

ANÁLISIS DE LA OCURRENCIA DE INCENDIOS EN EL AREA METROPOLITANA DE BARCELONA: FASE PREVIA PARA LA VALIDACIÓN DE ÍNDICES DE PELIGRO.

Anna Badia i Perpinyà

Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona

08193 BELLATERRA

e-mail: ilgebadia@cc.uab.es

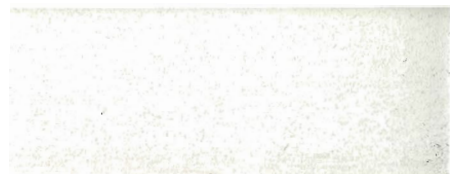
RESUMEN

Predecir dónde empezará un incendio y cómo se comportará es una tarea compleja por la gran cantidad de variables que intervienen en el proceso de ignición y de propagación. La identificación de las zonas con un alto índice de peligro será de gran utilidad para la planificación de la prevención. Este trabajo es la fase previa a la validación de índices de peligro, que pretende analizar las zonas con más ocurrencias de incendios en el Area Metropolitana de Barcelona durante el período 1990-1997. Los métodos estadísticos y los sistemas de información geográfica (SIG) serán de gran utilidad para el tratamiento y análisis de esta información.

1. Introducción

La importancia e incidencia de los incendios forestales en el área mediterránea, requiere dedicar un interés especial en su tratamiento por el impacto medioambiental que suponen. La complejidad de este fenómeno por el gran número de factores de distinta naturaleza que intervienen –climáticos, de vegetación, topográficos, sociales, etc.–, hacen necesario un conocimiento extenso de la realidad del problema. La predicción y prevención de los incendios constituyen una de las actividades primordiales para la lucha contra los incendios forestales. En este sentido, la elaboración de índices de peligro en estos últimos años ha ido siendo la línea de trabajo de numerosos grupos de investigación, un ejemplo es la agrupación de los métodos de predicción del peligro de distintos países dentro del programa MINERVE, que tiene como objetivo mejorar el procedimiento de estimación del peligro de incendio (Bovio, 1993; Sol, 1995)

El contenido de esta comunicación es una primera fase exploratoria y preparatoria que tiene como objetivo dejar una base de datos empíricos de ocurrencia de incendios para validar distintos modelos de predicción de índices de peligro. La combinación de



métodos estadísticos y las técnicas SIG serán de gran utilidad para analizar la correlación localización – número de incendios.

2. Area de estudio

Para entender la importancia de los incendios en el ámbito seleccionado, el Area Metropolitana de Barcelona (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 substitución 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 (Ver 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 denudados (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. Es significativo resaltar que el

AMB es la primera aglomeración industrial de España y la segunda en dimensiones de renta, ocupación y residencia.

Figura 1



Fuente: Elaboración propia

3. Bases de datos de incendios

En esta primera fase exploratoria, la base de datos digital disponible abarca el período 1990-97. Para la cuantificación del número de incendios ocurridos en una zona es necesario disponer de los perímetros de las zonas quemadas, los focos de los incendios y de una malla de división del AMB, esta última para establecer unidades que permitan cuantificar los incendios. Como base adicional será de gran utilidad la de los núcleos de población, aunque sirva sólo a nivel visual para descartar las zonas urbanas.

- Perímetros de incendios: proceden del Patronat Metropolità de Collserola digitalizados a partir de los partes de los bomberos. Se dispone de datos en formato digital, de la superficie quemada de los años 1990-1997 ambos incluidos; no se disponen de datos en formato digital anteriores a este período, pero se considera que la densidad de incendios que han tenido lugar durante estos ocho años, es suficiente para analizar las zonas con más ocurrencias.

- Focos de incendio: son el centroide del perímetro de los incendios. Se ha seguido este criterio por la dificultad de localizar exactamente el punto de ignición, es por este motivo que lo llamamos foco de incendio y no punto de ignición.
- Malla: división del AMB en celdas de 1 km. de lado (100 ha), para calcular la frecuencia de incendios.
- Mapa de los núcleos de población: esta es una capa de información que en este caso servirá para aislar las zonas urbanas sin que intervenga en el análisis.

Descripción de los datos de incendios

La *Tabla 1* muestra las características generales de los incendios durante el período 1990-1997. Los datos proceden 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.

Tabla 1

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

4. 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, 1994; Bovio, 1997), etc.

Recientemente hay 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, 1984; Van Wagner, 1987; ICONA, 1988; Carrega, 1991). Los estudios que intentan validar estos modelos basándose en métodos estadísticos son también numerosos; la mayoría de ellos correlacionan el número de incendios con los distintos índices (Aguado, 1996; Viegas, 1994; Piñol, 1998)

En esta primera fase del estudio, se pretende establecer una relación entre la localización y número de incendios para hallar las zonas con más densidad de focos. De esta forma obtenemos la base para calibrar los índices de peligro, fase que se abordará en una etapa posterior del proyecto, a partir de la correlación de las zonas con más ocurrencias y los distintos índices juntamente con la correlación del número de incendios y la superficie quemada, interesante y significativo para determinar la importancia de los incendios.

El cálculo de la ocurrencia de incendios se ha enfocado considerando dos procedimientos distintos: el análisis de los perímetros y el análisis de los focos de incendio. Para llevar a cabo este análisis se utilizó el programa Arc/Info para las operaciones de análisis espacial y el programa ArcView básicamente para visualización, análisis de frecuencia, consultas simples y composición de mapas.

Análisis de la ocurrencia de incendios

1. Análisis de los perímetros de incendio

Con el objetivo de identificar las zonas con más ocurrencias de incendios se superponieron los perímetros de los distintos años (a partir de la base en formato digital de los perímetros de incendio para los ocho años analizados -1990-97), obteniendo como resultado una capa de información con la coincidencia de áreas quemadas; de esta forma es posible analizar la frecuencia a partir de la cual se han extraído los resultados que se muestran en la *Tabla 2*.



Tabla 2

n° de veces quemados	n° de casos	Superficie Total (ha)	Máx. (ha)	Mín (ha)
1	1007	7646.4996	4504.33	0.0010
2	193	46.1525	2.95	0.0008
3	25	3.2999	0.95	0.0020

Estadísticamente no es significativo trabajar con los perímetros ni tampoco validar los índices de riesgo a través del análisis que se desprende de estos resultados. Los 25 casos que se han quemado tres veces durante estos ocho años apenas llegan a las 3 ha. y la superficie más grande de todos ellos, no llega a 1 ha. Es necesario plantear un procedimiento que permita agrupar un mayor número de casos por unidad para que sea significativo estadísticamente.

2. Análisis de los focos de incendios

Teniendo en cuenta la poca significación del análisis de los perímetros, se ha optado por trabajar con los focos de incendio creando una malla para calcular la frecuencia de los focos en cada celda y tener una referencia cuantitativa. Con una malla de 1 km. de lado se observó un número suficiente de casos.

- Análisis individual de las frecuencias (año por año)

Para disponer de una tabla con los focos de incendio y el código de malla asociado se superpuso cada capa de información de los focos (cada año forma una capa de información distinta), con la malla del AMB. A partir de la tabla resultante se pudo frecuenciar el número de focos por celda para cada año. El procedimiento se repitió para cada capa de información

Las tablas siguientes, agrupadas como *Tabla 3*, son un resumen de las tablas originales de ocurrencia de incendios por celda. No se adjuntan las tablas originales del número de incendios por celda debido a la gran cantidad de registros que se obtienen. Semuestran las tablas resumen a partir del cálculo de la frecuencia de celdas con cada caso de focos por celda.

Tabla 3

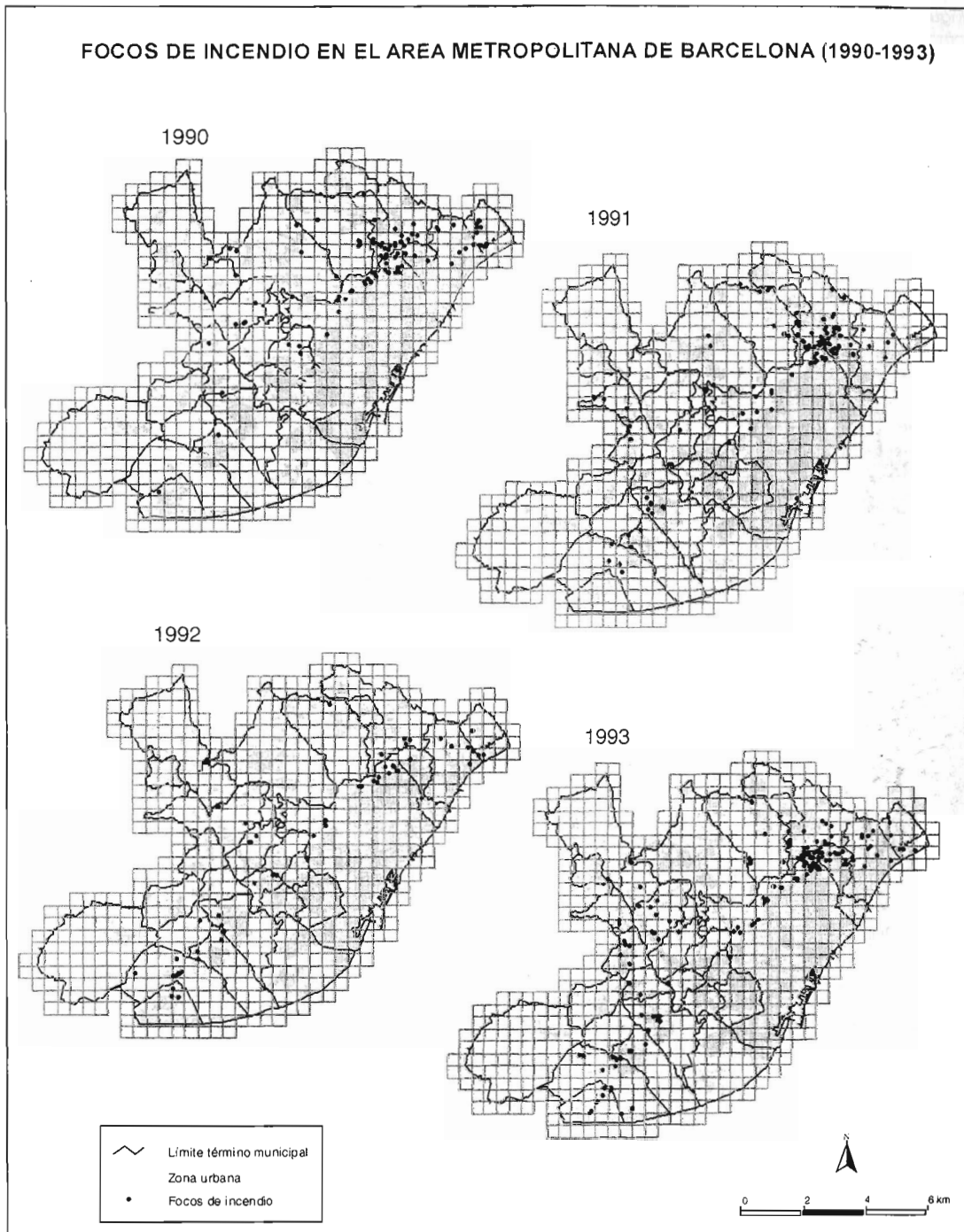
1990		1991		1992		1993	
nº de focos por celda	nº celdas	nº de focos por celda	nº celdas	nº de focos por celda	nº celdas	nº de focos por celda	nº celdas
1	39	1	39	1	27	1	54
2	12	2	8	2	5	2	16
3	5	3	4	3	3	3	6
4	2	4	3	4	3	4	3
5	3	5	2	5	1	5	2
		6	2	7	1	6	2
		7	1	8	1	7	1
		8	2			8	1
		17	1			9	2
						10	1
						12	1

1994		1995		1996		1997	
nº de focos por celda	nº celdas	nº de focos por celda	nº celdas	nº de focos por celda	nº celdas	nº de focos por celda	nº celdas
1	64	1	45	1	19	1	35
2	17	2	15	2	5	2	9
3	7	3	9	3	4	3	5
4	7	4	3	5	1	4	1
5	3	5	2				
6	1	6	2				
7	2						
16	1						

Partiendo de los casos más significativos, los años 1991, 1993 y 1994, que corresponden a los que hay un mayor número de celdas con un máximo de focos por celda, es interesante resaltar: el caso con 17 focos por celda en el año 1991, en 1993 hay un caso con 12 focos en una misma celda, y en 1994 tenemos un caso con 16 focos en una misma celda. Con esa información sería posible hacer una primera validación de los índices de peligro y resolver qué índice se ajusta más a las celdas con más ocurrencias de incendio, o si hay una coincidencia entre las celdas con más ocurrencias y los rangos más altos de los distintos de los distintos índices.

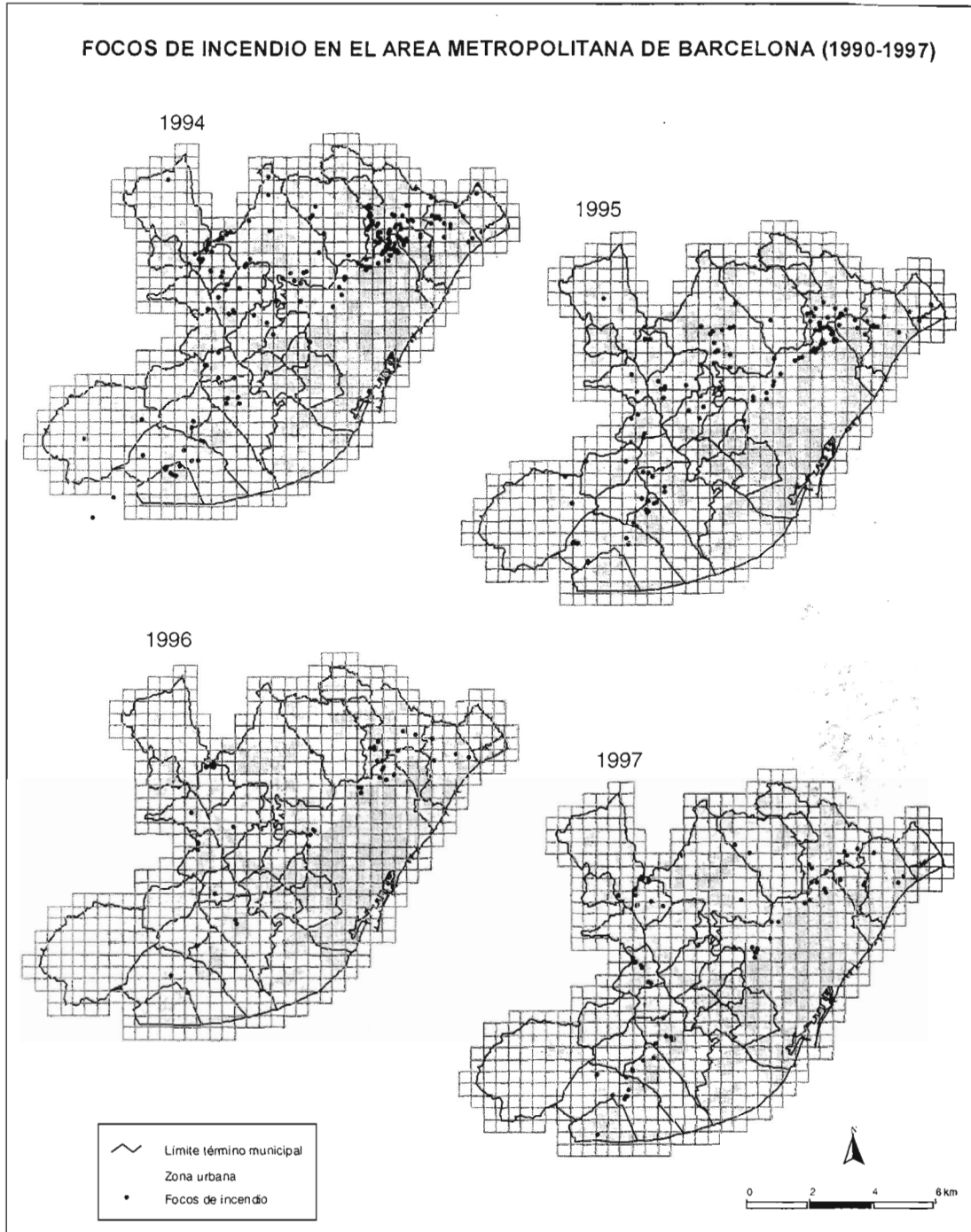
Las figuras 2 y 3 permiten visualizar la distribución espacial de los focos para cada año. Es interesante hacer un análisis visual para observar los años con más densidad de incendios y ver las zonas con más concentración.

Figura 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3



Fuente: Elaboración propia.

- Análisis global de la ocurrencia de incendios

Para analizar la densidad de los incendios conjuntamente para los 8 años, hemos

Tabla 4

Nº de focos Por celda	nº de celdas
1	84
2	33
3	20
4	12
5	12
6	10
7	10
8	5
9	4
10	5
11	1
12	1
13	2
14	2
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
26	1
29	1
30	1
44	1
52	1

superpuesto los focos de cada año agrupándolos en una capa nueva. Del mismo modo que en el caso anterior (el análisis individual) una vez superpuestos

los focos a la capa resultante se le ha asociado el código de malla para hacer el cálculo de frecuencias.

La tabla de frecuencias resultante (Tabla 4) nos muestra el número de celdas con las distintas ocurrencias.

Las áreas con más ocurrencias de incendios, como se vio en el análisis individual, se agrupan básicamente en la misma zona; considerando desde los 52 focos por celda a los 16 casos (aunque sólo haya un caso de cada), todos ellos se localizan entre los municipios de Barcelona (zona noreste, Santa Coloma de Gramanet (zona noroeste) y Montcada i Reixach (zona sur). Si ampliamos el rango y bajamos el número de focos por celda pero con más ocurrencias, de los dos casos con 14 focos por celda a los cinco casos con 10 focos por celda, vemos una mayor dispersión (ver Figura 4).

Todas estas son zonas con una gran presión de población y con un tipo de vegetación arbustiva y

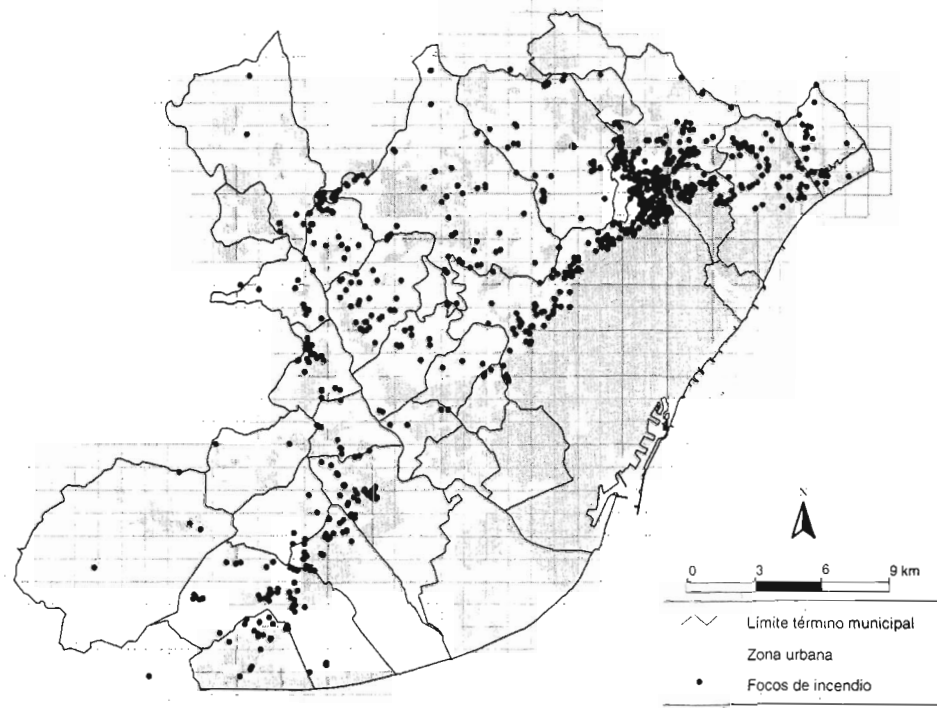
con prados. Es interesante observar que las zonas que están protegidas por la ley (las áreas PEIN -Pla d'Espais d'Interès Natural) excluyendo evidentemente las zonas urbanas, son las que se observa un menor número de casos; de hecho las zonas con más ocurrencias son las más próximas a las áreas urbanas y por lo tanto con una gran accesibilidad.

5. Planteamiento de la segunda fase. Validación de los índices de peligro

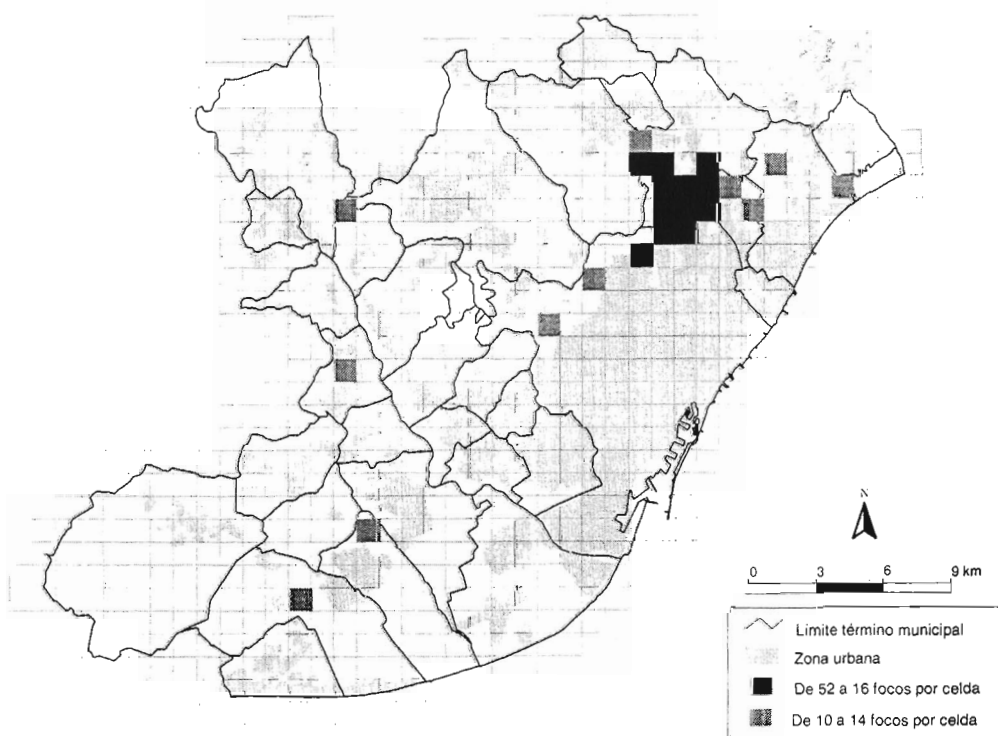
Con la aplicación de este método ha sido posible analizar la distribución espacial de la ocurrencia de incendios durante el período 1990-1997 en el AMB, e identificar las

Figura 4

Distribución de los focos de incendios (1990-1997)



Celdas con más ocurrencias de incendios (1990-1997)



Fuente: Elaboración propia.



zonas con una mayor densidad de incendios. A partir de esta base es necesario hacer una selección de los índices de peligro más significativos que van a ser validados.

Aunque no se ha hecho un estudio en profundidad de las ventajas e inconvenientes de los distintos índices más utilizados, un punto de referencia para la selección de los índices a validar es el programa MINERVE, mencionado anteriormente, que integra índices de distintos países que han sido aplicados en numerosos trabajos: el índice canadiense (Van Wagner, 1987), el índice español (ICONA, 1988), el método italiano (Bovio et al 1984), método francés (Carrega, 1991; Sol, 1989), etc. todos ellos son índices meteorológicos que se calcularan a partir de la información de las distintas estaciones meteorológicas que se disponen.

La segunda fase del trabajo que se ha expuesto en esta comunicación puede resumirse en los siguientes puntos:

- selección de índices de peligro de incendio
- recogida y preparación de los datos para ser integrados en los índices
- aplicación de los distintos índices
- integración de otras variables explicativas y zonificación del peligro utilizando técnicas SIG
- aplicación de métodos estadísticos para la validación de los índices
- explotación de los resultados

A modo de conclusión podríamos formular una de las hipótesis que serán el hilo conductor del proyecto: las zonas con un alto número de ocurrencias coinciden con las zonas de más peligro. La correlación de los distintos índices con el número de incendios en las distintas zonas, permitirá aislar los que más se ajustan a la realidad observada.

Bibliografía

- Aguado, I.; Camarasa, A.; Chuvieco, E; Martin, M.P.; 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.
- Bovio, G. (1993), *IREPI, Fire Danger Index*, Work Report, Reunión de trabajo del proyecto MINERVE (Modélisation Incendie et Etudes de Risques Pour la Valorisation de l'Environnement), Coimbra, 26 y 27 de Enero de 1993.

- Bovio, G.; Camia, A. (1994); "Fire danger zoning using multivariate analysis", *Proceedings 2nd International Conference on Forest Fire Research*, 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.; Quaglione, A.; Nosenzo, A.; (1984), "Individuazione di un indice di previsione per il pericolo di incendi boschivi", *Monti e boschi*, Anno XXXV n°4, Juillet-Aôut 1984.
- Carrega, P. (1991), "A meteorological index of forest fire hazard in Mediterranean France", *International Journal of Wildland Fire*, 1, pp. 79-66.
- Chou, Y.H. (1992), "Spatial Autocorrelation and Weighting in the distribution of Wildland Fires", *International Journal of Wildland Fire*, 2(4), pp. 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.; Martin, R. E. (1989), "Fire history in a Sequoia sempervirens forest at Salt Point State Park, California", *Canadian Journal of Forest Research*, 19(II), pp. 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. Lloret, F. (1998), "Climate warming: Wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain", *Climatic Change*, 38, pp. 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, mail 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.; Ferreira, A. (1994), "Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe", *Proceedings 2nd International Conference on Forest Fire Research*, Vol. II, pp. 571-590.