

PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN LA INTERFAZ URBANO-FORESTAL DE TORIL (CÁCERES)

Fernando Ladislao Moreno Collado, R. Fortes Gallego y Manuel Moya Ignacio

Universidad de Extremadura. Centro Universitario de Plasencia. Avda. Virgen del Puerto 2. 10600-PLASENCIA (Cáceres, España). Correo electrónico: lamoreno@unex.es

Resumen

Los incendios forestales son, por desgracia, una grave amenaza no sólo para muchos ecosistemas existentes en la naturaleza sino también para las poblaciones cercanas a grandes masas de vegetación. Su incidencia se agudiza especialmente en la época estival, en la que se registran las temperaturas más altas del año y las precipitaciones, por el contrario, escasean. En este estudio se han analizado los combustibles presentes en un área de estudio de un kilómetro de radio alrededor del núcleo urbano del municipio de Toril, situado en la provincia de Cáceres. Se trata de un municipio ubicado en plena dehesa extremeña, lindando con el Parque Nacional de Monfragüe. Se ha determinado tanto el riesgo de incendio existente en el mismo, como los tipos de combustibles presentes en el área de estudio para, a partir de ellos, y con el empleo de un programa de simulación de incendios forestales, determinar cómo se propaga el mismo desde algunos puntos con alta probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal hasta alcanzar el núcleo urbano. Se proponen las medidas que se recomienda llevar a cabo para evitarlo, salvaguardando a la población residente en dicho municipio.

Palabras clave: *Medidas preventivas, Simulación, FARSITE, Riesgo*

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son, por desgracia, noticia todos los años, si bien su incidencia es especialmente frecuente a lo largo del período estival en la mayoría de los países del mundo. En ese sentido, deben destacarse, por su extensión, los incendios que se producen en lugares como Siberia o el Amazonas, que pueden llegar a alcanzar varios millones de hectáreas (CASTELLNOU, 2006), si bien en otros países, como España, este problema también se da aunque la superficie media arrasada por el fuego cada año no es comparable, en absoluto, con la citada anteriormente.

Según cifras oficiales (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2007), durante el año 2006 un total

de 138.493,89 hectáreas fueron pasto de las llamas en España, siendo la Comunidad Autónoma de Galicia la más afectada por éstos, tanto en lo que se refiere al número total de incendios forestales declarados, como en lo relativo a la superficie afectada. De ellas, 4.149,29 hectáreas correspondieron a la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Entre los condicionantes de los incendios forestales que se producen cabe distinguir los achacables a la climatología y meteorología, por un lado, y los estructurales, por otro, destacando, entre estos últimos, los ocasionados por la nula gestión forestal, el aumento de combustibilidad, el desdoblamiento rural o la cada vez más frecuente incursión de usos urbanos en zonas rurales sin ningún tipo de regulación (WWF/ADENA, 2006).

A lo largo de los años ha sido preocupación del hombre realizar estudios que le ayudaran a comprender las causas de los incendios forestales, así como a predecir el comportamiento del fuego en diferentes circunstancias (ADAMSON, 1935; LE HOUEROU, 1973; WHELAN, 1995). La tecnología, en ese sentido, ha contribuido a lograr dicho objetivo, como lo demuestran los estudios realizados recurriendo a la teledetección (DÍAZ-DELGADO Y PONS, 1999), los sistemas de información geográfica (CHUVIECO, 1996) o simulaciones con aplicaciones informáticas (FINNEY, 1999). La experiencia ha demostrado que el uso combinado de todas estas técnicas contribuye a mejorar sensiblemente la eficacia de la gestión de los incendios forestales una vez que se han declarado éstos.

Por otra parte, si bien los estudios a que se ha hecho referencia en el párrafo anterior estaban referidos a incendios forestales ocurridos en zonas en las que la tasa de ocupación humana es muy pequeña, en los últimos años se ha intensificado la preocupación por los incendios forestales producidos en la interfaz urbano-forestal. Entre los principales trabajos cabe destacar los realizados por THOMAS (1994), KALABOKIDIS & OMI (1994) y COHEN & SAVELAND (1998). Para este tipo de estudios también son útiles las técnicas comentadas anteriormente, como se desprende de los trabajos llevados a cabo por KALABOKIDIS (2000) y CABALLERO (2001).

En España, y como consecuencia de las evacuaciones que hubo que llevar a cabo en diversas poblaciones afectadas por incendios forestales a lo largo del año 2003, se efectuaron una serie de recomendaciones tales como la creación de áreas cortafuegos en las proximidades de los núcleos urbanos, exigir unas condiciones mínimas en el planeamiento y construcción de viviendas, así como elaborar planes de prevención (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2003). En la actualidad casi ninguna de esas recomendaciones ha sido llevada a la realidad.

OBJETIVOS

Los principales objetivos perseguidos con la realización de este trabajo han sido los siguientes:

- Determinar los índices de riesgo de incendio en la zona de estudio.
- Realizar simulaciones de incendios forestales en las proximidades del núcleo urbano, en puntos en los que exista una alta probabilidad de ocurrencia de éstos, para conocer de qué manera se pueden propagar.
- Proponer medidas preventivas para evitar que esos incendios puedan llegar al casco urbano del pueblo objeto de estudio.
- Comprobar la idoneidad de las medidas propuestas mediante la realización de nuevas simulaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo se ha recurrido al empleo de FARSITE 4.0, un simulador de incendios forestales que, a diferencia de otros, como BEHAVE o CARDIN, ofrece la posibilidad de simular el fuego de copas, además del de superficie.

El procedimiento seguido para la realización del estudio comprendió, en primer lugar, la selección de un área de un kilómetro de radio alrededor del núcleo urbano de Toril, aproximadamente, por lo que la superficie de estudio fue de en torno a 600 hectáreas.

Una vez establecida la zona de trabajo se procedió a realizar el trabajo de campo consistente en describir las características de los combustibles existentes en las distintas parcelas ubicadas dentro del área de estudio, en la interfaz urbano-forestal. La identificación de dichos combustibles se llevó a cabo atendiendo a la clasificación establecida por ROTHERMEL (1972). Esta información era absolutamente necesaria para, posteriormente, llevar a cabo las simulaciones de los incendios forestales y poder prever así, con la información de partida, la evolución que seguirían éstos posteriormente.

Además de la determinación de los combustibles, también se anotó la parcela en la que éstos se encontraban, y la velocidad del viento en ese momento. Como información adicional se consideró la existencia de alguna construcción en la parcela objeto de estudio en cada momento describiendo, en caso de existir ésta, las características de los materiales utilizados en

la misma, así como la presencia de puntos de agua y de líneas eléctricas. Para realizar estas anotaciones se recurrió al empleo de un GPS.

Los modelos de combustible encontrados en la zona objeto de estudio fueron los siguientes:

- Modelo 1, rodeando el núcleo urbano, compuesto por especies herbáceas espontáneas que superan en ocasiones 1 metro de altura y están totalmente secas.
- Modelo 2, que es el más abundante en la zona, caracterizado por la presencia de dehesa salpicada de matorral en lugares muy concretos. La fracción de cabida cubierta no supera el 20% y la especie principal es *Quercus suber*.
- Modelo 3, localizado en zonas comprendidas entre la vía de ferrocarril y la margen derecha del arroyo "de Porqueriza". En ellas predomina el cultivo de cereal.
- Modelo 4, situado en el margen del río, compuesto por matorral heliófilo y *Populus nigra*.

Con los datos de campo ya recopilados se procedió, en primer lugar, a calcular los índices de riesgo siguiendo, para ello, las indicaciones del Plan Forestal de Extremadura (CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE EXTREMADURA, 2003). En ellas se aconseja calcular los índices de riesgo por frecuencia (F), riesgo por causalidad (C) y riesgo por combustibilidad (M), como sigue:

$$F = \frac{10000}{S} \cdot \sum \frac{n_{ij} \cdot P_j}{a} \quad [1]$$

Siendo:

F = índice de riesgo por frecuencia

S = superficie total

n_{ij} = número de incendios del tipo "j" registrados el año "i"

P_j = peso asignado al tipo de incendio "j"

a = número total de años de la serie de datos empleada

$$C = \sum \frac{n_{ij} \cdot P_j}{\sum n_i} \quad [2]$$

Siendo:

C = Índice de riesgo por causalidad

n_{ij} = número de incendios del tipo "j" registrados el año "i"

p_j = peso asignado al tipo de incendio "j"

a = número total de incendios registrados en el año "i"

$$M = \sum \frac{s_j \cdot P_j}{S} \quad [3]$$

Siendo:

M = Índice de riesgo por combustibilidad

s_j = superficie del área de estudio ocupada por el combustible del tipo "j"

S = superficie total del área de estudio

Finalmente se obtiene a partir de los tres índices anteriores el índice de riesgo local de incendios (RI) como:

$$RI = F \cdot C \cdot M \quad [4]$$

A continuación se procedió a llevar a cabo las simulaciones necesarias recurriendo al empleo del programa informático FARSITE 4.0. La información que se necesitaba introducir inicialmente para trabajar con él fue la siguiente: modelos de combustible presentes en el área de estudio, elevación del terreno, pendiente y orientación del mismo, cobertura de copas y climatología, incluyendo, para esta última, los datos referidos a precipitaciones, temperaturas, humedad, vientos (velocidad y dirección) y nubosidad. Como información adicional, no obligatoria, puede introducirse la relativa a la altura media de los árboles, que se tomó como constante con un valor de 8 metros, al ser el alcornoque la única especie arbórea presente en la zona de estudio, la altura media de la primera rama, considerada, al igual que en el caso anterior, como constante con valor de 3 metros para el alcornoque, la densidad aparente de la copa, también considerada constante de 0,20 kg.m⁻³, valor referido a las quercíneas, al ser el único dato disponible, y la fracción de cabida cubierta, tomando para ésta un valor generalmente aceptado del 20%.

Basándonos en los datos meteorológicos proporcionados por la estación meteorológica de Casatejada (Cáceres), la más próxima a la zona de estudio, a 11 km de distancia, que presenta características orográficas similares a las de Toril, es decir, una zona bastante plana con escasa variabilidad climática, se consideraron las siguientes condiciones meteorológicas para, a partir de ellas, proceder a realizar las simulaciones correspondientes: temperatura máxima de 42° C y mínima de 18° C, humedad máxima del 58% y mínima del 8% y velocidad del viento de 11 km.h⁻¹. Estos

datos se registraron el día 7 de agosto de 2005, que fue el más favorable, de entre todos aquéllos de los que se disponía información, para la expansión de un incendio forestal.

Finalmente, antes de proceder a realizar las simulaciones correspondientes se estimó por parte del equipo de investigación que prenden un 5% de las pavesas generadas por el incendio, considerando un retardo en su ignición de 1 minuto.

Las simulaciones se realizaron desde 2 puntos diferentes: un merendero, situado a 400 metros al oeste del pueblo, al que se accede a través de un camino vecinal no asfaltado, y la vía férrea, situada a unos 700 metros al sur del pueblo. En ambos casos el incendio se inició a las 11 de la mañana y finalizó a las 11 de la noche, es decir, tuvo una duración total de 12 horas. De ellos, el más desfavorable, a tenor de la superficie arrasada por el fuego, fue el primero, en el que ardieron un total de 216,47 ha, frente a las 146 ha quemadas desde la vía férrea. Además, desde el merendero el perímetro quemado alcanzó una extensión de 8 km, frente a los 7,5 km correspondientes a la simulación llevada a cabo desde el segundo punto. Por lo tanto, los resultados que se muestran a continuación, así como las propuestas realizadas, están referidos exclusivamente a las simulaciones llevadas a cabo desde el merendero.

RESULTADOS

Con los datos disponibles para la zona de estudio se obtuvo que el riesgo por frecuencia (F) fue de 1,29, considerado como bajo, el de causalidad (C) de 4,96 (alto) y el de combustibilidad (M) de 9,87 (grave), por lo que el riesgo local de incendios fue de 63,15, que corresponde a la categoría 1, considerada como riesgo local moderado.

En lo que a las simulación realizada se refiere, en la figura 1 se puede apreciar cómo se ha producido la expansión del incendio forestal en el momento de finalizar ésta, 12 horas después de haber comenzado.

De manera general, en las parcelas dominadas por el modelo de combustible 2 (dehesa y matorral) el fuego se ha extendido de manera más retardada de lo que lo ha hecho en parcelas ocupadas por otros combustibles, si bien la superficie total quemada en zonas en la que dicho combustible estaba presente fue de 131,73 ha. La ralentización en la evolución del fuego en este combustible se ha debido a la discontinuidad que presentan las copas de los árboles, el estado en el que se encuentra el pasto, controlado de manera natural por el pastoreo del ganado, así como la escasa evolución experimentada por el matorral heliófilo por el mismo motivo que se ha comentado en el caso anterior.

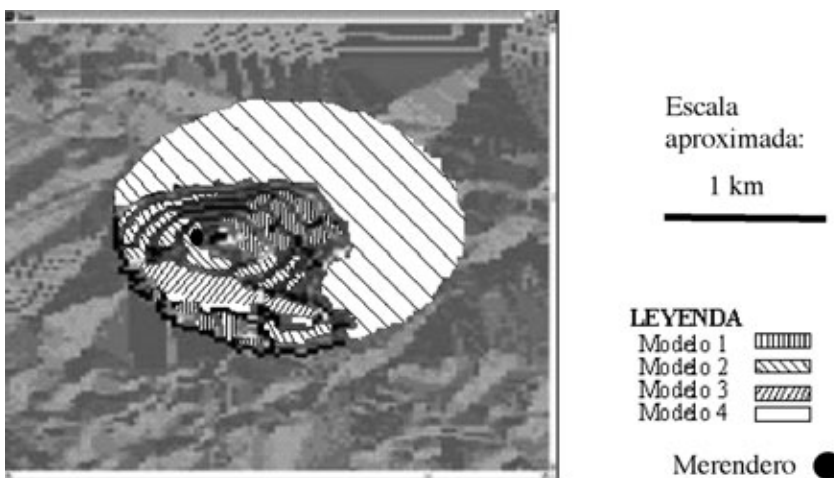


Figura 1. Finalización del incendio forestal iniciado en el merendero. Puede apreciarse cómo el fuego se ha expandido desde el merendero principalmente hacia el este y el sur, llegando al casco urbano a través de los distintos modelos de combustible presentes

A tenor de los resultados obtenidos se puede decir que la discontinuidad leñosa, así como la escasa presencia de pasto seco y hojarasca han contribuido a evitar la progresión del fuego, siendo, por lo tanto, efectivos a la hora de minimizar los daños producidos por éste.

Por su parte, en las parcelas en las que el modelo de combustible 1 (especies herbáceas secas) estaba presente el fuego se ha extendido a gran velocidad, a pesar de que su intensidad no era muy alta, facilitando, así, la llegada de éste a la zona urbana, lo que pone de manifiesto la peligrosidad del mismo en las proximidades de la población. La superficie total quemada para este combustible fue de 49,66 ha.

Las parcelas dominadas por el modelo de combustible 3 (cereal) han ardido en su totalidad. Se puede decir, a partir de la evolución seguida por el incendio, que de los diferentes combustibles presentes en la zona de estudio ha sido con éste con el que se ha logrado la mayor intensidad del fuego y con el que la velocidad de propagación del mismo ha sido mayor. La superficie quemada ha sido de 26,37 ha.

Finalmente, en las parcelas con presencia del modelo de combustible 4 (matorral heliófilo y *Populus nigra*) se ha comprobado cómo el cauce del río, que debería haber actuado de cortafuegos natural, no ha sido impedimento alguno para el avance del fuego. Esto se debe a que la presencia combinada de arbolado y matorral favo-

rece la rápida propagación del fuego, alcanzando éste una gran intensidad y velocidad. Las llamas en estas parcelas registraron una magnitud considerable gracias a la humedad del combustible vivo. En esta zona la superficie quemada ha sido de 8,71 ha.

La explicación proporcionada en los párrafos anteriores queda corroborada con la forma de la curva que se puede observar en la figura 2, en la que se muestra la evolución del área quemada durante la simulación.

Como se puede observar, la forma de la curva se asemeja a una exponencial creciente, presentando concavidad en las zonas en las que el fuego atraviesa el modelo de combustible 2, en el que, como se puede ver, se ha iniciado el incendio.

PROPUESTAS

A partir de los resultados obtenidos se proponen las siguientes actuaciones encaminadas a minimizar el peligro representado por el fuego en las proximidades del núcleo de población:

- Realizar un gradeo en toda la superficie de las parcelas dominadas por el modelo de combustible 1.
- Desbrozar el material y favorecer, así, el establecimiento de especies pratenses destinadas a la alimentación de ganado, en las zonas con presencia del modelo de combustible 2.

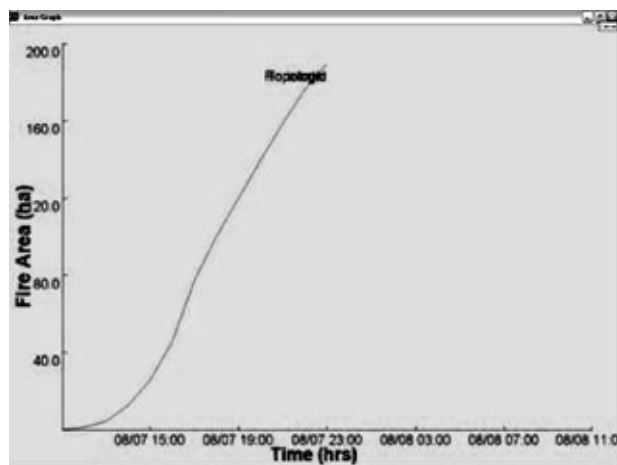


Figura 2. Evolución de la superficie quemada (en ha) durante el incendio (12 horas)

- Eliminar la vegetación existente en los márgenes de la vía férrea, dejando un perímetro de seguridad libre de 3 metros de anchura, para evitar el riesgo que suponen las chispas que se producen por la fricción de las ruedas del tren con las vías.
- Desbrozar el material heliófilo presente en los márgenes del arroyo “De Porquerizas”
- Gradear el perímetro exterior de las parcelas cultivadas con cereal y que lindan con la vía férrea para mantenerlo libre de vegetación.
- Eliminar la cubierta vegetal existente en las cunetas de la carretera C-511, que atraviesa de norte a sur la zona de estudio.

RESULTADO DE LAS PROPUESTAS

Con la ejecución de las propuestas realizadas se modificarían los modelos de combustible presentes en la zona, por lo que los resultados obtenidos en la nueva simulación son los siguientes:

La extensión del incendio se ha producido en una superficie de tan sólo 3 ha, afectando únicamente a parcelas con presencia de los combustibles 1 y 2, con velocidad de propagación lenta y avanzando sólo en dirección oeste. Además, el perímetro del incendio ha sido de 800 metros y el fuego no ha alcanzado, en esta ocasión, el núcleo urbano, como sucedía anteriormente.

La figura 3 muestra la evolución del perímetro quemado de manera horaria.

CONCLUSIONES

Las medidas correctoras contribuyeron a reducir en 213 hectáreas, equivalente al 99%, la superficie quemada por el fuego, lo que indica claramente la idoneidad y efectividad de las mismas.

A tenor de los resultados obtenidos se puede decir que la dehesa constituye, por sí sola, un entorno eficaz para frenar la propagación de los incendios forestales. Por este motivo desde el principio se planteó la necesidad de mantener su estructura pero mejorándola con la realización de actuaciones puntuales sobre el estrato herbáceo. En ese sentido, el desbroce del matorral heliófilo presente en la dehesa permitió lograr el objetivo propuesto.

El simulador de incendios utilizado permite efectuar una comprobación de la viabilidad de las diferentes propuestas realizadas en aras de prevenir los incendios forestales, facilitando, así, la minimización del impacto ambiental y visual de dichas actuaciones.

Las carreteras, caminos y arroyos se han mostrado como barreras fijas muy eficaces de cara a favorecer la lucha contra incendios.

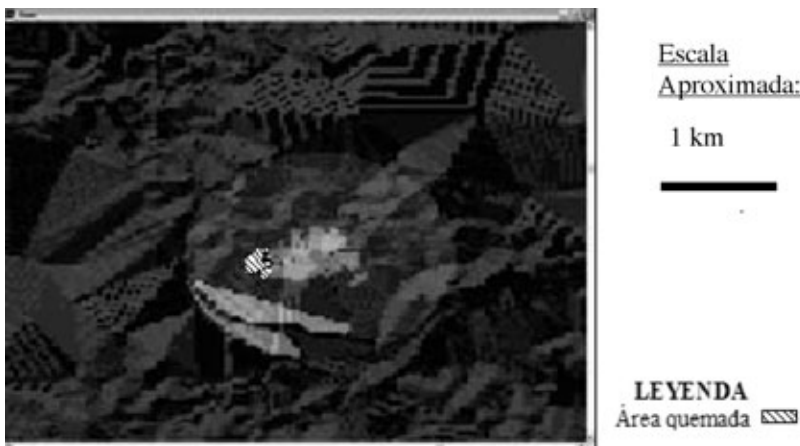


Figura 3. Evolución del perímetro quemado tras ejecutar las propuestas realizadas. Se puede observar cómo el avance del fuego, correspondiente al área quemada, queda impedido en las proximidades del casco urbano, situado hacia el centro de la figura en color más claro, demostrando la idoneidad de las medidas propuestas

Gracias a ellos se podría reducir el número de fajas auxiliares y de cortafuegos que habría que crear y que, por desgracia, en muchas ocasiones acarrearán efectos perjudiciales en el medio forestal, tales como favorecer los procesos erosivos, deterioro del paisaje, etc. Además, el gradeo en márgenes de carreteras y perímetros de seguridad minimiza su impacto visual durante gran parte del año, a excepción del período estival.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura por financiar el proyecto de investigación con referencia 2PR04C005.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMSON, R.S.; 1935. The plant communities of Table Mountain. III. A six years study of regeneration after burning. *J. Ecol.* 23: 44-55.
- CABALLERO, D.; 2001. Particularidades del incendio forestal en el interfaz urbano. Caso de estudio en la Comunidad de Madrid. *En: II Jornadas de Prevención de Incendios Forestales*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid. Madrid.
- CASTELLNOU, M.; 2006. Modelos de extinción de grandes incendios forestales. *En: 4ª Conferencia mundial sobre prevención y extinción de incendios forestales – regeneración de zonas afectadas – aprovechamiento forestal – seguridad en los trabajos*. Braga. (Portugal).
- CHUVIECO, E.; 1996. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *Geog. Inf. Sys.* 10(3): 333.
- COHEN, J. & SAVELAND, J.; 1998. Structure ignition assessment can help reduce fire damages in the Wildland-Urban Interface. *Fire Management Notes* 57(4): 19-23.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE EXTREMADURA; 2003. Plan Forestal de Extremadura. *DOE* 1, de 2 de enero de 2003.
- DÍAZ-DELGADO, R. Y PONS, X.; 1999. Empleo de imágenes de teledetección para el análisis de los niveles de severidad causados por el fuego. *Revista de Teledetección* 12: 1-5
- FINNEY, M.A.; 1999. *Spatial modeling of post-frontal fire behaviour. Systems for environmental management*. Final Report RMRS-99557-RJVA. Missoula, MT
- KALABOKIDIS, K.D.; 2000. GIS uses in fire management of the natural environment. *In: Proceedings of the International Symposium on Protected Natural Areas and Environmental Education*: 321-327. Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest. Sigri, Lesvos.
- KALABOKIDIS, K.D. & OMI, P.N.; 1994. Managing forest fire fuels in the urban interface. *In: Proceedings del 2ª International Conference on Forest Fire Research* 2: 723-731. ADAI. Coimbra.
- LE HOUEROU, H.N.; 1973. Fire and Vegetation in Mediterranean basin. *In: Proceedings of the 13ª Annual Tall Timber Fire Ecology Conference* 13: 237-277.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE; 2007. *Incendios forestales en España. Año 2006. Avance Informativo*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid.
- ROTHERMEL, R.C.; 1972. *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*. USDA Forest Service. Res Pap INT-115.
- THOMAS, P.; 1994. Some thoughts from a study of fires in buildings. *In: Proceedings del 2ª International Conference on Forest Fire Research* 1: 49-50. ADAI. Coimbra.
- WHELAN, R.J.; 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press. Cambridge.
- WWF/ADENA; 2006. *Grandes incendios forestales: causas y efectos de una ineficaz gestión del territorio*. WWF/ADENA. Madrid.