

DINÁMICA DEL RIESGO DE IGNICIÓN EN UN ÁREA DE INTERFASE URBANO-FORESTAL

Modugno, S.¹, Serra, P.¹ y Badia, A.¹

(1) Departamento de Geografía, Edificio B, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193-Cerdanyola del Vallès (Barcelona). E-mail: sirio.modugno@uab.es

RESUMEN

La aceleración del proceso masivo de urbanización dispersa en zonas de interfase urbano-forestal reafirma la necesidad de aplicar políticas de prevención de los incendios forestales. Existen determinadas técnicas que permiten una aproximación de dónde, cuándo y cómo un incendio aparece y se propaga. Un método que ha mostrado resultados óptimos en la determinación de la probabilidad de ignición ha sido la regresión logística. Este método, combinado con datos de satélite y con un sistema de información geográfica, permite determinar la probabilidad de ocurrencia de los fuegos a través de la presencia o ausencia de puntos de ignición. En este trabajo se ha aplicado esta metodología en un área fuertemente antropizada de Catalunya, afectada históricamente por incendios forestales, especialmente en los dos años analizados, 1994 y 2003. Los resultados muestran que las zonas con menor altitud y con menor distancia respecto a las áreas urbanizadas y a las infraestructuras viarias presentan elevadas probabilidades de ignición. El modelo obtenido incrementa su poder explicativo, de una curva ROC de 0.68 en el 1994 a una de 0.76 en el 2003, debido al mayor grado de presión urbanística.

Palabras Clave: Incendios forestales, regresión logística, probabilidad de ignición, interfase urbano-forestal.

ABSTRACT

The acceleration of the massive process of disperse urbanization in zones of urban-forest interphase reasserts the necessity of applying policies towards forest fire risk prevention. There are several techniques which allow an approach to assessing where, when and how a fire starts and spreads. Logistic regression has been proved to yield optimal results in the determination of ignition probability. This procedure, along with satellite data and a geographical information system, allows the determination of the occurrence probability of fires from the presence or absence of ignition points. This work has focused on a highly urban-developed zone in Catalunya, historically affected by forest fires, especially on those two analyzed years, 1994 and 2003. Results show that areas at a lower altitude and closer to urban infrastructures and road networks present high ignition probabilities. The derived model increases its explanatory power, ranging from a ROC curve of 0.68, in 1994, to a 0.76 ROC curve, in 2003, as a consequence of the higher urbanistic pressure.

Key words: Forest fire, logistic regression, ignition probability, urban-forest interphase.

INTRODUCCION

Los estudios de riesgo de incendios forestales pueden ser abordados considerando en mayor o menor grado el factor humano. En determinados estudios se enfatizan las características biofísicas donde las variables se usan para obtener la propensión a la inflamabilidad (Chuvienco et al., 1998; Manzo-Delgado et al., 2007; Vidal y Devaux-Ros, 1995). El mínimo común denominador de los estudios que utilizan las variables biofísicas es considerar como fundamental el contenido de la humedad en las cubiertas forestales e interpretar ésta inversamente proporcional a su potencial de combustión (Nelson, 2001). Otra línea de investigación es la que intenta estimar

las influencias antrópicas, principalmente las relacionadas con la presencia humana, como causa directa o indirectas de los incendios (Vega et al., 1995; Vilar et al., 2007; Chuvieco y Martín, 2004).

Sin embargo, mientras que los factores biofísicos son determinados por una cierta regularidad, las acciones humanas son bastantes imprevisibles y el reconocimiento de los indicadores que definen una mayor o menor responsabilidad en la aparición de fuegos se configura como una tarea complicada, caracterizada por la incertidumbre de los resultados. En este trabajo se analiza el modelo urbano que caracteriza la zona, un modelo de urbanización disperso con presencia de grandes centros. Desde este análisis se han deducido algunas variables humanas que podían presentar, especialmente, una elevada influencia en el riesgo de incendios forestales. El área de estudio se caracteriza por su gran valor natural y por la fuerte presión antrópica, ejemplo de las zonas de interfase urbano-forestal del mediterráneo.

La estadística se configura como una herramienta que puede ayudar a entender las relaciones entre algunas variables, representantes de determinadas acciones humanas, y la incidencia de puntos de ignición. Si la previsión de la dinámica humana puede presentarse como de difícil actuación, el análisis de su distribución territorial puede evidenciar relaciones significativas. En este trabajo, a través de la regresión logística, se han ido seleccionando algunos factores biofísicos y humanos que podían mostrar una relación con la aparición de puntos de ignición.

En definitiva, el objetivo de la comunicación es determinar las variables biofísicas y humanas explicativas de la aparición de puntos de ignición utilizando la regresión logística y la comparación temporal entre los resultados del año 1994 y del 2003.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la provincia de Barcelona, en la zona de la cordillera pre-litoral con una superficie total de 1710 km² (figura 1). Esta área consta de 38 municipios, destacando Manresa, Sabadell y Terrassa. Así mismo, en el área coexisten cuatro parques naturales: Montserrat, Sant Llorenç del Munt, Gallifa y Cingles de Bertí. Estas áreas son islas de naturaleza aprovechadas especialmente en momentos de ocio, no solo por el turismo de las zonas limítrofes, si no también de la misma metrópoli de Barcelona. De especial interés es el parque de Montserrat, ya que se trata de un lugar de culto religioso de gran importancia (El monasterio de Montserrat). La vegetación típica mediterránea del área de estudio está constituida por el *Pinus halepensis* y a altitudes sobre los 600 m se encuentran variedades de *Quercus* como testimonio de una vegetación mediterráneo-montana. También cabe resaltar el sotobosque muy prolífico y las zonas de cuencas más húmedas donde aparecen también de forma más esporádica especies de gran interés como el *Taxus baccata*.

Toda esta área se encuentra en la zona de clima mediterráneo húmedo, con una elevada variabilidad climática estacional y anual: veranos secos, otoños lluviosos, inviernos suaves y primaveras húmedas. Los paisajes constituidos por áreas verdes adornan un perfil morfológico característico de los macizos de naturaleza sedimentaria constituidos por antiguos conos de deyección. La acción de la erosión diferenciada caracteriza sobretodo verticalmente el perfil de Montserrat constituyendo una unidad paisajística única. A esta descripción se tienen que tener en cuenta las características microclimáticas determinadas por la altitud de la zona que caracteriza los cuatro macizos con un desnivel de unos 1000 m (el parque de Montserrat resulta ser el más alto con una altitud de 1236 m).

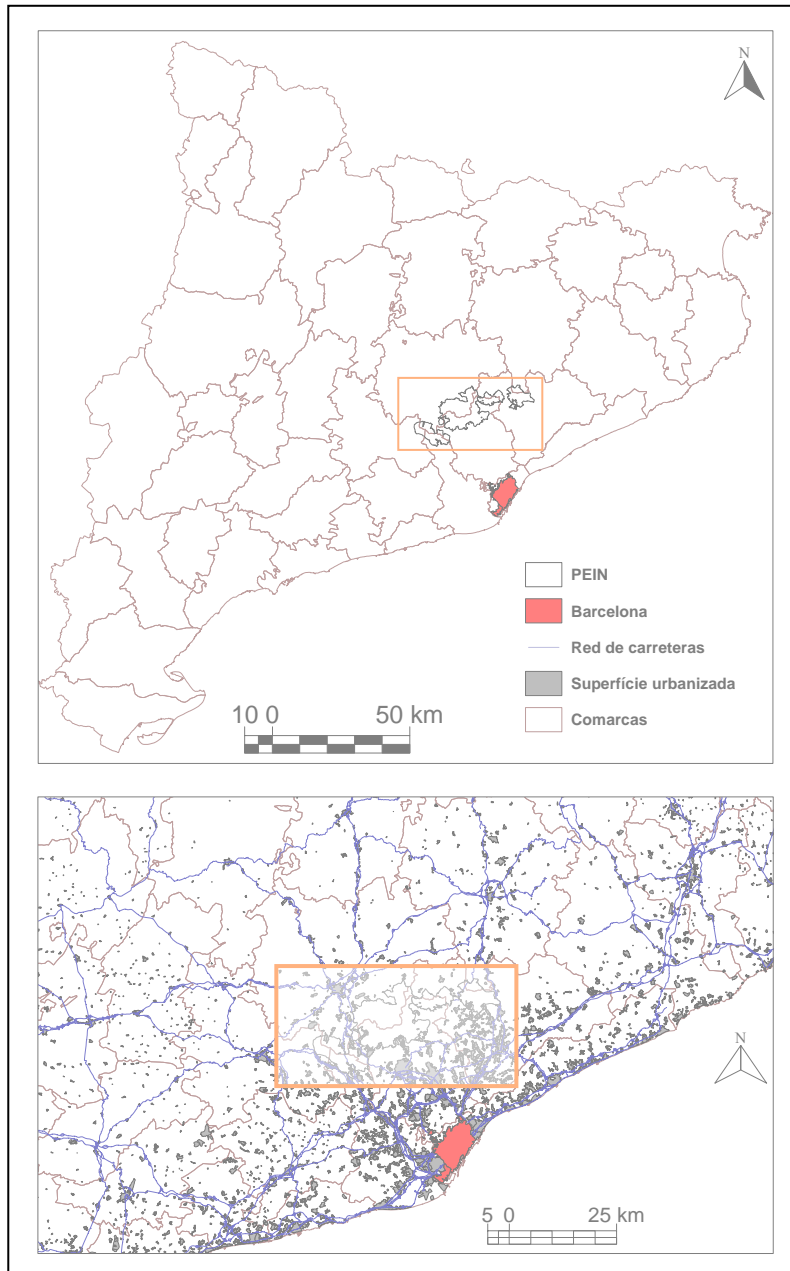


Figura 1: Área de estudio. Elaboración propia.

El análisis territorial permite la búsqueda de variables aptas para considerar la biodiversidad y la consecuente alta vulnerabilidad del territorio. La vegetación presente con su propensión a la inflamabilidad y la fuerte presión antrópica determina un escenario de preocupante vulnerabilidad de cara al fenómeno de los incendios forestales. La presencia de aglomeraciones y de personas que frecuentemente son turistas supone un riesgo potencial en sí mismo ante la probabilidad de aparición de incendios (Caballero, 2004).

En definitiva, se ha escogido esta área piloto por su interesante valor ecológico, elevada presencia de puntos de igniciones de incendios, fuerte presión antrópica y modelo urbano predominante disperso, creando así zonas de interfase urbano-forestal. Esta área puede satisfacer las expectativas de estudio porque es representativa de gran parte de las zonas mediterráneas afectadas por incendios forestales.

METODOLOGÍA

El concepto de riesgo de incendios forestales se puede definir como la probabilidad que un determinado fenómeno peligroso afecte negativamente elementos territoriales, relacionando así el riesgo de incendios forestales con la perspectiva del riesgo ambiental de Varnes (1984). Introduciendo el concepto de probabilidad es inevitable pensar en la estadística como herramienta adecuada para el estudio de la ocurrencia de incendios.

El problema principal en la previsión de incendios forestales es encuadrar la dinámica humana, especialmente presente en las zonas mediterráneas. Se han considerado así los factores territoriales, intentando evidenciar la relación ser humano-masas forestales frente a la aparición de puntos de ignición. El cálculo del riesgo de incendios forestales puede realizarse aplicando la regresión logística (RLO), ya que se ha demostrado eficaz a la hora de analizar la interacción entre la dependiente (puntos de ignición) y las variables independientes (Badia, 2000).

La RLO es una función constituida por una variable dependiente dicotómica (sí, no; verdadero, falso; ausencia, presencia) y un conjunto de una o más variables independientes cuantitativas o cualitativas. El resultado que se obtiene es una función de las variables independientes que clasifique a los individuos en una de las dos subpoblaciones establecidas por la variable dependiente. Los valores resultantes estarán comprendidos en el rango 0-1.

La función es:

$$f(z) = \frac{1}{(1 + e^{-z})}$$

Donde Z se obtiene aplicando una regresión lineal multivariante con las variables independientes:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$$

y donde β_0 es la constante y los β_p son los coeficientes a estimar.

Se ha aplicado la metodología a dos años diferentes, 1994 y 2003, con el objetivo de poder utilizar la comparación temporal para enmarcar la tendencia evolutiva del fenómeno estudiado. Se han escogido estos dos años entre la bases de datos disponibles, desde el 1987 al 2004, porque son dos de los años más afectados por incendios forestales. Como variable dependiente se utilizó los puntos de ignición de los dos respectivos periodos, en consecuencia el objetivo aplicando la RLO era encontrar las zonas con mayor probabilidad de aparición de puntos (variable esperada). Las variables independientes se han determinado intentando considerar tanto los factores biofísicos como los factores socio-territoriales.

En la tabla 1 se resumen las variables disponibles tanto biofísicas como humanas. En el primer grupo encontramos dos índices derivados del sensor *Thematic Mapper* de la plataforma Landsat-5 de un día representativo del mes de Julio de 1994 y de Julio de 2003, respectivamente: el *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) y el Grado de Estrés Diario (GED). El NDVI es un índice resultado de la división entre la diferencia de la banda del infrarrojo cercano con el rojo y la suma de la banda del infrarrojo cercano con el rojo. El GED se obtiene de la diferencia entre la temperatura de la superficie terrestre y la temperatura del aire. También como variables biofísicas hemos considerado el modelo digital de elevación (MDE) y la pendiente del área de estudio. Para la representación de la presión humana se introdujo el mapa del uso del suelo, del 1993 y del 2002, la distancia a las zonas del *Pla d'Espais Interes Natural* (PEIN, zonas de protección natural por parte de la Generalitat de Catalunya, decreto 328/1992), la distancia a la red de carreteras principales y, finalmente, la distancia a la superficie urbanizada derivada del censo del 1991 y del censo del 2001. El NDVI se ha considerado como indicador capaz de expresar el estrés hídrico de una cubierta forestal y la consecuente mayor o menor propensión a la ignición (Illera et al. 1996; Vidal y Devaux-Ros 1995), así como el GED. El MDE se ha empleado como indicador más o menos directo de situaciones microclimáticas y se puede relacionar con la presencia del ser humano, mientras que la pendiente puede influir en la dificultad de acceso que impide o disminuye la presencia antrópica en determinadas zonas. La distancia de la zona urbanizada y la distancia de la redes de carreteras principa-

les presentan una relación inversa con la presión antrópica sobre el territorio (Cardille, 2001; Vilar del Hoyo, 2007), mientras que en las áreas PEIN se presupone que son áreas con un control y una protección mayor.

Para la aplicación de la RLO de 1994 se ha seleccionado como variable dependiente una capa con 81 puntos de ignición y 81 puntos de no-ignición aleatoriamente distribuidos. Esta capa dicotómica con un total de 162 puntos se ha incluido en los diversos modelos constituidos por las variables independientes. El mismo procedimiento se ha efectuado para el estudio del año 2003, creando una capa de combinación de 92 puntos de ignición y 92 puntos aleatorios de no presencia.

El indicador usado para identificar la eficacia en la predicción de los modelos RLO ha sido la curva correspondiente al *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Este valor indica el poder predictivo de los modelos obtenidos, en nuestro caso en relación a la probabilidad de ignición, en función de las variables independientes. Valores cercanos a 0,5 indican modelos muy poco explicativos, mientras que valores cercanos a 1 serían modelos muy explicativos.

Datos	Formato	Fecha	Fuente
Puntos de ignición	Alfanumérico (dbf)	1987 al 2004	Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya
NDVI	Ráster	17/07/1994 26/07/2007	Elaboración propia
GED	Ráster	17/07/1994 26/07/2007	Elaboración propia
MDE	Ráster	2000	Institut Cartogràfic de Catalunya
Pendiente	Ráster	2000	Elaboración propia
Red de carreteras principales	Vectorial	Mayo 2007	Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya
PEIN	Vectorial	2007	Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya
Usos del suelo	Ráster	1993 2002	Institut Cartogràfic de Catalunya
Inflamabilidad	Ráster	16/10/2001	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals
Zonas urbanizadas 1991/ 2001	Vectorial	Censo 1991 Censo 2001	Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya

Tabla 1: Variables biofísicas y humanas disponibles y fuentes de los datos.

RESULTADOS

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos con tres modelos diferentes de RLO en el año 1994. En el modelo 1 se observa que la distancia PEIN, los usos del suelo y el índice GED presentaban una curva ROC de 0,58. De él se desprende que las variables introducidas no eran muy explicativas de la existencia de los puntos de ignición. Analizando el mapa de usos del suelo ninguna clase mostraba una significativa presencia de puntos de ignición. Por lo tanto, la hipótesis de que la mayoría de los puntos de ignición se ubicaban en determinados usos del suelo (monte bajo y prados, etc.) no se pudo aceptar. Tampoco se pudo establecer la incidencia de los puntos de ignición respecto a los valores del GED ya que mostraba una correlación muy baja; así que la distribución de los puntos de ignición era independiente de un valor positivo o negativo del GED. Finalmente, la distancia PEIN tampoco parecía ser muy explicativa a pesar de ser la variable con mayor peso de las tres.

En el modelo 2 (tabla 2) se efectuó la introducción de las variables distancia a la red viaria y NDVI, en lugar de los “usos del suelo” y del GED, con el consecuente aumento de la curva ROC de 0,58 a 0,63. La distancia a la red viaria introduce el concepto de presión antrópica sobre el territorio mientras que el NDVI se mostró más significativo para relacionar el estrés hídrico con los puntos de ignición que respecto el GED. Sucesivamente, se obtuvo el modelo 3 con la introducción de las variables distancia de la superficie urbanizada y el MDE. A través de la curva ROC este modelo se convirtió en el más significativo, con un valor de 0,68 en el año 1994. Los coeficientes de regresión parcial correspondientes a la RLO aparecieron con signo negativo, indicando la relación inversa con las tres variables. Esto significa que a mayor distancia de la superficie urbanizada y de la red viaria y a mayor altitud la probabilidad de riesgo de ignición disminuye.

Para efectuar la comparación temporal se han desarrollado los mismos tres modelos, antes descritos, también para el año 2003 (tabla 3). Los coeficientes de regresión parcial correspondientes a la RLO también aparecieron con signo negativo, indicando la relación inversa con las tres variables. El comportamiento del valor ROC es similar al del año 1994, con un primer modelo menos explicativo que el resto y siendo el último el más explicativo. Los resultados muestran en general valores ROC mayores que en el año 1994, siendo 0,76 el valor más elevado de todos ellos. Resulta, pues, determinante la proximidad de las infraestructuras viarias y de la superficie urbanizada que, efectivamente, en la zona de estudio sufre desde el censo de 1991 al de 2001 una expansión relevante (Nasarre y Badia, 2006). La figura 2 muestra el mapa final con la probabilidad de ignición resultado del modelo 3 del año 2003. Se puede observar los valores más bajos en el centro de las zonas más forestales así como los valores más elevados situados alrededor de las infraestructuras.

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Distancia PEIN	Distancia PEIN	MDE
Usos del suelo 1993	NDVI	Distancia Superficie Urbanizada 1991
GED	Distancia redes viaria	Distancia redes viaria
ROC: 0.58	ROC: 0.63	ROC: 0.68

Tabla 2: Modelos de probabilidad de ignición, año 1994.

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Distancia PEIN	Distancia PEIN	MDE
Usos del suelo 2002	NDVI	Distancia Superficie Urbanizada 2001
GED	Distancia redes viaria	Distancia redes viaria
ROC: 0.63	ROC: 0.68	ROC: 0.76

Tabla 3: Modelos de probabilidad de ignición, año 2003.

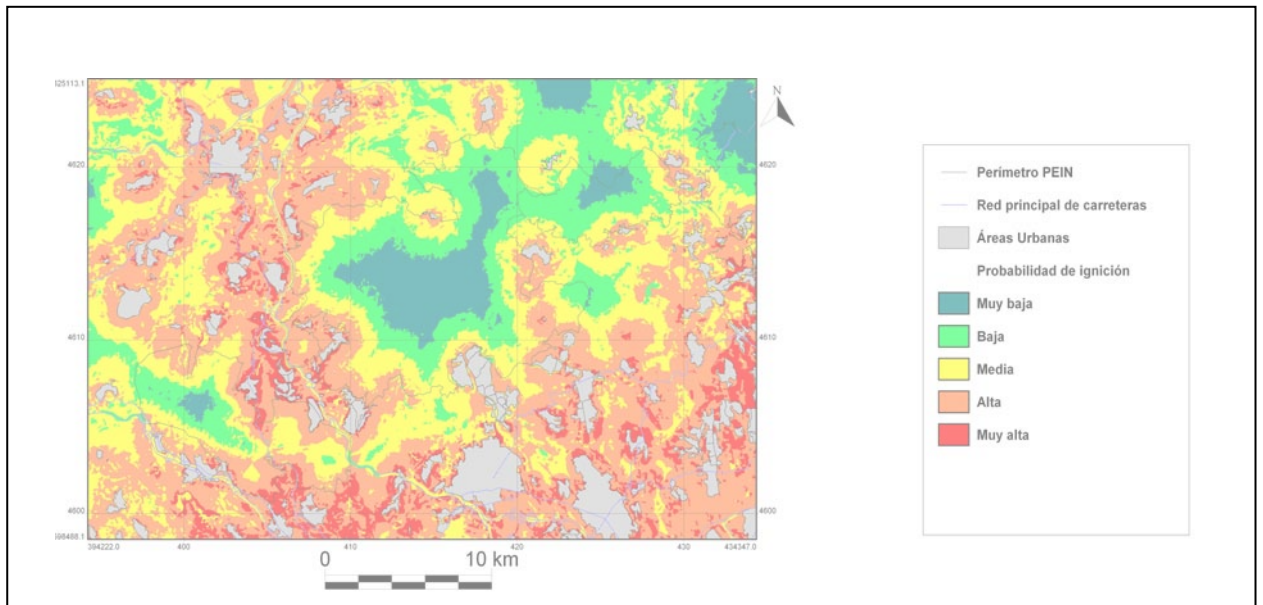


Figura 2: Mapa de probabilidad de ignición resultante del modelo 3 del año 2003. Fuente Elaboración propia.

La figura 3 muestra los resultados obtenidos entre la probabilidad de ignición y la distancia de la superficie urbanizada de los valores del 1994 y del 2003. En distancias inferiores a 1700 m el valor de probabilidad es superior en el 2003, mientras que se obtiene un punto de cruce en el valor de probabilidad de 0,6 después del cual a mayores distancias la curva del 1994 muestra una probabilidad más elevada. Similar comportamiento se observa en la figura 4 donde se relaciona la probabilidad de ignición en función de la distancia de la red de carreteras principales. En este caso la pendiente para el año 2003 es más pronunciada (típica de la RLO), mostrando en distancias inferiores a 1700 m probabilidades mayores al 1994. Finalmente, la figura 5 muestra la relación entre la probabilidad de ignición y la altitud, mostrando que la probabilidad de ignición es siempre más elevada en el 2003 independientemente de la altitud. En 1994 las probabilidades superiores a 0,5 aparecían alrededor de los 400 m de altitud, mientras que en el año 2003 estas se producían alrededor de los 600 m. En consecuencia en el año 2003 se producía un significativo incremento del riesgo. La figura 6 sintetiza los resultados obtenidos a través de un mapa en tres dimensiones entre la altitud y la probabilidad de ignición del modelo 3 del 2003. El color rojizo indica muy alta probabilidad, que se produce en las zonas de menor altitud, mientras que el color azul revela las zonas con una probabilidad muy baja, que corresponden a las mayores altitudes.

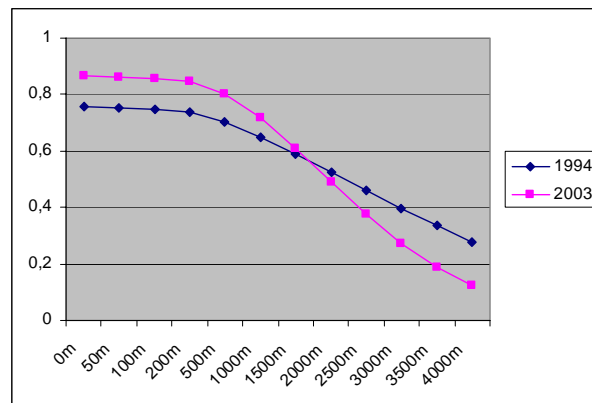


Figura 3: Gráfico de probabilidad de ignición en función de la distancia de la superficie urbanizada

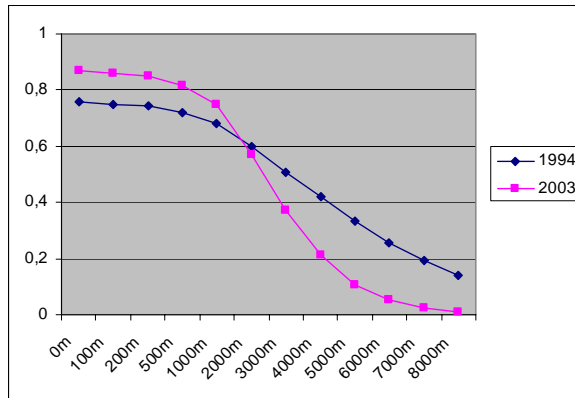


Figura 4: Gráfico de probabilidad de ignición en función de la distancia de la red de carreteras

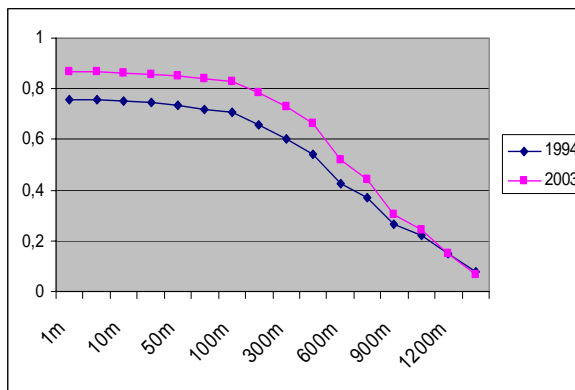


Figura 5: Gráfico de probabilidad de ignición en función de la altitud

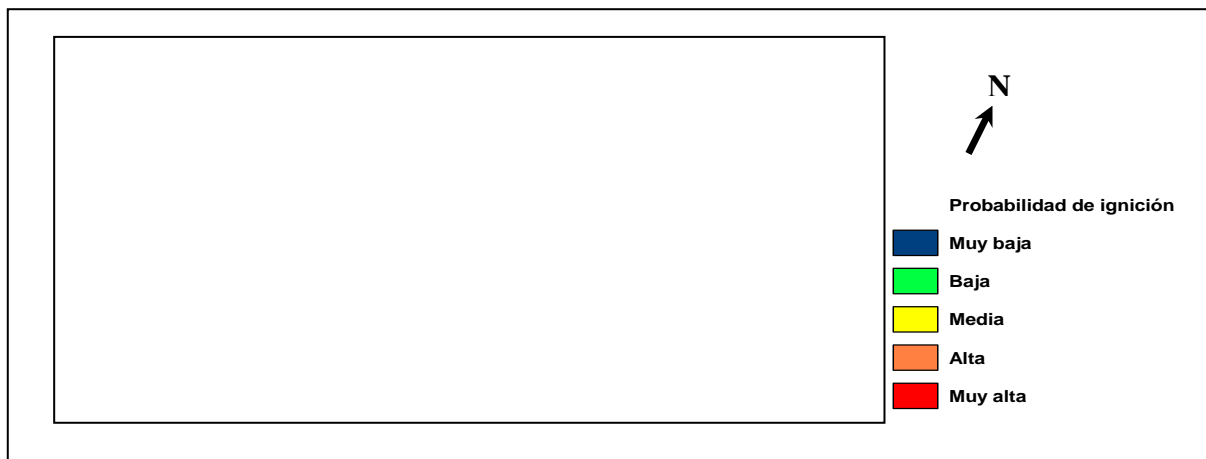


Figura 6: Mapa 3D de la combinación entre la altitud del área de estudio y de la probabilidad de ignición según el modelo 3 correspondiente al año 2003. Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

En este trabajo, la disponibilidad de una extensa base de datos de puntos de ignición (la variable dependiente) ha sido de especial interés ya que ha permitido la obtención de diversos modelos RLO para los dos años de estudio. En este sentido, el uso de esta base de datos mejora el análisis realizado a través de otras variables dependientes, por ejemplo, empleando cuadrículas o elementos poligonales ya que éstos pueden distorsionar los resultados (porcentajes de probabilidad) debido a una inadecuada generalización (en función de la escala y área de estudio entre otras razones).

Otro aspecto a destacar de este trabajo es la combinación de variables biofísicas y humanas introducidas en la RLO como variables independientes. Los indicadores biofísicos empleados en el cálculo de riesgo de incendios forestales, entre los cuales tienen mucha importancia los índices meteorológicos, constituyen una gran parte de los modelos europeos aplicados a grandes unidades territoriales (Joint Research Centre 2004). En nuestro caso, es de destacar que el modelo más explicativo se ha obtenido a través de dos variables relacionadas con la actividad humana, en concreto con la presencia de infraestructuras propias de la actividad humana (distancia a la superficie urbanizadas y a la red de carreteras principales) y con las características del medio físico (altitud). Estos resultados reafirman el carácter de interfase urbano-forestal del área de estudio. En consecuencia, mientras que en las grandes extensiones territoriales las variables biofísicas sirven para detectar situaciones extremas de alerta general, en las zonas de interfase urbano-forestal de las cuencas mediterráneas analizar unidades territoriales menores, identificando la influencia humana, puede ser más útil para una protección territorial realmente eficaz (Wooster et al., 1998).

Finalmente, los resultados muestran el incremento en el riesgo de probabilidad de ignición desde el año 1994 al 2003 en el área de estudio. En concreto se observa una mayor concentración de los puntos de ignición en las zonas más cercanas a la superficie urbanizada así como a la red de carreteras, incrementando el riesgo a la ignición. En consecuencia, fruto del modelo de urbanización dispersa, el citado incremento se produce en zonas cada vez más elevadas. Cabe destacar que en el año 1994 la concentración de los puntos de ignición era menor ya que la curva RLO era más suave y ya que en las zonas situadas a mayor distancia de las superficies urbanizadas y de la red de carreteras principales la probabilidad de ignición era mayor que en el 2003 (a partir de una probabilidad de 0,6 en ambos casos). En definitiva, se ha confirmado la adecuación de la RLO en la predicción de la probabilidad de ignición a través de variables explicativas. En el futuro, se intentará aplicar esta metodología a otras zonas de la cuenca mediterránea para efectuar una comparación espacial además de temporal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Afifi, A. y Clark, V. (1998): *Computer-Aided multivariate analysis*. Chapman & Hall, London, 455 pp.
- Badia, A., Pallarès, M. y Piñol, J. (2000): *La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i a la comarca del Bages durant el període 1987-1998*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Badia, A., Saurí, D., Cerdán, R. y Llurdés, J.C. (2002): La simulació dels incendis forestals al Bages com a mètode de planificació territorial de la prevenció i de l'extinció. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 53-54, pp. 81-97.
- Caballero, D. (2004): Gestión de los riesgos de incendios en la interfase forestal-urbana: Proyecto WARM. *IIº Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección contra los incendios Forestales*, Córdoba, España. pp.1-16.

- Cardille, A. J., Ventura, J.S. y Turner, M.G. (2001): Environmental and social factors influencing wildfires in the upper midwest, United States. *Ecological Application*, 11: 111-127.
- Chuvieco, E. y Martín, M.P.(Coord.) (2004): *Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales*. Consejo Superior de investigaciones Científicas, Madrid. 190 pp.
- Chuvieco, E., Martín, M.P., Martínez, J. y Salas, F.J. (1998): Geografía e incendios forestales. *Serie Geográfica* 7: pp. 11-17.
- Departament de Medi Ambient, (1996): *PEIN Pla d'espais d'interès natural*. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- Joint Research Centre (2004): *Assessment of fire damages in the EU Mediterranean countries during the 2003 Forest Fire Campaign*. European Communities, Italia, 39 pp.
- Illera, P., Fernández A. y Delgado, J.A. (1996): Temporal evolution of the NDVI as an indicator of forest fire danger. *International Journal of Remote Sensing*. 17: 1093-1105.
- Manzo-Delgado, L. Sánchez-Colón, S. y Álvarez R. (2007): Multitemporal analysis of NDVI and land surface temperature for modeling the probability of forest fire occurrence in central Mexico. *IV International workshop on the analysis of multitemporal remote sensing*. Leuven, Belgium. Pp. 177-181.
- Nasarre, E. y Badia, A. (2006): Una aproximación al crecimiento de áreas urbanas a través de fotografía aérea y de sistemas de información geográfica. La ciudad de Terrassa como caso de estudio. *Cuadernos Geográficos*, 039: 185-201.
- Nelson, R. (2001): *Forest fires: behavior and ecological effects*. Johnson and Miyanishi, editors. San Diego, 90 pp.
- Pew, K.L. y Larsen, C.P.S. (1999): "GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada". *Forest ecology and Management*, 140: 1-18
- Romanelli, S., Maselli, F., Bottai, L. y Zippoli, G. (1998): Stima del rischio d'incendi Boschivi a scala regionale tramite GIS e dati telerilevati. *IIª conferenza ASITA*, Bolzano, Italia. pp. 6
- Varnes, D.J. y International Association of Engineering Geology Commission on Landslides (1984): *Landslide Hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, París, 63 pp.
- Vega, C., Woodard, P.M., Titus, S.J., Adamowicz, W.L. y Lee, B.S. (1995): A logit Model for predicting the daily occurrence of human caused forest fires. *International Journal Wildland Fire*. 101-111.
- Vidal, A. y Devaux-Ros, C. (1995): Evaluating forest fire hazard with a Landsat TM derived water stress index. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77 : 107-224.
- Vilar, L., Gomez, I., Martín, M.P. y Martínez, F.J. (2007): Análisis comparativo de diferentes métodos para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestales. *Wildfire -Sevilla*, pp.1-27

Wooster, M.J., Ceccato, P. y Flasse, S.P. (1998): Indonesian fires observed using AVHRR. *International Journal of Remote Sensing*.19 (3): 383-386