

Determinación del riesgo de Incendio y propuestas de prevención en la interfaz urbano-forestal de Descargamaría (Cáceres)

Fernando Ladislao Moreno¹, Juan José Mateos, Manuel Moya¹

Resumen

En este trabajo se ha realizado el estudio de un área de 1 kilómetro de radio alrededor del casco urbano del municipio cacereño de Descargamaría con el fin de determinar los combustibles existentes en la misma. Dicha determinación se realizó atendiendo a la clasificación de modelos de combustible propuesta por Rothermel debido a su carácter práctico y su sencillez de manejo. Con esta información, se pudo calcular el índice de riesgo local de incendio, obteniéndose un riesgo alto para el área de estudio.

Una vez realizada la tarea anterior, y partiendo de la información cartográfica contenida en un modelo digital del terreno del municipio objeto de estudio, así como de la información meteorológica de los últimos años facilitada por la estación más próxima al municipio objeto de estudio, se recurrió al empleo de un sistema de información geográfica. En esta ocasión, el programa elegido fue ArcView 3.2, pues resulta adecuado para elaborar la información que precisa el simulador de incendios forestales FARSITE 4.0. Esta última aplicación fue seleccionada por sus buenas prestaciones, al permitir analizar los fuegos de copas, aspecto que no permiten analizar otras aplicaciones de naturaleza similar a ésta. Con FARSITE ha sido posible simular la evolución que seguirá un incendio forestal a partir de una serie de parámetros que se han fijado inicialmente pero que, posteriormente el propio programa puede ir variando. Para llevar a cabo el estudio correspondiente se seleccionaron diversos puntos localizados en el interior del área de estudio con la condición de que en ellos la probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal fuera elevada. Una vez seleccionados esos puntos e introducida la información de partida para la ejecución del programa, se estudió la evolución que experimentarían los incendios forestales que hipotéticamente se pudieran producir. A partir del análisis de dicha evolución fue posible proponer las medidas de prevención que se aconsejan adoptar en dicho municipio para evitar la evacuación de la población residente en el mismo.

Se pretende, así, reducir la sensación de inseguridad por riesgo de incendio que pueden tener los habitantes de Descargamaría, al encontrarse rodeado de una gran masa forestal.

Introducción

Ante las situaciones dramáticas que se viven cada año en todos los países con motivo de la aparición de incendios forestales, especialmente durante la época estival, se hace preciso proponer medidas encaminadas a minimizar las consecuencias que se derivan de éstos cuando se producen.

Aunque nos parezca extraño, a nivel mundial los principales incendios forestales se localizan lejos de nuestro país destacando, por su extensión, los que se producen

¹ Profesores, Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal, Centro Universitario de Plasencia, Titulación de Ingeniería Técnica Forestal, Universidad de Extremadura, Avda. Virgen del Puerto nº 2, 10600 Plasencia (Cáceres), España.
E-mail: lamoreno@unex.es; manuelmi@unex.es

en zonas tan dispares como Siberia o el Amazonas (Castellnou, 2006). Sin embargo, aunque su extensión es bastante menor, la práctica totalidad de los países del mundo sufren en mayor o menor medida las consecuencias de los incendios forestales y España, en ese sentido, no es una excepción.

En nuestro país, durante 2005 un total de 188.672 hectáreas fueron arrasadas por el fuego como consecuencia de los 25.492 siniestros registrados (Ministerio de Medio Ambiente, 2006). De ellas, 69.350 ha correspondieron a superficie arbolada, mientras que las 119.322 ha restantes fueron de superficie desarbolada. En los últimos 12 años, esta cifra sólo había sido superada en el año 1994, durante el cual ardieron 437.635 ha y, aunque aún no se dispone de cifras oficiales, a lo largo del año 2006 se han sucedido nuevos incendios, siendo Galicia la Comunidad Autónoma más afectada tanto por el número incendios padecidos como por la superficie total arrasada por los mismos.

En lo que a la Comunidad Autónoma de Extremadura se refiere, la superficie total arrasada por el fuego durante 2005 fue de 18.258,17 ha, de las que 17.582,22 ha correspondieron a zonas forestales y 675,95 ha se localizaron en zonas no forestales (Ministerio de Medio Ambiente, 2006).

Según WWF/Adena (2006), detrás de los grandes incendios forestales intervienen dos tipos de condicionantes, los debidos a la climatología y meteorología, por un lado, y los estructurales, por otro, motivados estos últimos, fundamentalmente, por la ausencia de gestión forestal, el aumento de combustibilidad, el despoblamiento rural o la penetración desordenada de usos urbanos en la zona rural.

En lo que se refiere a los estudios realizados sobre incendios forestales, en la región mediterránea los efectos producidos por los incendios forestales dependen, básicamente, de la influencia del pastoreo, del aclareo, de las actividades de quema, así como de las diferentes respuestas de la vegetación al tipo de intensidad de cada fuego, la época en la que ésta tiene lugar y la frecuencia con la que se realiza la quema (Le Houerou, 1973). Por su parte, Whelan (1995) consideró que las diferentes intensidades de los incendios forestales eran debidas a la carga y características del combustible existente, las condiciones meteorológicas reinantes en el momento del incendio y la topografía de la zona.

Al hablar de incendios forestales se hace referencia, normalmente, a aquéllos que se producen en zonas con muy baja tasa de ocupación humana. Las características de este tipo de incendios son bastante conocidas desde hace muchos años (Adamson, 1935; Anderson, 1964; Albini, 1976; Van Wagner, 1977). A estos avances ha contribuido, sin duda, la tecnología. Así, en la actualidad es bastante frecuente recurrir al empleo de la teledetección (Díaz-Delgado y Pons, 1999; Brandis y Jacobson, 2003), de sistemas de información geográfica (Chuvieco, 1996; George y otros, 1999), de modelos matemáticos de creciente complejidad (Andrews y otros, 2003) o a aplicaciones informáticas capaces de predecir la evolución de un incendio rigiéndose por diferentes variables analizadas (Finney, 1999; Keane y otros, 2000). Sin duda, el uso combinado de todos ellos contribuye a mejorar la eficacia de la gestión de un incendio forestal una vez que éste se ha declarado.

Frente a este tipo de incendios a los que se ha hecho referencia en el párrafo anterior, es cada vez mayor el interés que despiertan entre los investigadores de todo el mundo los incendios producidos en la zona de interfaz urbano-forestal. Los principales esfuerzos han sido destinados a lograr una correcta disposición y construcción de viviendas (Thomas, 1994; Cohen y Saveland, 1998) y a preparar

zonas defendibles (Kalabokidis y Omi, 1994). Sin embargo, parece ser que en Europa las estrategias de protección no están dando los resultados esperados (Cartalis y Eftichidis, 1990; Kalabokidis y Omi, 1994). Según Vélez (2000), muchos de los incendios que se declaran en esta zona y que pueden ser origen de grandes incendios forestales están relacionados con la transformación a uso urbano, la expansión de los usos recreativos en el área forestal y los basureros mantenidos con fuego. A pesar de que los estudios realizados en esta zona de interfaz son relativamente recientes, cada vez se van realizando más trabajos utilizando herramientas informáticas similares a las comentadas anteriormente (Kalabokidis, 2000; Caballero, 2001).

En España, en el año 2003, una vez conocidos los datos sobre incendios forestales (Ministerio de Medio Ambiente, 2003), con motivo de la evacuación que hubo que llevar a cabo en algunos municipios, se recomendó fervientemente la creación de zonas cortafuegos en las zonas próximas al núcleo urbano, la exigencia de una características mínimas adecuadas en el planeamiento y construcción de viviendas, así como la elaboración de planes de prevención. Sin embargo, casi nada se ha hecho en ese sentido desde entonces.

Objetivos

Los objetivos perseguidos con el trabajo propuesto fueron los siguientes:

- Determinación de los índices de riesgo de incendio a partir del trabajo de campo realizado.
- Simular, mediante el empleo de una aplicación informática adecuada, incendios forestales en zonas de la interfaz urbano-forestal 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 realizando nuevas simulaciones.

Material y Métodos

Para la realización del trabajo se utilizó la aplicación informática FARSITE 4.0. Se trata de una aplicación suficientemente contrastada que a diferencia de otras, como BEHAVE o CARDIN, permite simular el fuego de copas además del de superficie.

En lo que se refiere a la metodología seguida, en primer lugar se seleccionó un área de un kilómetro de radio, aproximadamente, alrededor del núcleo urbano con el que se limitó la zona de trabajo. Sin embargo, debido a las características orográficas de la zona, con presencia desigual de fuertes pendientes según diversas direcciones, la forma del área de estudio no fue circular, propia de un área llana, sino más bien parecida a una elipse (figura 1). Por ello, la superficie final de estudio estuvo comprendida entre 425 y 450 hectáreas.

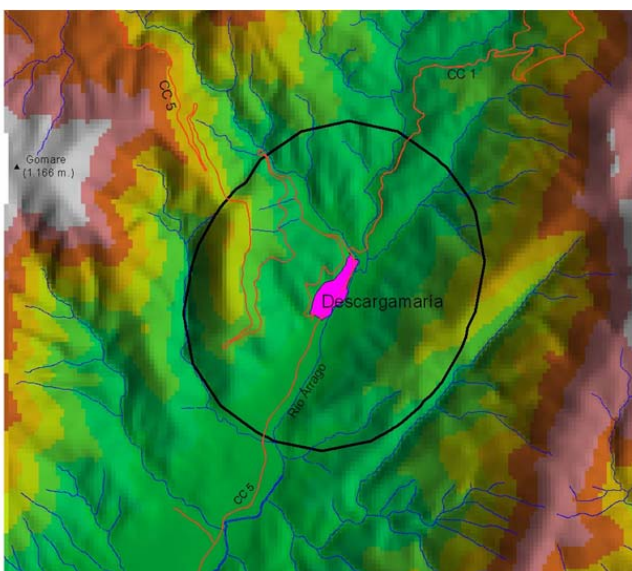


Figura 1—Forma del área de estudio del municipio de Descargamaría.

Así, una vez fijada ésta se llevó a cabo un minucioso trabajo de campo en el que se describieron las características de los combustibles que se encontraban en las parcelas ubicadas dentro de esa área, el cual corresponde a la interfaz urbano-forestal. Para determinar dichos combustibles se recurrió a la clasificación realizada por Rothermel (Rothermel, 1983), quien consideró la existencia de 13 modelos de combustible agrupados en cuatro categorías diferentes (pastos, matorral, hojarasca bajo arbolado y restos de corta y operaciones selvícolas). Por lo tanto, de los 13 modelos propuestos por Rothermel se identificaron los combustibles presentes en la zona de estudio pues sólo así es posible, posteriormente, definir el comportamiento del fuego.

Además de los combustibles, también se tomaron anotaciones sobre la parcela en la que éstos se encontraban, la hora a la que se produjo su determinación y la velocidad del viento, este último con la ayuda de un pequeño dinamómetro digital que se adquirió para el trabajo en cuestión. Asimismo, también se dejó constancia de la existencia de algún tipo de construcción en la parcela objeto de estudio en cada momento, determinando, en tal caso, las características de los materiales constructivos correspondientes, así como la presencia de puntos de agua y líneas eléctricas. En este último caso, se anotó su dirección con la ayuda de un GPS, al constituir un factor de riesgo a tener en cuenta.

Los modelos de combustible identificados en la zona de estudio de cara a los trabajos que se realizaron con FARSITE fueron los siguientes: modelo 0, correspondiente a rasos, caminos y cortafuegos, modelo 1, propio de los pastizales, modelo 2 con algunas variaciones, pues se encontraron olivares con pasto, labrados e invadidos por vegetación, modelo 4, encontrado en vaguadas, el modelo 5, correspondiente a matorral bajo, el modelo 6, asignado a matorral alto, el modelo 7, en los olivares bajo pinar, el 9, en pinar sin aclarar, el 11, en pinar aclarado o podado, el 13, debido a la presencia de una empresa maderera en la zona. Finalmente el modelo 14 se atribuyó al casco urbano.

Una vez obtenidos todos los datos procedentes del trabajo de campo se procedió, en primer lugar, a determinar los índices de riesgo correspondientes. Para ello, se han seguido las indicaciones del Plan Forestal de Extremadura (Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura, 2003), el cual recomienda calcular los índices de riesgo por frecuencia (F), riesgo por causalidad (C) y riesgo por combustibilidad (M), obteniendo, finalmente, el índice de riesgo local de incendios (RI) como:

$$RI = F \cdot C \cdot M$$

A continuación, una vez obtenidos dichos índices, se pasó a realizar las simulaciones mediante el programa FARSITE introduciendo, para ello, la información de los modelos de combustible previamente determinados, la elevación del terreno, así como la pendiente y orientación de éste, la cobertura de copas, además de los datos referidos a la climatología de la zona, como son precipitaciones, temperaturas, humedad, vientos y nubosidad). Además de éstos, como datos opcionales también se introdujeron los relativos a la altura media de las copas, la altura media de la base de las copas y la densidad aparente de éstas.

En lo que se refiere a las condiciones impuestas para realizar las simulaciones correspondientes, de los datos meteorológicos disponibles se seleccionaron los correspondientes al día 5 de agosto de 2005, en el que se registró una temperatura máxima de 42° C y mínima de 15° C, con una velocidad máxima del viento en ese mes de 30 km/h, con precipitación y nubosidad nulas y considerando una humedad que oscilaba entre un máximo del 50% y un mínimo del 14%.

De las cuatro simulaciones realizadas desde diferentes puntos (al norte, sur, este y oeste del casco urbano, la más desfavorable fue la que se realizó desde el norte, en la cual el punto de ignición se situó en una zona de matorral localizada junto a la carretera que conduce al término municipal de Robledillo de Gata. Por lo tanto, los resultados que se muestran en la siguiente sección, así como las propuestas que se realizan se refieren, por lo tanto, al incendio forestal simulado a partir de este punto.

Resultados

Como se ha comentado en la sección anterior, el riesgo por frecuencia en el término municipal de Descargamaría fue bajo, con un valor $F = 5$. Por su parte, el riesgo por causalidad fue alto ($C = 3$), en tanto que el riesgo por combustibilidad fue grave ($M = 2$). Por lo tanto, el índice de riesgo local de incendios fue $RI = 30$, el cual corresponde a un riesgo alto.

Con respecto a los resultados obtenidos a partir de las simulaciones realizadas, la figura 2 muestra cómo a las 14 horas de la simulación el fuego alcanza el núcleo urbano.

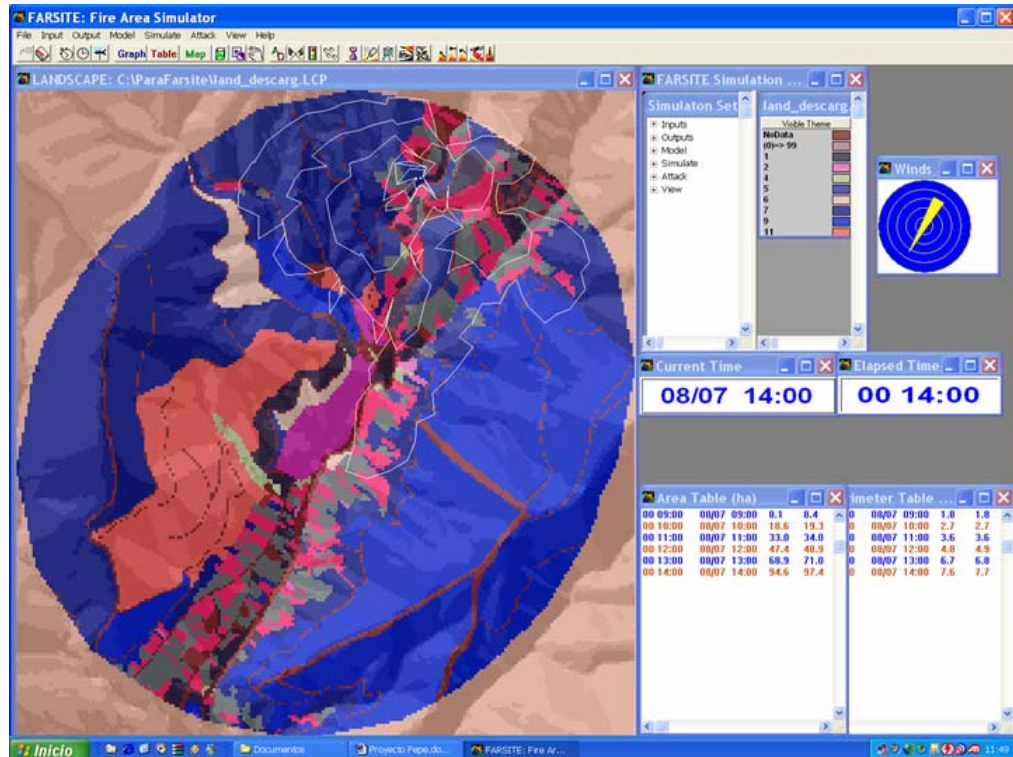


Figura 2—El incendio forestal alcanza el casco urbano.

La evolución experimentada por el incendio se manifiesta claramente en la figura 3, referida al área quemada. Como se puede apreciar en ella, allí donde el fuego encuentra un combustible con alta combustibilidad éste avanza rápidamente, en tanto que cuando se topa con uno con propiedades opuestas, éste se ralentiza.

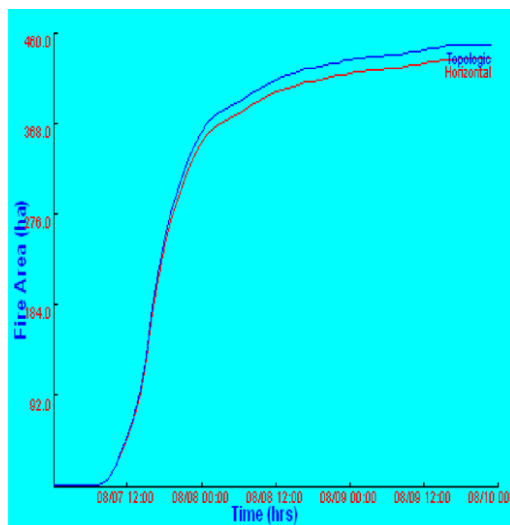


Figura 3—Evolución del área quemada durante el incendio.

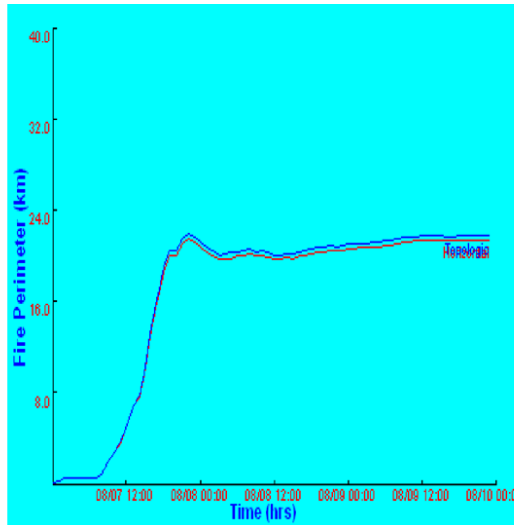


Figura 4—Evolución del perímetro quemado durante el incendio.

Propuestas

A partir de los resultados obtenidos se ha realizado una serie de propuestas encaminadas, lógicamente, a resguardar el núcleo urbano, evitando la proliferación del incendio forestal. Para ello, se crearon áreas cortafuegos, es decir, se alteraron las condiciones naturales iniciales de la vegetación para disminuir su combustibilidad. Por lo tanto, las operaciones que se consideraron adecuadas para lograr dicho objetivo fueron las siguientes:

- Masas arboladas: eliminación de pies hasta una fracción de cabida cubierta de entre 10 y 20% y de la totalidad del matorral.
- Matorral y monte bajo: desbroce de un 70% de la superficie dejando matas separadas como mínimo 3 metros.
- Vaguadas y cursos de agua: eliminación de la vegetación seca e introducción de especies frondosas adecuadas.

Inicialmente se planteó que la anchura mínima del cortafuegos utilizado fuera de 30 metros. Éste estaría compuesto por una banda de decapado, situada en el centro geométrico del mismo, en la cual se eliminaría completamente la vegetación, quedando al descubierto el suelo mineral. Esta banda tendría una anchura comprendida entre 1,5 y 6 metros, y su cometido principal consiste en facilitar el acceso de los equipos de extinción y facilitar el inicio de un contrafuego. A continuación, rodeando a esta capa de decapado por ambos lados, se situarían las bandas auxiliares, en las cuales se modificaría la vegetación de la manera que se ha indicado anteriormente y cuya anchura sería la necesaria para lograr esos 30 metros totales que, como se comentó, se estableció para dicho cortafuegos.

Para realizar las nuevas simulaciones desde el mismo punto y comprobar la idoneidad de las medidas adoptadas se crearon dos cortafuegos de 30 metros de anchura bordeando el núcleo urbano y equidistantes, localizados el primero a 300 metros del mismo y, el otro, a 600 metros, tal como se puede apreciar en la figura 5.

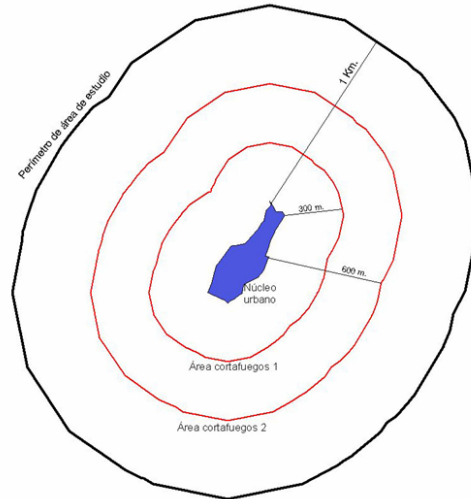


Figura 5—Disposición de las áreas cortafuegos alrededor del núcleo urbano.

El primer área cortafuegos, el más interior y próximo, por lo tanto, al núcleo urbano, atraviesa básicamente zonas de pinar, así como zonas agrícolas dedicadas al olivar y, en menor medida, zonas de matorral. Por su parte, el área cortafuegos 2, el más alejado del pueblo, pasa por zonas con claro dominio del pinar y matorral y, en menor cantidad, por olivares.

Después de realizar la simulación repitiendo exactamente las mismas condiciones de partida que se consideraron la primera vez que ésta se llevó a cabo, se puede comprobar cómo el fuego rebasa en algunos puntos localizados en la zona oeste los cortafuegos realizados siendo éstos, por lo tanto, ineficaces para impedir que el incendio alcance las inmediaciones del núcleo urbano (figura 6).

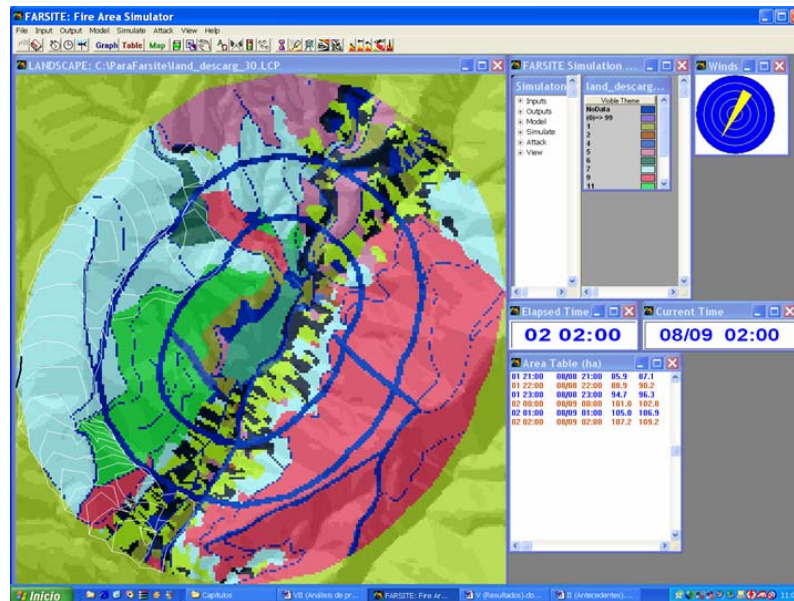


Figura 6—Evolución del incendio forestal con cortafuegos de 30 metros de anchura.

A tenor de los resultados obtenidos se realizaron nuevas simulaciones incrementando, en este caso, la anchura de los cortafuegos utilizados pasando a ser ésta de 45 metros, en lugar de los 30 considerados anteriormente. En ellas se pudo comprobar cómo la eficacia del cortafuegos utilizado depende, básicamente, del tipo de vegetación que atraviese el fuego en cada momento. Así, la figura 7 ilustra cómo dicho área cortafuegos es eficaz en las primeras horas en las simulaciones realizadas desde el norte, en las cuales atraviesa una zona con predominio de pinar.

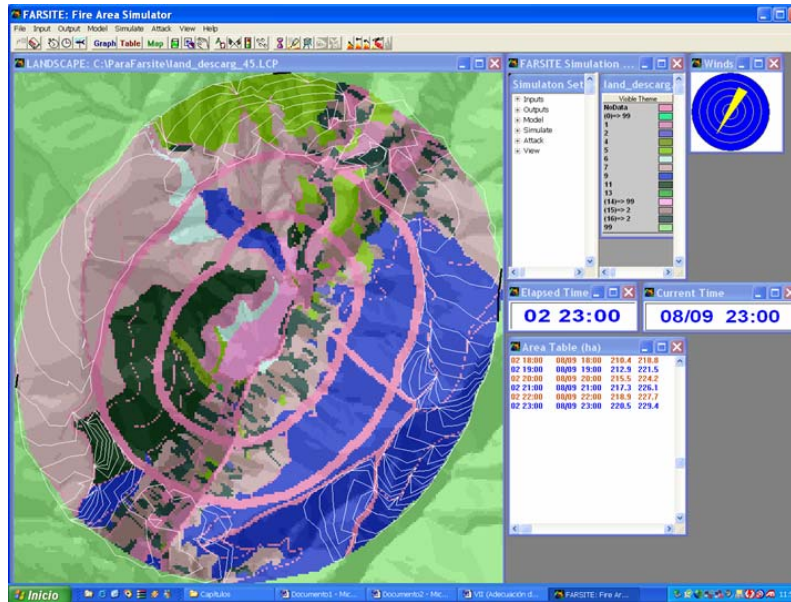


Figura 7—Evolución del incendio forestal con cortafuegos de 45 metros de anchura. Al principio, el cortafuegos exterior parece eficaz.

Sin embargo, se puede observar cómo cuando dicha simulación continúa evolucionando (fig. 8), el fuego acaba superando el cortafuegos exterior por la zona ocupada por matorral alto. Resultados similares se obtuvieron con simulaciones realizadas en puntos situados al este, oeste y sur del término municipal.

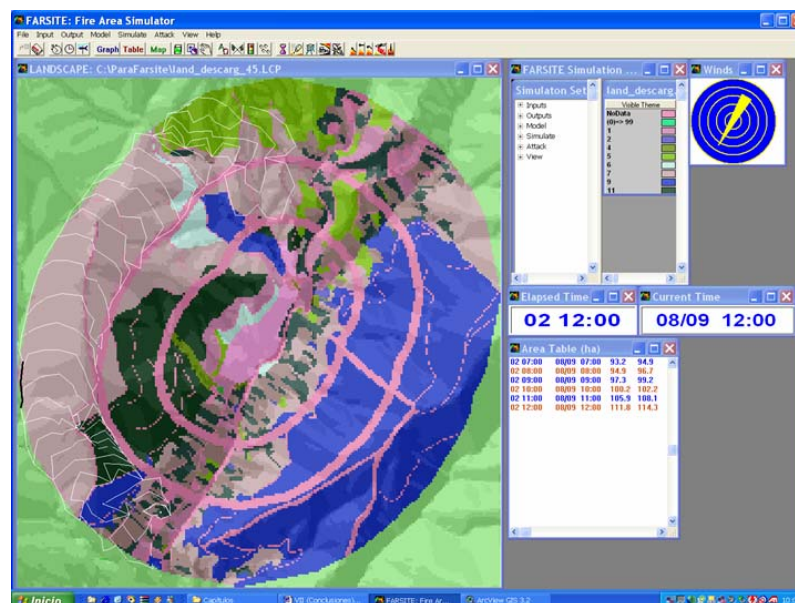


Figura 8—Evolución del incendio forestal con cortafuegos de 45 metros de anchura. El cortafuego exterior es atravesado por el fuego.

Conclusiones

Por todo lo expuesto anteriormente, a tenor de los resultados obtenidos con las diferentes simulaciones realizadas y en función de la respuesta proporcionada por las propuestas llevadas a cabo para minimizar los efectos de los incendios forestales en la zona de la interfaz urbano-forestal del término municipal de Descargamaría, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los cortafuegos de 45 metros parecen adecuados para la práctica totalidad de las zonas que rodean el núcleo urbano del término municipal objeto de estudio.
- La velocidad de propagación de las llamas varía sensiblemente debido a la diversidad de combustibles presentes en el área de estudio. Esta variedad puede favorecer la estrategia de extinción de incendios forestales.
- FARSITE se muestra como una herramienta adecuada para planificar las tareas de prevención y extinción de incendios forestales salvaguardando las vidas de los habitantes de la zona. Dicha aplicación permite conocer cuáles son las zonas de mayor riesgo, así como los combustibles más problemáticos para favorecer su manejo.
- Se recomienda el mantenimiento de tierras de cultivo libres de vegetación arbustiva invasora.
- Es aconsejable delimitar de manera clara y perfectamente definida el margen del pinar y las zonas de matorral con las tierras agrícolas aledañas.
- Por último, sería adecuado garantizar el buen estado de conservación de los márgenes de carreteras, caminos y pistas, reduciendo en ellos en la medida

de lo posible la presencia de vegetación, debido a que se trata de zonas con alta probabilidad de inicio de incendios forestales.

Agradecimientos

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

Bibliografía

- Adamson, R. S. (1935). **The plant communities of Table Mountain. III. A six years study of regeneration after burning.** Journal of ecology, nº 23. Págs. 44-55.
- Albini, F. A. (1976). **Estimating wild fire behaviour and effects.** USDA Forest Service. Intermountain Forest and Range Experimental Station. General Technical Report. INT-30. Ogden, Utah. Estados Unidos.
- Anderson, H. E. (1964). **Mechanisms of fire spread.** Research progress report nº 1. USDA Forest Service. Intermountain Forest and Range Experimental Station. Research paper, INT-8. Ogden, Utah, Estados Unidos.
- Andrews, P. L.; Loftsgaarden, D. O. y Bradshaw, L. S. (2003). **Evaluation of fire danger rating indexes using logistic regression and percentile analysis.** International Journal of Wildland Fire, nº 12. Págs. 213-226.
- Brandis, K. y Jacobson, C. (2003). **Estimation of vegetative fuel loads using Landsat TM imagery in New South Wales, Australia.** International Journal of Wildland Fire, nº 12. Págs. 185-194.
- Caballero, D. (2001). **Particularidades del incendio forestal en el interfaz urbano. Caso de estudio en la Comunidad de Madrid.** II Jornadas de Prevención de Incendios Forestales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid.
- Cartalis, C. y Eftichidis, G. (1990). **The impact of a forest fire in the air pollution of an urban area.** En Proceedings of the 1st International Conference on Forest Fire Research. ADAI. (Portugal).
- Castellnou, M. (2006). **Modelos de extinción de grandes incendios forestales.** 4^a Conferencia mundial sobre prevención y extinción de incendios forestales – regeneración de zonas afectadas – aprovechamiento forestal – seguridad en los trabajos. Braga (Portugal), 6 y 7 de octubre de 2006.
- Chuvieco, E. (1996). **Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS.** Geographical Information systems 10(3): 333.
- Cohen, J. y Saveland, J. (1998). **Structure ignition assessment can help reduce fire damages in the Wildland-Urban Interface.** Fire Management Notes. Vol 57, Nº 4. Págs. 19-23.
- Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de la Junta de Extremadura. (2003). **Plan Forestal de Extremadura.** (DOE núm. 1, de 2 de enero de 2003).
- Díaz-Delgado, R. y X. Pons. (1999). **Empleo de imágenes de teledetección para el análisis de los niveles de severidad causados por el fuego.** Revista de Teledetección, nº 12, 1999. 5 págs.
- Finney, M. A. (1999). **Spatial modeling of post-frontal fire behaviour.** Final Report RMRS-99557-RJVA. Missoula, MT: Systems for environmental management. 8 págs.

- George, L. W.; Perry, A.; Sparrow, D. y Owens, I. F. (1999). **A GIS-supported model for the simulation of the spatial structure of wildland fire. Cass Basin, Nueva Zelanda.** Journal of Applied Ecology. 36(4): 502-518.
- Kalabokidis, K. D. (2000). **GIS uses in fire management of the natural environment.** En Proceedings of the International Symposium on Protected Natural Areas and Environmental Education. Sigri, Lesvos, Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest. Págs. 321-327.
- Kalabokidis, K. D. y Omi, P. N. (1994). **Managing forest fire fuels in the urban interface.** En Proceedings del “2nd International Conference on Forest Fire Research”. ADAI. Coimbra (Portugal). Vol. 2, págs. 723-731.
- Keane, R. E.; Mincemoyer, S. A.; Schmidt, K. M. ; Long, D. G. ; Garner, J. L. (2000). **Mapping vegetation and fuels for fire management on the Gila National Forest Complex.** Nuevo México.
- Le Houerou, H. N. (1973). **Fire and Vegetation in Mediterranean basin.** Proceedings of the 13th Annual Tall Timber Fire Ecology Conference. 13: 237-277.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2003). **Los incendios forestales en España durante el año 2003.** Avance informativo. 20 págs.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2006). **Los incendios forestales en España durante el año 2005.** 119 págs.
- Thomas, P. (1994). **Some thoughts from a study of fires in buildings.** En Proceedings del 2nd International Conference on Forest Fire Research. ADAI. Coimbra (Portugal). Vol. 1, págs. 49-50.
- Van Wagner, C. E. (1977). **Conditions for the start and spread of crown fire.** Canadian Journal of Forest Research. 7:23-24.
- Vélez, R. (2000). **La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias.** McGraw Hill. ISBN: 84-481-2742-0.
- Whelan, R. J. (1995). **The ecology of fire.** Cambridge University Press.
- WWF/Adena. (2006). **Grandes incendios forestales: causas y efectos de una ineficaz gestión del territorio.** Madrid (España). 34 págs.