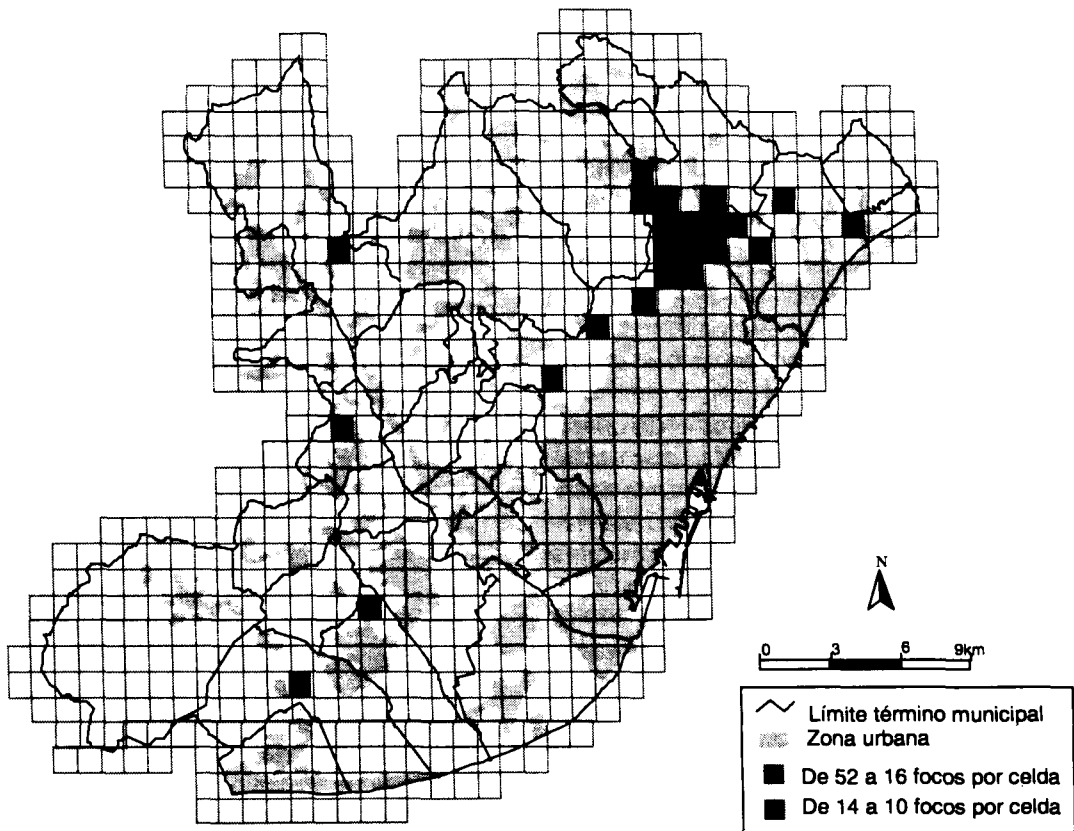
Recientemente ha habido un especial interés en validar los índices de peligro a través del análisis estadístico de la ocurrencia de incendios. La importancia del cálculo de índices de peligro para la prevención de los incendios ha quedado demostrada con los distintos modelos desarrollados y el alcance de aplicación que han tenido en otros países adaptándolos a las condiciones propias (Bovio et al., 1984; Van Wagner, 1987; ICONA, 1988; Carrega, 1991). Los estudios que intentan validar estos modelos basándose en métodos estadísticos son también numerosos (Sol, 1989; Sol 1995; Bovio et al. 1997), la mayoría de ellos correlacionan el número de incendios con los distintos índices (Aguado et al., 1996; Viegas et al., 1994; Piñol et al., 1998)

La base de datos digital utilizada para la realización de este trabajo abarca el periodo 1990-1997. La tabla 1 muestra las características generales de los incendios durante este periodo. Los datos pro-

a) Distribución de los focos de incendios (1990-1997)



b) Celdas con más ocurrencias de incendios (1990- 1997)



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Distribución de los focos de incendios (a) y celdas con más ocurrencias de incendios (b)

ceden de la base digital de las superficies quemadas facilitada por el Patronat Metropolità de Collserola. Es interesante tener en consideración los valores que muestra porque permite hacernos una idea del número y tamaño de los incendios. Por las características de la zona se trata de incendios de pequeñas dimensiones, exceptuando el año 1994 que fue un año especial.

El trabajo se divide en dos fases, la primera abarca el procedimiento para llegar a establecer una medida cuantitativa del número de incendios y todas aquellas operaciones de superposición de capas y de relaciones entre distintas informaciones temáticas para poder ejecutar la segunda fase que va a contrastar las distintas variables con la ocurrencia de incendios.

### Planteamiento de la primera fase

La información digital necesaria para llevar a cabo esta primera fase consiste en: una malla del AMB, los focos de incendio, la superficie forestal quemada para cada uno de los incendios y el mapa de vegetación. Las fuentes de estas distintas capas de información son las siguientes:

- División del AMB en una malla reticular de 1 km. de lado para calcular frecuencias de incendios. De esta forma disponemos de una base digital a partir de la cual cuantificar el número de incendios.
- Identificación de los focos de incendio a partir del centroide del perímetro de incendios. Se ha seguido este criterio por la dificultad de localizar con exactitud el punto de ignición, es por este motivo que lo llamamos foco de incendio y no puntos de ignición.
- La superficie de cada incendio se obtuvo a partir de la base digital (cobertura de Arc/

Info) de los perímetros de los incendios, que se asoció como atributo más a la capa de los focos de incendio.

Finalmente la vegetación se obtuvo a partir del mapa de vegetación elaborado por la Universidad de Barcelona. Se hicieron algunos ajustes a partir de las observaciones de los partes de los bomberos en los cuales constaba, en la mayoría de casos, el tipo de vegetación quemada. Disponer de esta información adicional fue interesante para comprobar que, en algunos casos, el mapa de vegetación no se ajustaba a las observaciones, por lo que se dio prioridad al parte.

Para determinar el número de incendios por celda y asociar a la base de los focos la superficie quemada y el tipo de vegetación, fue necesario realizar operaciones de superposición y relaciones entre tablas entre las distintas capas de información, por lo que se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) concretamente los programas Arc/Info y ArcView.

### Planteamiento de la segunda fase

Con el número de focos por celda, la superficie quemada de cada uno de los incendios y el tipo de vegetación afectada, era posible aplicar procedimientos estadísticos (mediante SPSS) para analizar, por un lado, si existía alguna relación entre el número de incendios y la superficie forestal quemada y por el otro la correspondencia entre el tipo de vegetación y el número de incendios.

Los datos que se utilizaron en la relación número de incendios—superficie forestal quemada

**Tabla 1:** Características de los incendios en el AMB 1990-97

Año	nº de incendios	Sup. Total (ha)	Sup. Máx. (ha)	Sup. Mín. (ha)
1990	101	91.12	18.54	0.0067
1991	139	123.03	67.59	0.0020
1992	76	62.26	28.60	0.0010
1993	191	137.03	40.64	0.0013
1994	182	7188.13	4510.22	0.0022
1995	142	94.59	22.00	0.0018
1996	44	10.30	2.15	0.0032
1997	70	25.12	3.10	0.0010
<b>1990-97</b>	<b>945</b>	<b>7888</b>	<b>4510.22</b>	<b>0.0010</b>

da, se obtuvieron a partir del cálculo de frecuencias de los focos de incendios por celda<sup>1</sup> (es decir a partir de la tabla asociada a la Figura 2a) con el sumatorio, por cada celda, de la superficie forestal quemada. El procedimiento que se utilizó para analizar la relación entre las distintas variables fue en primer lugar generar un gráfico de dispersión para ver si existía alguna observación que pudiera distorsionar los resultados. Una vez eliminadas aquellas observaciones que salían de la normalidad se ejecutó el cálculo de regresión lineal. Se realizó un simple cálculo de frecuencias para analizar la relación entre el tipo de vegetación y el número de incendios y superficie quemada.

## RESULTADOS

Del análisis de los resultados se desprende que la hipótesis de que no existe ninguna relación entre el número de incendios y la superficie forestal quemada, se cumple. En el análisis global 1990-97 de la frecuencia de incendios por unidad básica, el coeficiente de regresión es de 0,001. Este hecho se explica fundamentalmente por las características del AMB, con un uso intenso del territorio y una extensa red viaria como elemento fragmentador, lo que favorece que no haya una continuidad de masas forestales.

A partir de la tabla 2, que nos muestra el número de incendios que afectan cada tipo de vegetación durante el período 1990-97, podemos afirmar que la segunda hipótesis de trabajo – que existen diferencias significativas entre los distintos tipos de vegetación afectados por los incendios se cumple: el 2,8% del total de incendios afecta básicamente a vegetación de ribera y huerta (supone el 13,3% de la superficie forestal total quemada); más del 63,8% de los casos se locali-

zan en zonas de distinto tipo de matorral, ya se encuentre al lado de vías de comunicación, zonas urbanas o en zonas semi-abandonadas (con un 81,2% de la superficie respecto a la superficie total quemada); el 20% en zonas de pino y/o encina con matorral (con un 4,3% de la superficie), y aproximadamente el 12,8% en zona de pino o encina (con un 1,19% de superficie).

Podemos concluir que en el AMB hay un gran número de incendios de pequeñas dimensiones debido a la gran fragmentación del territorio que dificulta su propagación. Los incendios más extensos tienen lugar en zonas boscosas con una continuidad de la masa forestal. El tipo de vegetación corresponde a aquella de gran inflamabilidad, localizada en la proximidad de carreteras o zonas urbanas o en zonas con presencia únicamente de distintos tipos de matorral.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a los datos facilitados por el Patronat Metropolità de Collserola que dispone de una importante base de datos en formato digital.

## REFERENCIAS

Aguado, I., Camarasa, A., Chuvieco, E., Martín, M.P. y Cocero, D. (1996). Estudio comparativo de índices meteorológicos de peligro de incendio en la Comunidad Autónoma de Andalucía. *VI Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información y Teledetección*, 17-19 de Septiembre de 1996, Asociación de Geógrafos Españoles, Departamento de Geografía de la Universidad del País Vasco.

Tabla 2: Cálculo de la frecuencia de incendios por tipo de vegetación

Tipo de vegetación	nº de casos	Superficie (ha)
Vegetación de Ribera o huerta	26	993.09
Matorral	603	6087.44
Pinos y/o encinas + matorral	189	322.82
Pinos y/o encinas	121	89.54
Otros	6	0.61

<sup>1</sup> El cálculo de la regresión lineal no se hizo a partir de la tabla resumen de los incendios 1990-97 (Tabla 2) sino a partir del cálculo de la frecuencia de los incendios por celda (tabla que por su extensión no se ha adjuntado pero puede ser consultada contactando con la autora), debido al interés, no en el análisis de las características globales del período 1990-97, sino en su relación con la localización.

- Badia, A. (1998). Análisis de la ocurrencia de incendios en el Area Metropolitana de Barcelona: fase previa para la validación de índices de peligro. *Actas del VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, Asociación de Geógrafos Españoles, 17-19 de septiembre de 1998, Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Bovio, G. (1993). *IREPI, Fire Danger Index*, Work Report, Reunión de trabajo del proyecto MINERVE (Modelisation Incendie et Etudes de Risques Pour la Valorisation de l'Environment), Coimbra, 26 y 27 de Enero de 1993.
- Bovio, G. y Camia, A. (1994); Fire danger zoning using multivariate analysis. *Proceedings 2nd International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, vol. II, pp. 733-745.
- Bovio, G.; Camia, A. (1997), Land zoning based on fire history. *International Journal of Wildland Fire*, 7(3), pp. 249-258.
- Bovio G. y Camia, A. (1997), Meteorological Indices for large fires danger rating. *A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires*, (E. Chuvieco, (ed.), Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá: 73-90.
- Bovio, G., Quaglionio, A. y Nosenzo, A. (1984). Individuazione di un indice di previsione per l pericolo di incendi boschivi. *Monti e boschi* 4.
- Carrega, P. (1991). A meteorological index of forest fire hazard in Mediterranean France. *International Journal of Wildland Fire* 1: 79-66.
- Carvacho, L., Barredo, J.I., Chuvieco, E., Martínez, J. y Salas, J. (1998). Determinación de variables de riesgo humano en la generación de incendios forestales mediante regresión logística y redes neuronales. *Actas del VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, Asociación de Geógrafos Españoles, 17-19 de septiembre de 1998, Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Chou, Y.H. (1992). Spatial Autocorrelation and Weighting in the distribution of Wildland Fires. *International Journal of Wildland Fire* 2: 169-176.
- Finney, M.A. (1995). The missing tail and other considerations for the use of fire history models. *International Journal of Wildland Fire*, 5(4), pp. 197-202.
- Finney, M.A. y Martin, R. E. (1989). "Fire history in a Sequoia sempervirens forest at Salt Point State Park, California. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 1451-1457.
- ICONA (1988). *Experimentación de un nuevo sistema para la determinación del peligro de incendios forestales derivado de los combustibles: Instrucciones de cálculo*, Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Madrid, p.16.
- Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (MMAMB) (1995). *Dinàmiques metropolitanes a l'Àrea i la Regió de Barcelona*, Àrea Metropolitana, Mancomunitat de Municipis.
- Piñol, J., Terrades, J. y Lloret, F. (1998). Climate warming: Wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain. *Climatic Change* 38: 345-357.
- Sol, B. (1989). *Risque numerique météorologique d'incendies de forêt en région méditerranéenne: dépouillement du test de l'été 1988 et propositions d'améliorations*, Note de travail SMIR/SE n°1, mai 1989.
- Sol, B. (1995). Comparaison de diverses methodes d'estimation du danger meteorologique d'incendie sur le Sud-Est de la France: Feux d'Été de la zone côtière et Feux d'hiver des Alpes de Haute Provence. *Programme MINERVE*
- Van Wagner, C.E. (1987). *Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*. Canadian Forestry Service Technical Report 35.
- Viegas, D.X., Sol, B., Bovio, G., Nosenzo, A. y Ferreira, A. (1994). Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. *Proceedings 2nd International Conference on Forest Fire Research*, Coimbra, vol. II, pp. 571-590.