



Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 49(2): 149-160 (2023)  
Doi: <https://doi.org/10.31167/csecfv5i49.19947>

**Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales**

Acceso abierto disponible en <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernossecf/index>

Premio Universitario de la SECF 2022 al mejor Trabajo Fin de Máster Oficial

---

## **Herramienta GIS de decisión para el despacho inicial de medios de extinción**

**GIS decision tool for the initial dispatch  
of firefighting resources**

Fernández, M.A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba*

\* Autor de correspondencia: [mafernandeztoledo@gmail.com](mailto:mafernandeztoledo@gmail.com)

## Resumen

La gestión eficiente de la defensa contra los incendios forestales requiere de instrumentos que ayuden a la decisión en el despacho inicial de medios de extinción. La herramienta GIS construida permite conocer de forma ágil en cada punto del territorio el tiempo que emplearían los medios activados en contener un incendio, además de referenciar el índice de riesgo en esa zona. La metodología empleada ha considerado la dimensión temporal del incendio y la posible activación individual o combinada de diferentes tipos de recursos. Además, la información extraída ha permitido realizar un diagnóstico sobre la capacidad de contención en ataque inicial que ofrece la distribución y tipología actual de medios en el territorio de estudio, presentando la herramienta su utilidad para evaluar alternativas que busquen maximizar el control inicial en las zonas con mayor riesgo.

**Palabras clave:** *incendios forestales, ataque inicial, tiempo de contención, riesgo.*

## Abstract

The efficient management of defense against wildfires requires decision support tools for the initial dispatch of fire-fighting resources. The built GIS tool allows to know in an agile way in each point of the territory the time that the deployed resources would use to suppress a fire, in addition to referencing the risk index in that area. The methodology used has considered the temporal dimension of the fire and the possible individual or combined deployed of different types of fire-fighting resources. In addition, the information extracted has allowed a diagnosis about the suppression capacity in the initial attack offered by the current distribution and typology of resources in the study territory, presenting the tool its usefulness to assess alternatives that seek to maximize the initial control in the areas with the highest risk.

**Key words:** *wildfires, initial attack, time of suppression, risk.*

---

## 1. Introducción

Como gestores de recursos públicos, las Administraciones regionales responsables de los dispositivos de extinción de incendios forestales deben velar por una gestión óptima de los medios a su cargo (Rodríguez y Silva, 2007; Rodríguez y Silva *et al.*, 2009). El carácter limitado de éstos debe condicionar la activación para su intervención bajo unos criterios de eficacia (cumplir los objetivos establecidos) y eficiencia (emplear el menor número de recursos). Por ello, ante una emergencia por incendio forestal, el responsable del despacho inicial de medios ha de contar con la mejor información posible para, desde un análisis remoto, estimar la gravedad potencial de la incidencia y activar un nivel de respuesta adecuado a la misma (JCCM, 2017).

Pero ¿cómo se cuantifica este nivel? ¿se deberían despachar todos los medios disponibles a cualquier incendio en una zona con riesgo muy alto? ¿se puede estimar en qué casos será suficiente con los medios despachados y en qué casos no? La respuesta pasa por conocer la capacidad concreta de contención que ofrecen los medios despachados en cada punto del territorio.

## 2. Objetivos

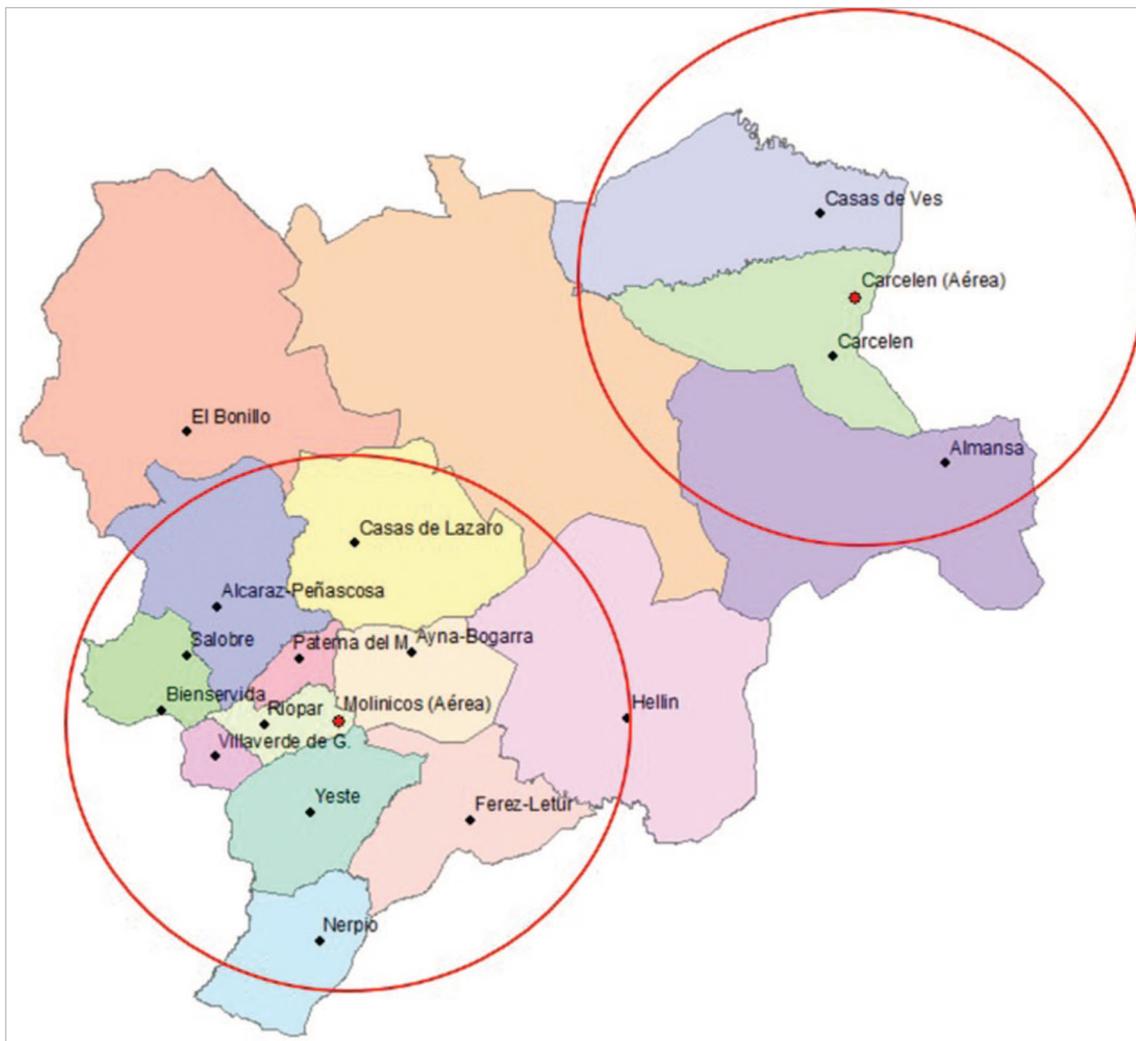
El objetivo principal de este trabajo es construir una herramienta GIS que aporte información para ayudar a la decisión en el despacho inicial de medios de extinción. Para un escenario meteorológico significativamente desfavorable, la herramienta permitirá conocer en cada punto del territorio donde se produzca un incendio los siguientes parámetros:

1. Si el incendio podrá ser contenido con los medios de despacho inicial, o si será necesario activar ya el despacho ampliado.
2. En el caso de poder ser contenido, cuanto tiempo transcurrirá desde el inicio hasta la contención en función de los medios despachados.
3. Qué medios terrestres y aéreos corresponde activar de acuerdo a sus zonas de despacho.
4. Cuanto tiempo tardará cada uno de estos medios en llegar a la zona del incidente.
- 5.Cuál es el valor de riesgo que posee la zona, y que permite evaluar la “importancia” de cada zona respecto a los tiempos de contención de los recursos a activar.

Como objetivo secundario, se persigue disponer de una herramienta que permita analizar para todo el territorio el tiempo de contención que ofrece la distribución y tipología actual de medios de extinción.

### 3. Metodología

Se establece como territorio de estudio la provincia de Albacete, con 622 000 ha de terreno forestal (42 % de su superficie total), repartidas en 2 núcleos significativos (SW y NE), cuyo dispositivo de extinción cuenta con 16 bases de medios terrestres y 2 bases de medios aéreos, 1 de helicópteros y 1 de helicópteros y aviones (Fig. 1 y Tab.1).



**Figura 1.** Zonas de despacho oficiales para cada base de medios terrestres (polígonos coloreados) y medios aéreos (círculos rojos) en la provincia de Albacete, y unidades asignadas a cada base. Fuente: Plan INFOCAM.

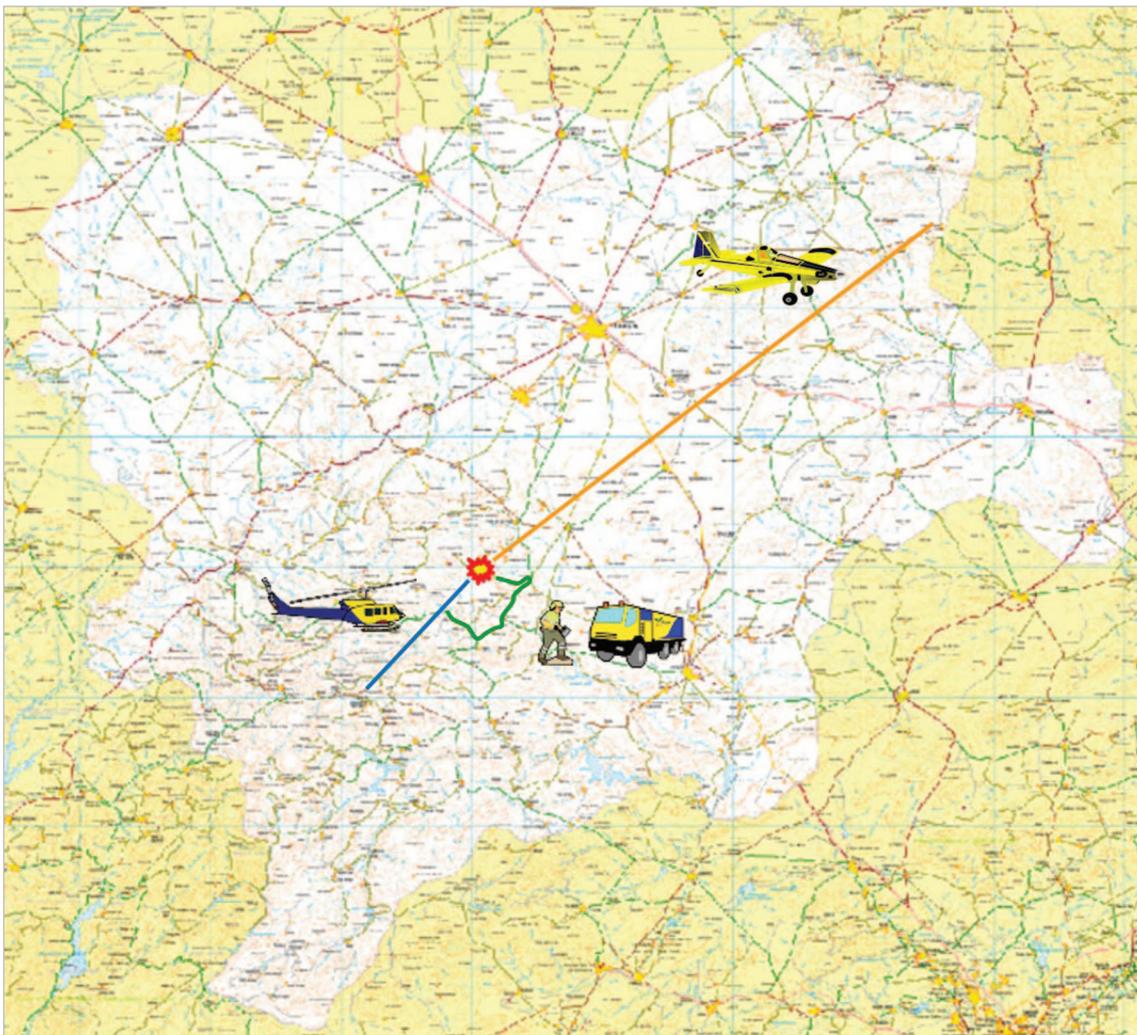
**Tabla 1.** Tabla 1. Bases de medios terrestres y medios aéreos en la provincia de Albacete. Fuente: JCCM (2017)

Código	Base	Tipo de Medio	Unidades
1	Casas de Ves	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba
2	Carcelén	Terrestre	1 Autobomba-Retén
3	Almansa	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba
4	El Bonillo	Terrestre	1 Autobomba-Retén
5	Casas de Lázaro	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba
6	Hellín	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba
7	Alcaraz-Peñascosa	Terrestre	1 Retén 2 Autobomba
8	Paterna del Madera	Terrestre	1 Autobomba-Retén
9	Ayna-Bogarra	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba
10	Férez-Letur	Terrestre	1 Retén 2 Autobomba
11	Yeste	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba 1 Autobomba-Retén
12	Riopar	Terrestre	1 Autobomba-Retén
13	Salobre	Terrestre	1 Autobomba-Retén
14	Bienservida	Terrestre	1 Retén
15	Nerpio	Terrestre	1 Autobomba-Retén
16	Villaverde de Guadalimar	Terrestre	1 Retén 1 Autobomba
1	Molinicos	Aéreo	3 Helicópteros ligeros con brigada
2	Carcelén	Aéreo	2 Helicópteros ligeros con brigada 1 Avión anfíbio

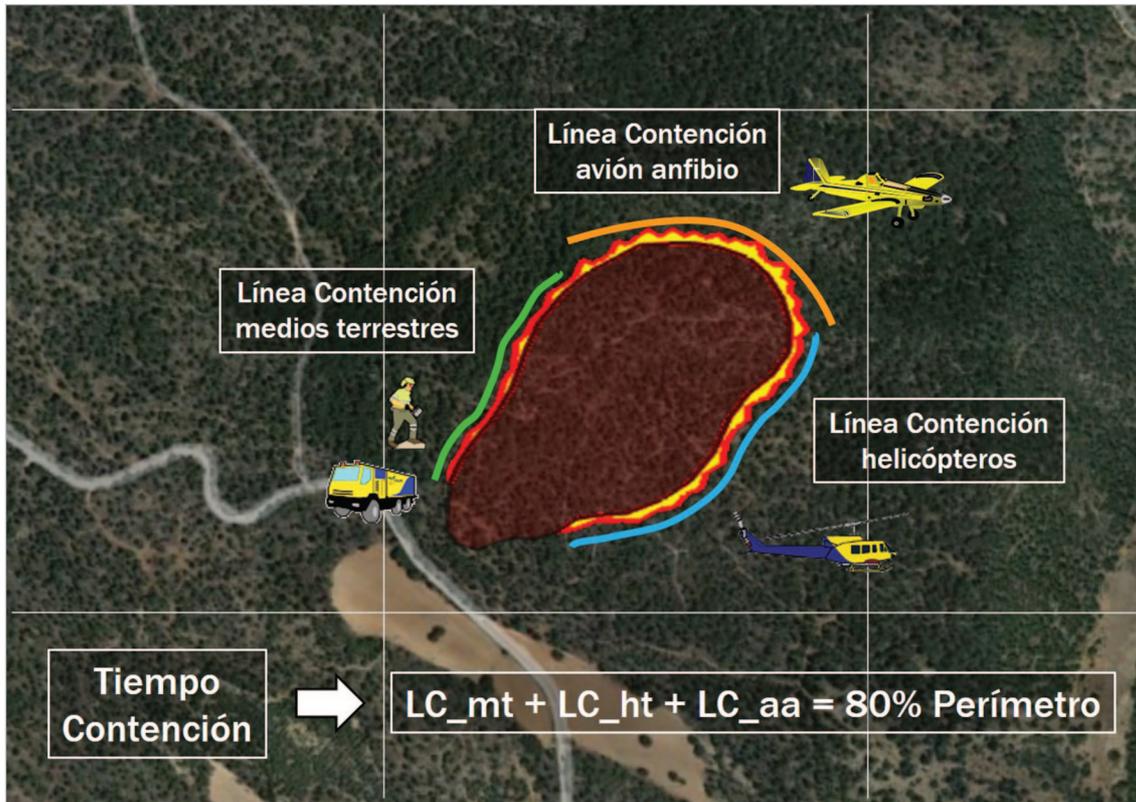
La esencia de la herramienta GIS será determinar si un medio de extinción (o combinación de medios) tiene capacidad para contener un incendio (*Fig. 2*), y en qué tiempo lo logra, para lo cual es preciso establecer unas hipótesis en el proceso de cálculo:

1. El territorio se divide en celdas de 25 ha, dentro de las cuales se simula un incendio y se contrastará su perímetro con la línea de contención ejecutada por los medios. El escenario meteorológico considerado correspondiente al percentil 66% de los GIF ocurridos en Castilla-La Mancha en el último decenio.

2. Se considera que un incendio está contenido o estabilizado (sin frentes activos) cuando los medios de extinción han ejecutado una línea de contención mediante sofocación rápida en ataque directo sobre el 80 % de su perímetro.
3. El perímetro del incendio se asimila a una forma geométrica elíptica (Anderson, 1983; Catchpole, 1992; Rothermel, 1972), de dimensiones proporcionales a la velocidad de propagación y el tiempo transcurrido. Para la simulación de la propagación de incendios forestales se empleará el software *Wildfire Analyst* (Ramírez y Monedero, 2010).
4. El tiempo de contención es el transcurrido desde el inicio del incendio hasta su contención, considerando que la activación de medios coincide con el inicio.



**Figura 2.** Posible despacho de medios a un incendio.



**Figura 3.** Línea de contención ejecutada por los medios despatchados.

5. Los medios posibles a activar en el despacho inicial son los medios terrestres y helicópteros de la zona de despacho correspondiente, y el avión anfíbio de ámbito provincial. Para cada tipo de medio se calculará el tiempo de llegada a cada celda del territorio desde la base más próxima.
6. El rendimiento en la ejecución de línea de contención para cada medio en cada celda se calculará en función del modelo de combustible, la táctica posible, la intensidad del frente (medida por su longitud de llama) y la distancia a puntos de recarga de agua (Porrero y Chico, 2000; Rodríguez y Silva, 2007; Grillo *et al.*, 2008),
7. Los medios terrestres que disponen de autobomba ofrecerán un rendimiento en construcción de línea de contención correspondiente a tácticas con tendido de manguera hasta 1 km desde el vial más próximo, mientras que en el resto del territorio tendrán el rendimiento correspondiente a tácticas con herramienta manual.
8. Los helicópteros ligeros junto a su brigada, así como el avión anfíbio, ofrecerán un rendimiento equivalente a la longitud de sus descargas.
9. El riesgo en cada celda se obtendrá mediante una revisión y actualización del

mapa de riesgo provincial disponible en el Plan Provincial de Defensa Contra Incendios Forestales de Albacete (JCCM, 2020).

#### 4. Resultados

Para construir la Herramienta GIS de decisión se procede a superponer en un software GIS la cartografía elaborada, de modo que clicando sobre cada celda del territorio se pueden conocer de forma instantánea los parámetros mostrados en el Ejemplo (Fig. 4).

En el caso de la celda seleccionada, se puede observar en primer lugar que se trata de una zona de Riesgo 3 (alto). Los medios terrestres más cercanos tendrían un tiempo de llegada de 17 min, procedentes de la Base 9, y se estima que no tendrían capacidad para contener el incendio (Tiempo de contención = 999: El incendio no puede ser contenido por rendimiento insuficiente de los medios, o por tiempo insuficiente para hacerlo dentro del tamaño de la celda). Los helicópteros tardarían 19,7 min, viniendo de la Base 1, y podrían contener el incendio en 46,5 min por si solos. El avión anfibia llegaría en 36,2 min, y no tendría capacidad de contención por sí solo. En caso de activar un ataque combinado con medios terrestres y helicópteros el tiempo de contención bajaría hasta los 32,2 min, o hasta los 37,6 min en el caso de combinar helicópteros con avión anfibia. La combinación de medios terrestres y avión anfibia seguiría sin capacidad de contención. Si se activan los tres tipos de medios, el tiempo de contención se mantiene en 32,2 min ya que el avión llegaría

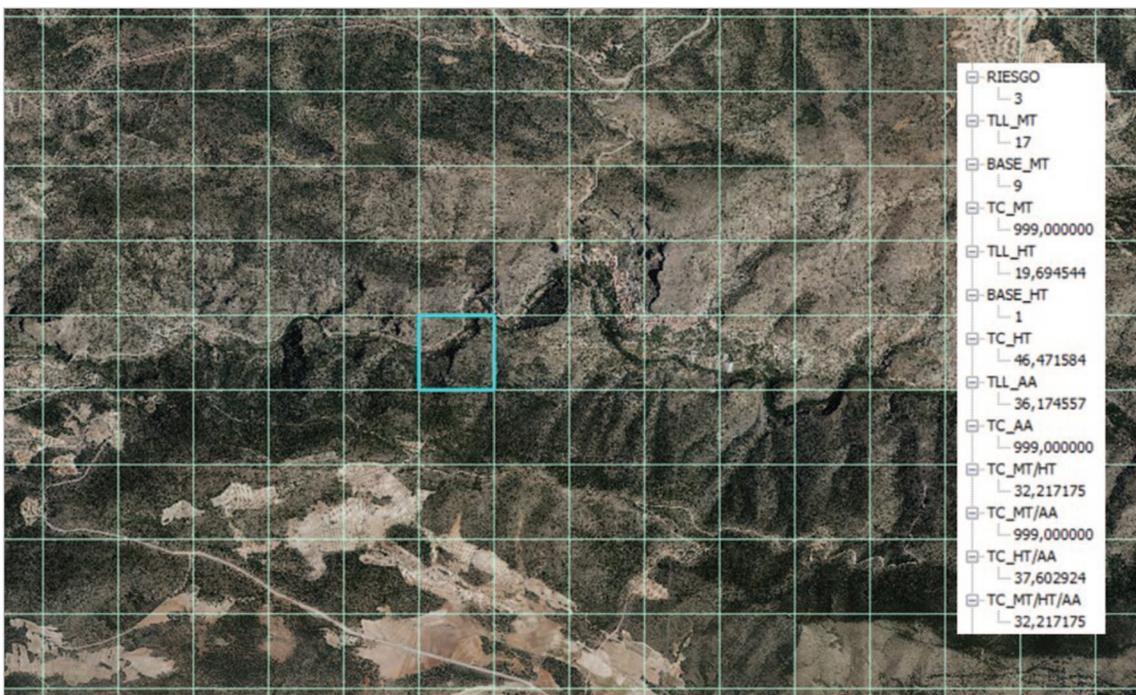
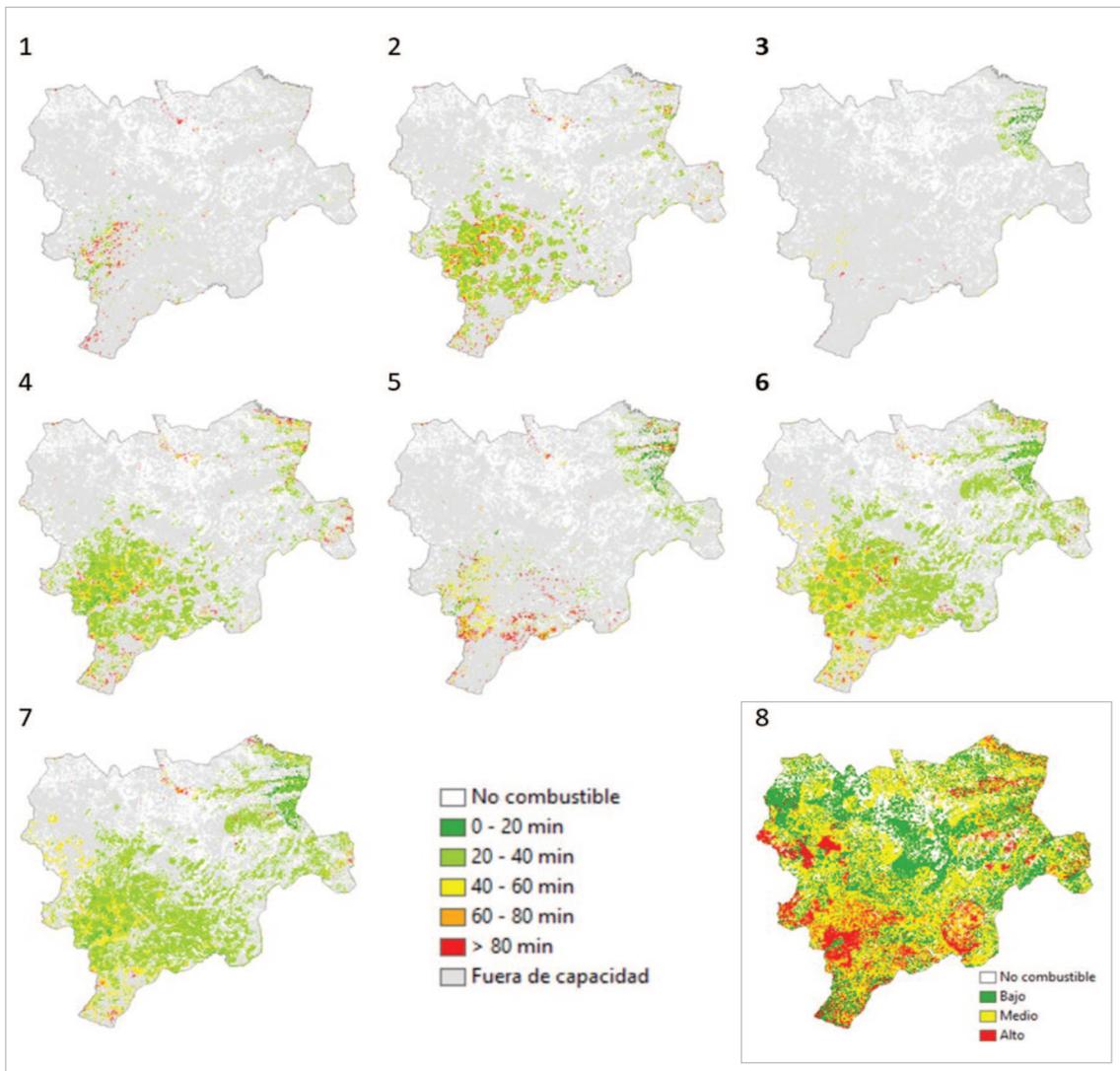


Figura 4. Ejemplo de consulta sobre la Herramienta GIS.

después de la contención realizada por medios terrestres y helicópteros, y por lo tanto su activación sería innecesaria.

En base a la información consultada, y bajo un escenario meteo significativamente favorable para GIF, el gestor responsable del despacho inicial de medios puede justificar la decisión de contener cuanto antes el incendio, activando ataque combinado de medios terrestres y helicópteros de las bases más cercanas, sabiendo que la activación del avión anfíbio no sería determinante y podría mantenerse en base disponible para otro posible incidente.

Además de la utilidad de la Herramienta GIS durante la fase de emergencia, la cartografía implementada ha permitido realizar un análisis de la capacidad de contención en ataque inicial que ofrece la distribución y tipología actual de medios en



**Figura 5.** Tiempo de contención para medios terrestres (1), helicópteros (2), avión anfíbio (3), medios terrestres y helicópteros (4), medios terrestres y avión anfíbio (5), helicópteros y avión anfíbio (6), medios terrestres, helicópteros y avión anfíbio (7) e Índice de Riesgo provincial recalculado (8).

el territorio de estudio (*Fig. 5 y Tab. 2*), obteniéndose en el caso de activación combinada de medios terrestres, helicópteros y avión anfibia un 34,8% de eficacia en todo el territorio, con un tiempo de contención inferior a 60 min en el 97,8% de los incendios contenidos. Destacan los helicópteros, que presentan los mejores resultados (por si solos o combinados), ubicándose estos en las proximidades de los puntos de agua. Los medios terrestres aportan por si solos poca capacidad de contención en el territorio (2,1 %), presentando un porcentaje importante (30,7 %) de tiempos de contención por encima de los 80 min, además su eficacia no muestra correlación con la ubicación de las bases. El avión anfibia ofrece bajos tiempos de contención gracias a la contundencia de su primera descarga, con tiempos de contención inferiores a 40 min en el 82,3% de los incendios contenidos, aunque debido al emplazamiento de su base su eficacia en todo el territorio queda limitada (1,7%).

En cuanto a la contención de incendios respecto del riesgo, todos los despachos de medios individuales o combinados consiguen en torno al 50% de sus contenciones en celdas con riesgo medio. Las contenciones en celdas con riesgo bajo y riesgo alto se sitúan alrededor del 30% y del 20% respectivamente, para todos los medios individuales o combinados salvo para el avión anfibia, quien consigue sólo un 10,7 % de sus contenciones en celdas con riesgo alto. En general, el menor porcentaje de contención en celdas de riesgo alto puede explicarse por las características propias de esas celdas, con capacidad para desarrollar incendios de mayor comportamiento energético y dinámico, donde el ataque inicial suele ser insuficiente.

## 5. Discusión

Se han detectado aspectos que podrían infraestimar los tiempos de contención, como la anulación total del rendimiento de los medios debida a la intensidad del incendio, o el no contemplar la disminución progresiva del perímetro debido a la llegada secuencial de medios, frente a aspectos que sobrestiman los tiempos de contención, como el cálculo promediado de las descargas de los medios aéreos. Para avanzar en el ajuste general de la herramienta habría que culminar el proceso de calibración con incendios ocurridos en el territorio de estudio, lo cual permitirá mejorar las estimaciones de perímetros y los rendimientos de los medios a considerar. Otras mejoras a implementar serían incorporar a los cálculos la opción de activar medios aéreos y terrestres de despachos limítrofes, así como considerar escenarios meteorológicos adicionales.

## 6. Conclusiones

La Herramienta GIS construida aporta información de ayuda a la decisión al gestor responsable del despacho inicial de medios, al permitirle realizar consultas ágiles en cada celda del territorio (49.000 celdas de 25 ha) sobre el tiempo que emplearían en contener un posible incendio los medios activados, además de referenciar el índice de riesgo en esa celda. Los resultados se presentan individualizados por

Tabla 2. Análisis tiempos de contención.

Tipo de medio	Incendios contenidos		Tiempo de contención			Riesgo 1		Riesgo 2		Riesgo 3	
	Celdas	% (*)	Minutos	Celdas	% (**)	Celdas	% (**)	Celdas	% (**)	Celdas	% (**)
Medios Terrestres	1014	2,1	0-20	101	10,0	284	28,0	474	46,7	256	25,2
			20-40	300	29,6						
			40-60	184	18,1						
			60-80	118	11,6						
			>80	311	30,7						
Helicópteros	6980	14,3	0-20	34	0,5	1911	27,4	3525	50,5	1544	22,1
			20-40	4926	70,6						
			40-60	1029	14,7						
			60-80	468	6,7						
			>80	523	7,5						
Avión anfíbio	822	1,7	0-20	275	33,5	342	41,6	392	47,7	88	10,7
			20-40	401	48,8						
			40-60	117	14,2						
			60-80	3	0,4						
			>80	26	3,2						
Medios Terrestres – Helicópteros	9635	19,7	0-20	153	1,6	2723	28,3	4916	51,0	1996	20,7
			20-40	7268	75,4						
			40-60	1307	13,6						
			60-80	582	6,0						
			>80	325	3,4						
Medios Terrestres – Avión anfíbio	3302	6,7	0-20	505	15,3	1042	31,6	1621	49,1	639	19,4
			20-40	1169	35,4						
			40-60	628	19,0						
			60-80	461	14,0						
			>80	539	16,3						
Helicópteros – Avión anfíbio	15615	31,9	0-20	442	2,8	5226	33,5	7815	50,0	2574	16,5
			20-40	11377	72,9						
			40-60	2926	18,7						
			60-80	518	3,3						
			>80	352	2,3						
Medios Terrestres – Helicópteros – Avión anfíbio	17019	34,8	0-20	647	3,8	5691	33,4	8554	50,3	2774	16,3
			20-40	13366	78,5						
			40-60	2637	15,5						
			60-80	231	1,4						
			>80	138	0,8						

(\*) Porcentaje sobre el total de celdas con propagación potencial de incendios (48956).

(\*\*) Porcentaje sobre el total de celdas con incendios contenidos por ese medio o combinación de medios.

tipos de medio o combinaciones de medio, de forma que el gestor puede considerar la disponibilidad real de recursos en ese momento (medios actuando en otro incendio o medios inoperativos). La metodología propuesta permitiría evaluar otra distribución y tipología de medios de extinción, en busca de alternativas que maximicen el control de incendios en ataque inicial en las zonas con mayor riesgo.

### **Agradecimientos**

Deseo mostrar mi agradecimiento a la tutora académica, Begoña Abellanas, y al cotutor técnico, Domingo Calderón, por sus revisiones, correcciones y aportaciones, así como al Plan INFOCAM por la información facilitada, y por supuesto a mi familia por su apoyo.

### **7. Bibliografía**

- Anderson, H.E.; 1983. Predicting wind-driven wild land fire size and shape. USDA Forest Service Research Paper INT-305. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.69035>
- Catchpole, E.A.; Alexander, M.E.; Gill, A.M.; 1992. Elliptical fire perimeter and area intensity distributions. *Can. J. For. Res.*, 22:968-972. <https://doi.org/10.1139/x92-129>
- Grillo, F.; Castellnou, M.; Molina, D.; Martínez, E.; Díaz, D.; 2008. Análisis del incendio forestal: Planificación de la extinción. AIFEMA
- JCCM - Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 2017. Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de Castilla-La Mancha. [https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20180108/plan\\_infocam\\_2017.pdf](https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20180108/plan_infocam_2017.pdf)
- JCCM - Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 2020. Plan Provincial de Defensa Contra Incendios Forestales de Albacete. [https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20201110/plan\\_provincial\\_de\\_defensa\\_contra\\_incendios\\_forestales\\_ab.pdf](https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20201110/plan_provincial_de_defensa_contra_incendios_forestales_ab.pdf)
- Porrero, M, Chico, F.; 2000. Rendimientos del personal de extinción. *La Defensa contra Incendios Forestales: Fundamentos y Experiencias* (Coord. R. Vélez Muñoz). Capítulo. 19.6, pp. 19.108-19.120, McGraw-Hill, Madrid, Spain.
- Ramírez, J.; Monedero, S.; 2010. Wildfire Analyst: Llevando el análisis del comportamiento del fuego al terreno. 3ª Conferencia de comportamiento del fuego y combustibles, 25-29 Octubre 2010, Spokane, Washington, USA.
- Rodríguez y Silva, F.; 2007. Coste y eficiencia en las operaciones de extinción de 452 incendios forestales fundamentos y herramientas para su estudio y análisis. IV International 453 Wildland Fire Conference. Sevilla. Mayo 2007.
- Rodríguez y Silva, F.; Molina, J.R.; Herrera, M.A.; Zamora, R.; 2009. The Impact of Fire and the Socioeconomic Vulnerability of Forest Ecosystems: a Methodological Approach Using Remote Sensing and Geographical Information Systems. General Technical Report PSW-GTR-227. Carolina, Puerto Rico, 151-167.
- Rothermel, R.C.; 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. Research Paper INT-115. 40 pp