

Plan de áreas cortafuegos de Aragón (España): resultados de la aplicación de técnicas geoespaciales y simulación de incendios

Joaquín Ramírez¹, José Manuel Lahoz¹, Miguel Ángel Clavero²,
Mónica Bardaji² y Juan José Serrano¹

Resumen

El Plan de Áreas Cortafuegos de Aragón pretende ser la herramienta de planificación operativa en la lucha preventiva de incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Aragón (España). Se describe aquí su metodología, y los resultados obtenidos de su aplicación, que a través de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de simuladores de comportamiento del fuego, integra la determinación de índices estadísticos de riesgo de ocurrencia de incendios con la estimación de la peligrosidad de los sistemas forestales referida a la posibilidad de propagación del fuego en los mismos, con el objeto de establecer una caracterización del territorio, a escala comarcal y municipal, en función del riesgo potencial de desarrollo de incendios forestales.

Esta caracterización en conjunción con la categorización del medio según el nivel de protección a asignar y con las características de continuidad de la masa forestal, será la que determinará los distintos escenarios y la prioridad de actuación a la hora de ejecutar, en los mismos, las nuevas infraestructuras cortafuegos. La propuesta vendrá avalada por los resultados que establece la simulación mediante el software de predicción de comportamiento del fuego en los escenarios de actuación previstos.

Introducción

La evolución del fenómeno de los incendios forestales en Aragón puede resumirse, para los últimos años, en el paulatino incremento del número de siniestros sufridos, así como por una elevada variabilidad interanual en cuanto a la superficie total afectada. La prevención, junto a la detección, extinción y seguridad-formación del personal, supone uno de los pilares básicos de respuesta a dicha casuística.

En este ámbito, y más concretamente en el de las actuaciones de selvicultura preventiva, el planeamiento de redes de áreas cortafuegos se viene planteando con el fin de posibilitar una respuesta rápida, eficaz y segura de los medios de extinción frente a los grandes incendios. Se trata de definir cuáles habrán de ser y dónde se ubicarán los elementos de ruptura, los cortafuegos, que fraccionando el territorio consigan la minimización de la superficie potencialmente afectada por el fuego forestal (Velasco 2000).

¹ Tecnosylva, SL.

Parque Tecnológico de León, 24009 - León. España
email: jramirez@tecnosylva.com, jmlahoz@tecnosylva.com, jjserrano@tecnosylva.com

² Gobierno de Aragón, Departamento de Medio Ambiente.
Edificio Pignatelli, 50071 Zaragoza.
email: maclavero@aragon.es, mbardaji@aragon.es

La planificación de dichas redes de áreas cortafuegos, además del diseño, jerarquización y dimensionamiento, habrá de plantearse establecer una zonificación del territorio en función de las prioridades de actuación (Velasco 2000), de tal modo que los distintos gestores, dispongan de unas claras orientaciones a la hora de ejecutar sus inversiones. El Plan de Áreas Cortafuegos de Aragón que viene desarrollándose desde comienzos de 2006 de manera piloto en ocho de las comarcas aragonesas, pretende responder a este doble objetivo, siendo consciente del gran volumen y de la heterogeneidad de las variables y parámetros de la información a considerar así como del marcado componente geográfico de la misma.

Las nuevas tecnologías de la información espacial se manifiestan como herramientas muy apropiadas para este tipo de aplicación puesto que permiten el análisis espacial de las variables introducidas, así como su integración en un sistema de referencia común (Chuvieco y otros 2004). Es esta la causa pues, que a la hora de proponer el diseño y establecer prioridades de actuación de cara a la construcción de nuevas infraestructuras que palien las posibles deficiencias detectadas en la red actual de cortafuegos se haya planteado una metodología basada en la utilización integrada y retroalimentable de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) –ArcGis 9 configuración ArcInfo (ESRI)- y de simuladores informáticos de la progresión espacial del fuego –Behave Plus 3, FlamMap 3.0 y Farsite 4-(www.fire.org).

En este artículo se presentan la metodología y los resultados de la aplicación de la misma en las comarcas aragonesas de Bajo Aragón, Bajo Aragón-Caspe, Gúdar-Javalambre, Maestrazgo, Matarraña, Sierra de Albarracín, Sobrarbe y Ribagorza; seleccionadas en tanto que responden de manera óptima a la variabilidad y complejidad de los factores físicos y de las formaciones forestales de Aragón.



Figura 1—Localización del área de estudio

Métodos y resultados

En el establecimiento de los planes y prioridades generales de prevención y extinción de incendios, en los que se inscribe el desarrollo de las áreas cortafuegos, se ha demostrado que son las variables más estables en el tiempo aquellas más adecuadas para la definición de patrones espaciales (Chuvieco y otros, 2004). Es por

ello que se han considerado en el Plan de Áreas Cortafuegos de Aragón las que tienen un mayor componente estructural, como es el caso de la topografía, de las características del combustible y de las tendencias generales del clima de la zona.

No obstante y dado que el conocimiento ajustado de la ocurrencia histórica es de capital importancia en el análisis del riesgo de incendios forestales (De La Riva y otros, 2004), se ha de tener éste necesariamente en cuenta al diseñar los planeamientos preventivos. Ello explica la participación del análisis estadístico de los datos históricos en la consecución de los objetivos planteados.

Las actividades humanas en cuanto a usos y restricciones del suelo, junto con el grado de compartimentación existente de las masas forestales que se pretenden fragmentar completan aquí como en cualesquiera de los planes de silvicultura preventiva el elenco de variables a contemplar.

La integración de estas variables supone que la metodología planteada se estructure en tres momentos diferenciados, a saber, (1) el establecimiento de los escenarios de actuación prioritaria, (2) el diseño de la propuesta de red cortafuegos y (3) la validación de dicha propuesta mediante simulación de fuegos. Se describe a continuación el proceso.

Determinación de los escenarios de Actuación Prioritaria

La combinación de las variables estructurales, efectuada con el software de predicción del comportamiento del fuego FLAMMAP, desarrollado por Fire Sciences Lab y Systems for Environmental Management, permite la estimación de la peligrosidad de los sistemas forestales referida a la posibilidad de propagación del fuego en los mismos, a través de la implementación de los modelos de comportamiento de fuego de Rothermel's (1972, 1991), Van Wagner's (1977) y Nelson's (2000). Para diferentes velocidades de viento –en km/h- (5, 10, 20, además de las medias del mismo al inicio de los siniestros registrados históricamente –*tabla 1*-) y en su hipótesis más desfavorable, esto es con dirección ladera arriba, se han calculado los parámetros de longitud de llama y velocidad de propagación.

Comarca	Vel. viento km/h	Long. Llama m	Vel. propagación m/min
Albarracín	8	3,35	2,26
Bajo Aragón	5	1,11	2,76
Bajo Aragón-Caspe	10	0,96	5,40
Gúdar-Javalambre	6	2,61	3,02
Maestrazgo	5	2,75	3,32
Matarraña	5	1,46	3,87
Sobrarbe	13	6,28	4,60
Ribagorza	12	5,13	5,15

Tabla 1—Estimación de los parámetros de propagación del fuego en el área de estudio

FARSITE ha sido utilizado para generar el fichero landscape necesario, habiéndose obtenido los temas topográficos (elevación, pendiente, orientación) con ArcGis 9 del Modelo Digital de Elevaciones a una resolución de 20 m. Los modelos de combustible se han tomado del Mapa de Combustibles de Aragón a escala 1:50000 y los datos referidos a la fracción de cabida cubierta y las características de las copas proceden de la interpolación con el módulo de Geostatistical Analyst de ArcGis de los datos del Segundo Inventario Forestal Nacional.

Los valores propuestos en relación con la posibilidad de ataque al incendio por Vélez(2000) y Caballero (2001) para la longitud de llama y velocidad de propagación respectivamente han sido tendidos en cuenta a la hora de su reclasificación. La superposición de ambos determinará el cálculo de la peligrosidad total.

La consideración conjunta de los valores de longitud de llama y velocidad de propagación, junto con los de intensidad de la línea de fuego y presencia de fuego de copas –también obtenidos como los anteriores con FLAMMAP- determinará para distintas velocidades de viento, las áreas que quedan fuera de la capacidad de extinción, representadas en la *tabla 2*, y que se considerarán no sólo en el diseño de la red sino en el de toda la estrategia de selvicultura preventiva así como en las decisiones a tomar en la gestión de los incendios una vez declarados éstos.

Comarca	Con viento de 5 km/h	Con viento de 10 km/h	Con viento de 20 km/h
Albarracín	34	40	55
Bajo Aragón	6	8	9
Bajo Aragón-Caspe	4	5	8
Gúdar-Javalambre	27	30	53
Maestrazgo	32	36	53
Matarraña	10	16	54
Sobrarbe	42	44	53
Ribagorza	42	45	57

Tabla 2—Porcentaje de superficie comarcal fuera de la capacidad de extinción

Por otro lado, el número, la superficie afectada y la causa de los incendios, determinados a partir de la base de datos INCENPAR respecto a la ocurrencia histórica y características de los fuegos forestales para el periodo de 1983 a 2003, posibilita para cada uno de los municipios, en tanto que se ha considerado en el análisis la figura del municipio como marco de referencia –aún a sabiendas de que (1) se está omitiendo la posible diversidad espacial así como la realidad forestal existente dentro de cada uno de los municipios y (2) que la heterogeneidad, en cuanto a tamaño sobre todo, de las unidades de referencia, los municipios, puede ser apreciable, se opta por la consideración de la superficie total municipal como superficie de referencia pues el referir la incidencia de incendios a la superficie municipal, es más coherente con el objetivo de la exploración de las variables explicativas (causas) referidas también –en muchos casos- al conjunto del municipio (De La Riva y otros, 2004) – la determinación de índices estadísticos de frecuencia y causalidad que expliquen la citada ocurrencia histórica de los incendios y planteen la tendencia futura.

Los índices utilizados proceden de Velasco (2000) y quedan definidos por las expresiones siguientes:

Índice de Frecuencia: $F_i = 1/a \cdot \sum_i n_i$, donde a es el número de años de la serie de datos utilizada y n_i el número de incendios acaecidos ese año, e Índice de Causalidad: $C_i = 1/a \cdot \sum_i (\sum_{c=1}^n c \cdot n_{ic} / n_i)$, donde a es el número de años de la serie de datos utilizados, n_{ic} el número de incendios de cada causa en cada año, n_i el número de incendios acaecidos en cada año y c es un coeficiente de peso de cada causa fijado en función de la eficacia de cada una de ellas para quemar y que se desprende del análisis estadístico de la superficie quemada por incendio y causa que refleja la *tabla 3*.

Causa	Nº incendios	Sup. afectada (ha)	ha/incendio
Rayo	2019	55017.40	7.00
Quema agrícola	1031	6004.35	5.82
Quema de pastos	194	950.77	4.90
Trabajos forestales	42	13627.60	38.99
Hogueras	148	3757.91	25.39
Fumadores	246	2248.26	9.14
Quema de basuras	134	1194.04	8.91
Escapes de vertedero	14	48.84	3.49
Quema de matorral	6	43.02	7.17
Otras negligencias	203	5892.28	29.03
Ferrocarril	101	513.49	5.08
Líneas eléctricas	77	1803.68	23.42
Motores y máquinas	162	7125.87	43.99
Maniobras militares	13	68.61	5.28
Otras	18	347.66	19.31
Intencionado	370	4108.28	11.10
Causa desconocida	1221	12509.30	10.25
Incendio reproducido	6	1.20	0.20
Total	6005	103272.56	15.48

Tabla 3—Incendios Aragón 1983-2003

La superposición de ambos índices, el de frecuencia y el de causalidad, mediante operaciones de lógica booleana implementadas en el módulo de análisis espacial de la aplicación SIG, determinará el valor global de riesgo estadístico.

Se ha considerado la propuesta establecida por Velasco (2000) para la Comunidad Valenciana para integrar los valores de peligrosidad y riesgo estadístico de tal modo que se establezca una caracterización del territorio, a escala municipal, en función del riesgo potencial –en seis clases, desde muy bajo a extremo– de desarrollo de incendios forestales según la expresión:

$R_p = (\text{Nivel P})^2 * \text{Nivel Re}$, donde el Nivel P se corresponde con el nivel de peligrosidad y el Nivel Re con el riesgo estadístico.

Por otra parte los diferentes usos del medio, entendido aquí en tanto a sus distintas aptitudes, permiten establecer unas prioridades de protección del mismo. La *tabla 4* muestra las informaciones a considerar, que permitirán, ponderándose en mayor medida los usos residenciales y aquellos ligados a los espacios de alto valor ecológico, establecer cinco clases cualitativas que se corresponden a otros tantos niveles de prioridad.

Clase	Prioridad	Valor
Núcleos, edificaciones y colindantes	Muy alta	5000
Espacios Naturales Protegidos	Alta	4000
ZEPAS, Lics y Montes Utilidad Pública	Media-Alta	3000
Superficie Forestal Arbolada (no MUP)	Media	2000
Resto de Espacios	Baja	1000

Tabla 4 —Parámetros y valores en la estimación del nivel de protección del medio

Ramírez (2004), constató la utilidad del álgebra de mapas para el cálculo de escenarios a partir de variables ambientales referenciadas geográficamente. Se ha adaptado aquí su propuesta para combinar el riesgo potencial y el nivel de protección del medio y con ello determinar los escenarios de actuación prioritaria en el área de estudio considerada, según la *figura 2*.

		Prioridad por protección del medio				
		1000	2000	3000	4000	5000
Prioridad por riesgo potencial	1	1001	2001	3001	4001	5001
	2	1002	2002	3002	4002	5002
	3	1003	2003	3003	4003	5003
	4	1004	2004	3004	4004	5004
	5	1005	2005	3005	4005	5005
	6	1006	2006	3006	4006	5006

Máxima	Zonas de elevado riesgo y alta prioridad de protección que conllevan intervención prioritaria
Alta	Zonas de bajo riesgo y alta prioridad de protección que requieren medidas de intervención
Media-Alta	Zonas de riesgo variable y alta o media prioridad de protección que requieren medidas de intervención
Media	Zonas de riesgo medio o alto y prioridad de protección baja que suponen una prioridad de actuación baja
Baja	Zonas de riesgo y prioridad de protección bajas con medidas de actuación no prioritarias

Figura 2—Matriz protección del medio/riesgo potencial de incendio

Diseño de la red de cortafuegos

Se consideran áreas cortafuegos a aquellas superficies relativamente anchas en la que la vegetación natural densa y muy inflamable se modifica para conseguir otra de menor biomasa e inflamabilidad con el fin de que se detengan los fuegos de suelo que lleguen hasta ella o puedan controlarse más fácilmente, sirviendo de base para establecer líneas de defensa (Vélez, 2000)

La densidad de las áreas cortafuegos a construir varía en función de la prioridad del escenario a proteger. No obstante, para nuestro caso, se ha determinado por criterios expertos que el diseño resultante excepcionalmente conforme bloques forestales arbolados y/o de matorral de más de 1000 ha y nunca de más de 1200 ha de continuidad de su masa. Para ello y sobre una máscara de la superficie matorral-arbolada extraída del Mapa Forestal de Aragón y mediante las herramientas topológicas que dispone el módulo ArcCatalog de ArcGis se han generado áreas cerradas por los diferentes elementos de ruptura que inciden sobre la citada superficie: (1) red hidrográfica principal, (2) red viaria de primer orden y (3) red de cortafuegos existentes, desechándose para que no se produzca un sobredimensionamiento aquellas masas de menos de 1000 ha.

Sobre las masas seleccionadas y apoyados en las ortofotografías que las representan, se digitalizarán sobre pantalla con las herramientas de edición que provee el software ArcGis, los cortafuegos que definen la propuesta. Las cuerdas de

divisorias y la líneas de máxima pendiente han de ser los emplazamientos preferentes, si bien hay que considerar pistas, carreteras y cursos de agua en los que apoyar potenciales fajas cortafuegos. La conectividad con la red viaria estará garantizada para hacerla accesible a los medios de extinción y dado el elevado impacto paisajístico se determinará su construcción en aquellas zonas donde los tratamientos del monte sean menos visibles.

Comarca	Km cortaf. actuales	Km cortaf. propuestos	Escenarios de actuación ha	Cortaf/Escenarios de actuación m/ha
Albarracín	194	499	111718	6,2
Bajo Aragón	43	156	65747	3,0
Bajo Aragón-Caspe	0	79	52037	1,5
Gúdar-Javalambre	208	967	189999	6,1
Maestrazgo	75	667	104485	7,1
Matarraña	26	144	57425	2,9
Sobrarbe	168	784	147959	6,4
Ribagorza	199	733	164189	5,6

Tabla 5 —Red de cortafuegos mejorada en el área de estudio

Validación de la red

Entre las utilidades de FARSITE, software de predicción de la progresión espacial del fuego y sus variables de comportamiento, desarrollado en base a Behave, algoritmos de Van Wagner (1977, 1993) y onda de Huygens según implementación de Richards (1990) se encuentra la de añadir en la simulación de fuegos tanto potenciales como reales, barreras a la propagación, comparando la efectividad de distintas estrategias de contención (Molina y Castellnou, 2000).

Se han simulado incendios de 36 horas de duración tomando como puntos de ignición los localizados, en tanto es en la comunidad de Aragón una causa prevaeciente, los de caída de rayos causantes de incendio durante el periodo 1998-2003, del que se tienen datos fiables. Las características meteorológicas y de humedad de los combustibles se corresponden con las medias históricas del mes de julio en la zona, considerado aquí como el más desfavorable en cuanto al desarrollo y propagación de incendios forestales. Esta modelización permite comparar la eficacia de la red cortafuegos existentes con la de la red cortafuegos mejorada por la propuesta, permitiendo además la validación del nuevo diseño y en su caso detectar deficiencias a corregir con la edición de nuevas barreras en el SIG y revalidación posterior en FARSITE.

Comarca	Puntos de ignición	ha quemadas con la red actual	ha quemadas con la red mejorada
Albarracín	25	31182	7721
Bajo Aragón	35	12805	5144
Bajo Aragón-Caspe	11	6497	2316
Gúdar-Javalambre	26	28291	9187
Maestrazgo	30	15635	6268
Matarraña	22	11382	4607
Sobrarbe	12	18231	6015
Ribagorza	9	20201	3697

Tabla 6 —Estimación de la eficacia de la propuesta de cortafuegos en el área de estudio

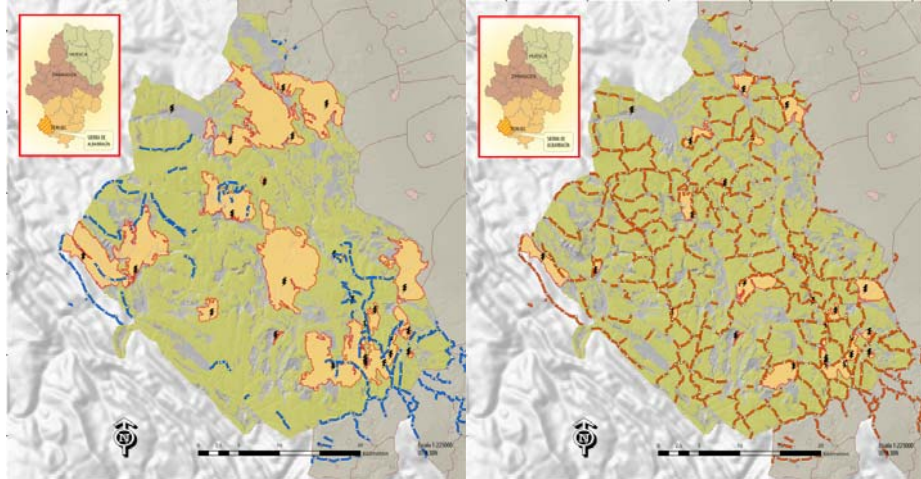


Figura 3— Superficie quemada (naranja) según simulación FARSITE en la comarca de la Sierra de Albarracín con red cortafuegos existente (figura izda.) y con red cortafuegos mejorada (figura dcha.)

Con todo lo anterior, se ha generado para cada una de las comarcas y de los municipios que las componen una información alfanumérica y gráfica que deriva en una cartografía temática, fácilmente integrable en las planificaciones de selvicultura preventiva, que contempla: la superficie quemada, el número total y la causalidad de los incendios, los índices de frecuencia y causalidad de incendios, el riesgo estadístico municipal, la longitud de llama y la velocidad de propagación, la peligrosidad y las zonas favorables a la extinción, la peligrosidad municipal, el riesgo potencial de incendios, la prioridad de protección del medio, la continuidad de las masas forestales y los escenarios de actuación prioritaria, la eficacia de la red cortafuegos existente, la red de cortafuegos propuesta, la eficacia de la red cortafuegos mejorada y la fragmentación resultante de las masas forestales.

El proceso metodológico completo queda resumido gráficamente según se expresa la *figura 4*

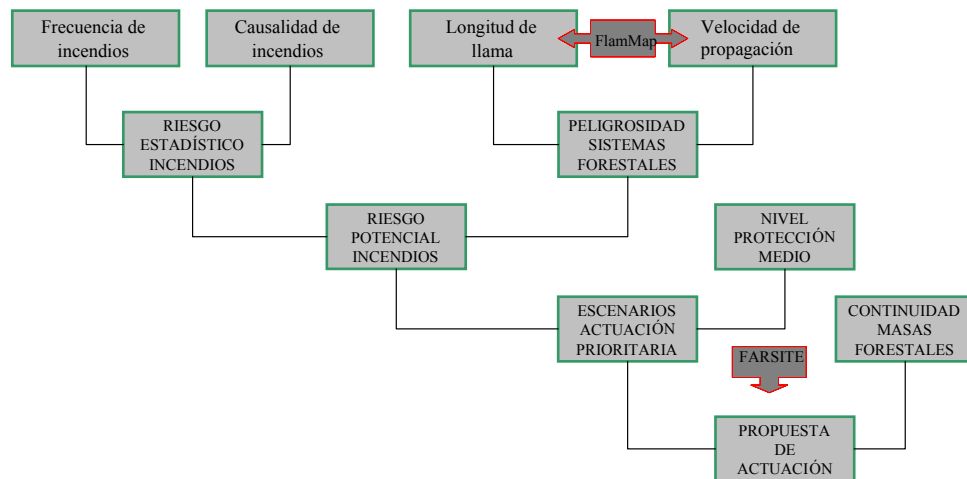


Figura 4— Esquema metodológico aplicado

Discusión de los resultados

- La causalidad prevalente de los rayos como iniciadores del fuego y la existencia de alternancia de las estructuras vegetales que al aumentar los usos e intereses suponen un incremento del riesgo se muestran, una vez considerado el papel distorsionador que introduce la superficie total de las comarcas y/o municipios que las componen, como los condicionantes fundamentales del riesgo estadístico de ocurrencia de incendios, del riesgo de ignición. Por ello serán las comarcas de Matarraña, Bajo Aragón-Caspe y Bajo Aragón, dónde se suceden ambos fenómenos y la de Gúdar-Javalambre, dónde el fenómeno de la caída de rayos tiene mayor incidencia, aquellas en la que la probabilidad en términos relativos de comienzo de incendios son más elevadas.
- Por encima de la propia velocidad de propagación, la longitud de llama y la intensidad de la línea de fuego se manifiestan como los aspectos más influyentes respecto a la peligrosidad del medio a la hora de propagarse el fuego y serán tanto más elevadas allí donde existen grandes masas arboladas continuas, sobre todo de pinares, lo que ocurre fundamentalmente en las comarcas pirenaicas del Sobrarbe y la Ribagorza así como en la ibérica de Gúdar-Javalambre. La rápida propagación del fuego en estas zonas se verá favorecida por la existencia de fuertes pendientes topográficas y de un régimen de vientos con velocidades elevadas como corresponde a su tipología de área de montaña. Mención aparte merece la comarca del Bajo Aragón-Caspe dónde la dominancia de fuertes vientos del NW, el cierzo de Valle del Ebro, y la extrema aridez que incide en un área con combustibles altamente inflamables condiciona una elevada peligrosidad en la propagación del fuego.
- La presencia en el área de estudio de núcleos e infraestructuras urbanas, espacios naturales protegidos y lugares de interés comunitario, más allá de condicionar las prioridades de actuación no debería tener, respecto a la gestión de silvicultura preventiva, un carácter de excepcionalidad, salvo en un mayor cuidado a la adecuación paisajística de las infraestructuras propuestas. Las comarcas de Sobrarbe y Ribagorza con el Parque Nacional de Ordesa y los Parques Naturales de Posets-Maladeta y Sierra y Cañones de Guara destacan en el área de estudio a este respecto.
- La discontinuidad, por convivencia o no de usos, en la masa forestal, el grado de energía del relieve con presencia o no de fuertes pendientes y el distinto nivel de encajamiento de la red fluvial se constituyen factores determinantes en el diseño de la red de cortafuegos. La densidad de la red mejorada de cortafuegos en las comarcas de alta montaña de vocación casi exclusivamente forestal de Sobrarbe, Albarracín, Gúdar-Javalambre o Ribagorza vendrá a duplicar el valor de dicha red en las comarcas de Bajo Aragón-Caspe, Matarraña y Bajo Aragón situadas en un área de alternancia de cultivos mediterráneos de secano con masas forestales arboladas y de matorral en el mucho menos abrupto piedemonte de la Cordillera Ibérica. La adecuación de fajas auxiliares en torno a pistas forestales y caminos, y de áreas cortafuegos aprovechando carreteras, cursos fluviales y áreas desprovistas de vegetación tendrá un gran peso en la consecución del objetivo de que los bloques conformados no superen las 1000 – 1200 ha de superficie en las comarcas de alta montaña antes citadas, dado el elevadísimo coste económico, ambiental y visual que la apertura de los nuevos cortafuegos, ya sobre divisorias o sobre líneas de máxima pendiente, requeridos para ello, supondría.

Conclusiones

Se observa, pues, que la utilización conjunta e integrada de los Sistemas de Información Geográfica y los simuladores de progresión y comportamiento del fuego permite dotar a los responsables de la lucha preventiva contra el fuego de una información cuantitativa y cualitativa respecto a la ubicación de los escenarios de actuación y al establecimiento de prioridades en y entre los mismos. Su vinculación a delimitaciones municipales y comarcales, si bien puede producir una excesiva homogeneización de la información, garantiza una fácil integración en los planes de lucha contra el fuego que tienen en estas unidades administrativas su marco de gestión habitual.

Por otra parte la interacción entre las posibilidades de simulación de FARSITE y las operaciones de cálculo del SIG obtiene una información plenamente cuantificable respecto a la eficacia de las infraestructuras defensivas propuestas a la hora de fragmentar y proteger las masas forestales de los escenarios previstos que facilitará la toma de decisiones por parte de los gestores implicados.

Los resultados obtenidos para las ocho comarcas piloto validan la propuesta metodológica y hacen extensiva su aplicación al resto de la comunidad de Aragón.

Referencias bibliográficas

- Chuvieco, E. y otros. 2004. **Métodos para la integración de variables de riesgo: el papel de los Sistemas de Información Geográfica**. En: Chuvieco, E. y Martín, M.P., ed. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; 143-158.
- De la Riva, J. y otros. 2004. **Análisis espacial de la ocurrencia de incendios forestales para la estimación del riesgo. Aproximación metodológica a escala regional**. En: De la Riva, J. y otros. Aportaciones Geográficas en Homenaje al Prof. A. Higuera Arnal. Zaragoza. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza; 303-314.
- Finney, M.A. 1998 **FARSITE: Fire Area Simulation. Model development and evaluation**. Ft. Collins, CO: Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service.
- Finney, M.A., Brittain, R. 2004. **FlamMap Spatial Analysis of Fire Potential**. Missoula, MT: Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service.
- Molina, D. y Castellnou, R. 2000. **Sistemas de simulación del comportamiento del fuego**. En: Vélez, R. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. Madrid: Mc Graw Hill.
- Ramírez, J. 2004. **Propuesta metodológica para la evaluación de recursos y optimización de redes de comunicaciones en áreas forestales utilizando sistemas de información geográfica y teledetección**. Universidad de León.
- Solís, A. 2000. **Medidas de política forestal en relación a la prevención de incendios forestales**. En: I Jornada de Prevención de Incendios Forestales. 5 de Mayo de 2000. Madrid: <http://da.montes.upm.es/seminarios/incendios/00/asolis.htm>
- Velasco, L. 2000. **Planificación de redes de áreas cortafuegos**. En: Vélez, R. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. Madrid: Mc Graw Hill.
- Vélez, R. 2000. **Selvicultura preventiva**. En: Vélez, R. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. Madrid: Mc Graw Hill.