

# Diseño de discontinuidades en vegetación forestal para la planificación de grandes macizos<sup>1</sup>

Antoni Tudela<sup>2</sup>, Núria Idañez<sup>3</sup>, José A. Terés<sup>2</sup>, Raimon Mestres<sup>2</sup>,  
Jaume Miró<sup>2</sup>, Francesc X. Castro<sup>2</sup>, Esteve Canyameres<sup>2</sup>, Gael  
Rosselló<sup>4</sup>

## Resumen

La planificación en la lucha contra incendios a escala de macizo forestal requiere del diseño de discontinuidades en la vegetación actual. Estas discontinuidades son zonas donde el comportamiento del fuego facilite el trabajo de las brigadas de extinción. La localización y tamaño de las discontinuidades debe ser estudiada en base a las diferentes situaciones de riesgo y las condiciones de propagación de incendios ocurridos en la zona. La propuesta para el diseño de discontinuidades se basa en la utilización de técnicas estadísticas de agrupación de los incendios que han ocurrido en los últimos 20 años por las condiciones meteorológicas de los mismos. Para cada una de las situaciones se han definido con simulación informática las características de la llama y la dirección de propagación principal en condiciones meteorológicas medias y extremas. Las características de la llama definirán la anchura de las discontinuidades para contener el avance del fuego por radiación. La dirección de propagación permitirá validar la localización de la discontinuidad. Se propone un ejemplo de aplicación en el macizo de protección prioritaria del Montmell (Baix Penedès, Tarragona). Incluye 30.400 hectáreas; más de un 70% de las cuales son forestales. Entre 1986 y 2005 han sucedido más de 400 incendios que han quemado unas 8.000 hectáreas. Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto GRINFOMED+MEDFIRE del programa Interreg 3B medocc.

## 1. Introducción

En el año 1995 en Cataluña se planteó una primera delimitación de los Perímetros de Protección Prioritaria (PPP). Los perímetros de protección prioritaria, son macizos forestales definidos como grandes superficies con una elevada continuidad forestal y un elevado riesgo de incendio que se delimitaron aprovechando las discontinuidades que creaban las vías de comunicación, límites hidrológicos, y corredores de cultivos. Desde su creación estos macizos forestales se han convertido en zonas con una inversión preferente en materia de prevención de incendios forestales, a la vez que tienen una gran utilidad como unidades de planificación, en infraestructuras de prevención como pueden ser red de puntos de

---

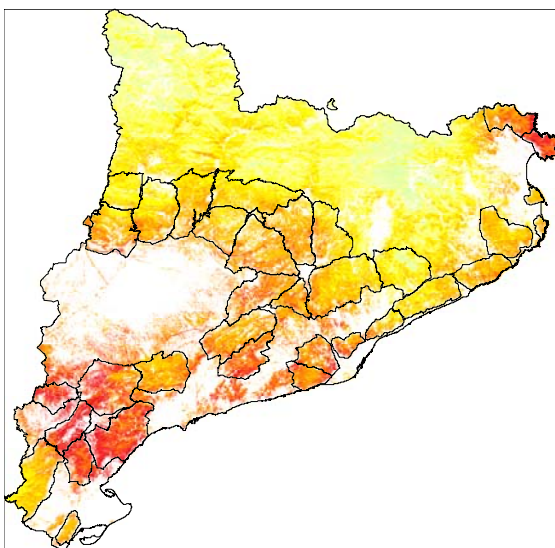
<sup>1</sup> Esta comunicación se incluye en el proyecto europeo Interreg IIIB GRINFOMED+MEDIFIRE

<sup>2</sup> Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Direcció General de Medi Natural. Santa Perpètua de Mogoda. Catalunya. España.

<sup>3</sup> Federació d'ADF del Penedès Garraf. Vilafranca del Penedès Catalunya. España

<sup>4</sup> Center of Test and Investigation of l'ENTENTE (CEREN). France

agua para medios aéreos, y franjas de baja combustibilidad, que necesitan de una escala de trabajo superior que las planificaciones clásicas municipales. El año 2003 con la aprobación de la revisión del Pla Especial d'Emergències per Incendis Forestals de Catalunya (INFOCAT 2003), se efectúa una revisión del trazado de los PPP, aprobándose su actual delimitación que se representa en la *figura 1*.



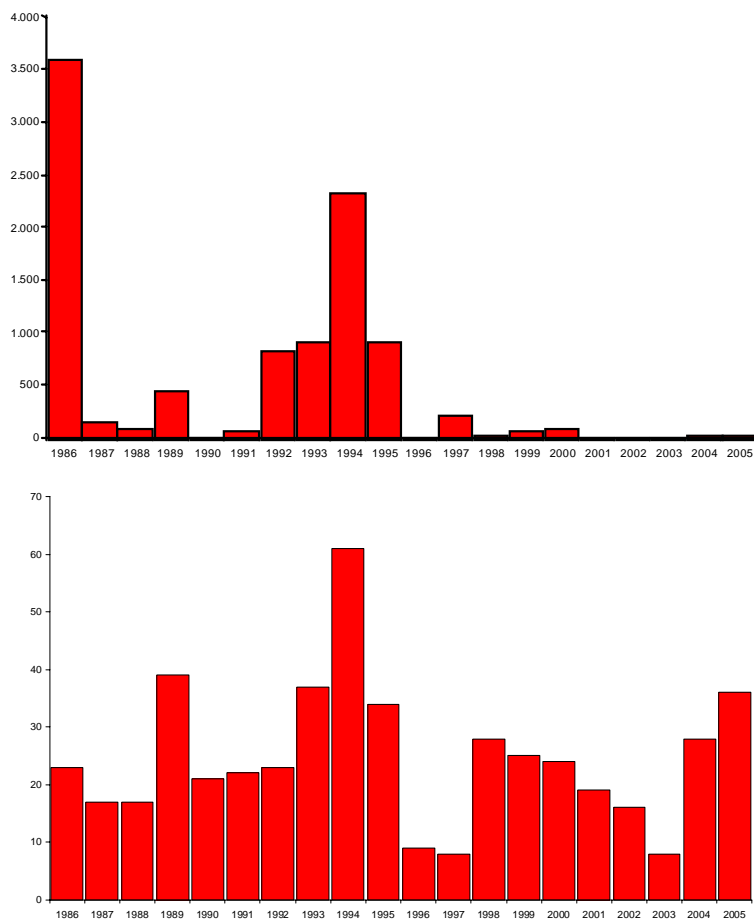
**Figura 1:** Delimitación de los perímetros de protección prioritaria sobre el mapa de riesgo básico de Catalunya. Fuente Infocat 2003

Validar las infraestructuras preventivas en las planificaciones requiere del estudio del comportamiento del fuego, y las simulaciones deben efectuarse a partir de las condiciones en las que se han desarrollado los incendios forestales más importantes en la zona. Este trabajo propone una metodología de análisis de las distintas tipologías de incendios forestales históricos acaecidos dentro del perímetro de protección prioritaria del Montmell a partir de las condiciones meteorológicas, con el objeto de escoger los archivos “meteo” para usar en simuladores.

## 2. Metodología

El macizo forestal del Montmell- Pontons- Mediona tiene una superficie de 30400 ha, situadas en 16 términos municipales: Aiguamúrcia, Castellví de la Marca, El Montmell, Font Rubí, La Bisbal del Penedès, La Llacuna, Llorenç del Penedès, Mediona, Pontons, Rodonyà, Querol, Sant Jaume dels Domenys, Sant Martí de Sarroca, Sant Quintí de Mediona, Torrelles de Foix, Vila-rodona. Todo el territorio se reparte entre las comarcas del Alt Penedès, Baix Penedès, Alt Camp, Anoia y las provincias de Tarragona y Barcelona. Los usos del suelo forestales (arbolado y no arbolado) son mayoritarios (70 por ciento) Entre los usos del suelo agrícolas (25 por ciento) hay que destacar las plantaciones de viña (17 por ciento). En los bosques del macizo del Montmell hay un claro predominio de *Pinus halepensis* prácticamente monoespecífica con presencia de *Quercus faginea* y *Quercus ilex*. Se trata de masas irregulares en su distribución diamétrica, con la mayoría de pies de 15 centímetros de diámetro normal. La propiedad forestal es mayoritariamente privada, aunque también hay fincas públicas propiedad de los municipios de la zona y de la Generalitat de Catalunya que no superan en total el 10 por ciento de la superficie forestal.

Del estudio de la estadística histórica se desprende que el número de incendios anual es muy variable (de 8 a 60 incendios por año). El año con más incendios fue 1994 y el año con menos incendios fue 1997 (*Figura 2*). Por cada 1000 hectáreas forestales, la media anual es de 0,72 incendios y 14,13 hectáreas quemadas por año. La mayor parte de los incendios forestales queman menos de una hectárea de terrenos forestales. Especialmente graves fueron los años 1986 y 1994 cuando se superaron las 2000 hectáreas quemadas. Desde el año 1997 no existe ningún año que supere las 100 hectáreas.



**Figura 2:** Arriba, superficie forestal (ha) afectada por incendios. Abajo: Número de incendios por año. Período 1986-2006, en el macizo forestal del Montmell.

Si nos centramos en los incendios de más de 20 ha, tenemos que desde el año 1995 hasta el 2005, periodo en el cual disponemos de estaciones meteorológicas automáticas, únicamente hay 8 incendios de estas características. Este número de incendios resulta insuficiente para definir las tipologías de los fuegos de la zona. Por esta razón utilizaremos los datos meteorológicos en altura (850 hPa) de temperatura y componentes u y v de la velocidad del viento, para clasificar todos los incendios de más de 20 ha ocurrido en el periodo 1980-2005. La clasificación de los incendios se efectúa mediante un análisis Cluster (Ward), con una previa estandarización de las variables (Hair y otros, 1999). Para cada grupo resultante del análisis Cluster se efectuará una simulación para condiciones medias y otra para condiciones extremas.

Para conocer qué condiciones se dan en superficie, y dentro de la serie a partir de la cual se disponga de datos en superficie (1995-2005), será suficiente buscar un día similar en altura por proximidad de los valores de las diferentes variables: temperatura, humedad relativa, y componentes de la velocidad del viento a 850 hectopascales (Bota y otros, 2006), de esta manera se obtienen las condiciones meteorológicas del día tipo para cada grupo de incendios. Conociendo también las características de cada grupo de incendios podemos hacer una búsqueda de días extremos a partir de los valores extremos en superficie de la serie 1995-2005 de las estaciones meteorológicas automáticas, y verificando posteriormente el grupo que pertenece.

En el macizo del Montmell hay un total de 4 estaciones meteorológicas del SMC (Servei Meteorologic de Catalunya): Estación del Montmell (datos desde 01/07/95); Estación de Vila-rodon (datos desde 28/07/05); Estación de Font Rubí (datos desde 01/05/98); Estación de Sant Martí Sarroca (datos desde 01/05/97). Hay estaciones fuera del macizo forestal que pueden contener datos representativos del interior del macizo (Estación de La Bisbal del Penedès datos desde 16/05/02). Los valores meteorológicos asignados a cada incendio corresponden a los valores del mediodía a partir de la interpolación de los valores de la red de estaciones. Estas estaciones tienen sensores para determinar: pluviometría, temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar (radiación global y radiación neta), temperatura de subsuelo (a 2 profundidades). Además en la estación del Montmell se dispone de sensores específicos que miden la humedad y temperatura del combustible muerto de 10 horas de retardo.

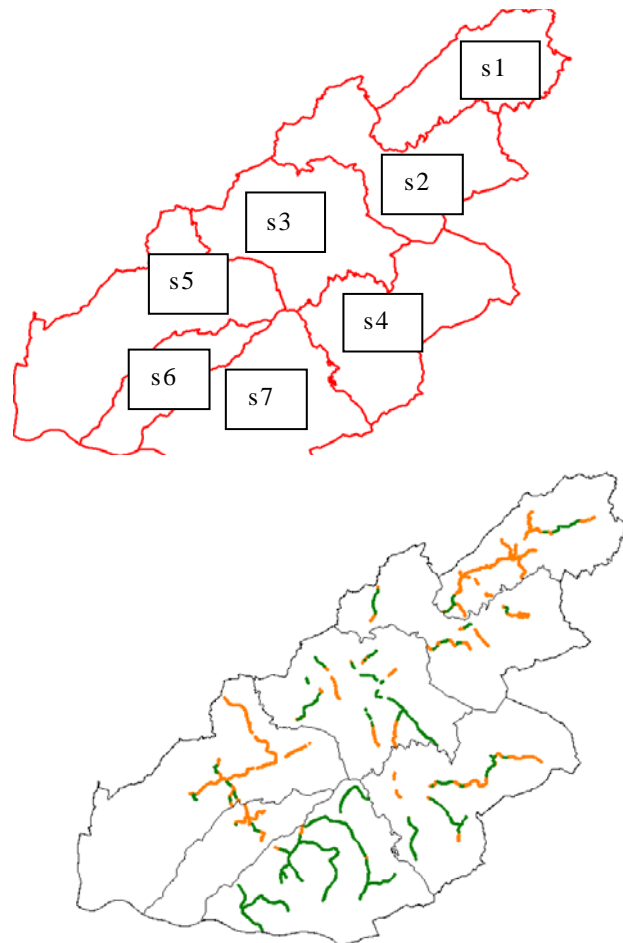
De los datos obtenidos de la red de estaciones meteorológicas automáticas se calculan diversos índice de peligro: humedad de combustible fino muerto, humedad y temperatura de combustible de 10 horas de retardo, estimaciones del contenido hídrico de los combustibles vivos (Castro y otros 2003), variables que son valores de entrada de los simuladores de incendios forestales.

Los datos del terreno se pueden derivar de la cartografía básica y temática disponible a los Servicios Cartográficos. Para construir los archivos de paisaje que se utilizaran en las simulaciones se parte de la cartografía temática disponible que pertenece básicamente a la cartografía del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. El Centro de Investigación y Aplicaciones Forestales de la Universidad Autónoma de Barcelona ha participado en la elaboración de capas como modelos de combustible (ráster 25 x 25 m) (Anderson 1982). Se utiliza también el Modelo Digital de Elevaciones (ráster 45 x 45 m) a partir del cual se calcula el mapa de pendientes y el mapa de orientaciones. Todas las capas han estado densificadas a rasters 10 x 10 metros mediante interpolación.

Se parte de una planificación previa a validar la cual ha sectorizado el macizo forestal mediante franjas de baja combustibilidad asociada a la red de caminos. De manera que los límites de un sector esta formado por vías de comunicación primarias o el límite del macizo forestal. La planificación de prevención de incendios forestales en el macizo del Montmell ha dividido el macizo en 7 sectores. La división en sectores mediante vías primarias tiene como principal función facilitar el acceso a todo el macizo de los medios de extinción de la manera más rápida posible. Dibuja la red principal de circulación, de manera que los sectores serán la escala mínima de trabajo donde se conectaran las otras infraestructuras de prevención de incendios forestales a través de vías de comunicación secundaria: áreas de baja combustibilidad y puntos de agua entre otros. Los tratamientos de combustible a lado y lado de

sectores permite crear una primera discontinuidad de combustible en el interior del macizo. En los casos donde la red principal de carreteras tenían posiciones muy encajadas en el relieve, se ha tomado como límite de sector vías de comunicación que no son primarias pero que se adecuarán como primarias a la planificación. Puesto que las vías principales de comunicación circulan mayoritariamente por los fondos de valle, es necesario planificar además franjas de baja combustibilidad en las posiciones de divisoria de aguas, estas franjas son interiores a los sectores y conectadas por vías de comunicación secundarias (Figura 3).

La anchura de las discontinuidades debería impedir al menos que el material del otro lado de la franja no entre en ignición debido al calor recibido por radiación -ver Arnaldos y otros (2004)-. Para saber si las infraestructuras diseñadas resistirán el paso del fuego se han de conocer datos como: la longitud y altura de la llama, intensidad del fuego, calor emitida por el fuego, velocidad de propagación del fuego, que se pueden aproximar a partir de simuladores. En este trabajo se han mediante simulaciones efectuadas con Nexus (Scott, 1999). Los datos iniciales conocidos son, las condiciones meteorológicas bajo las que se han propagado incendios forestales en la zona, el relieve, los modelos de combustibles, la humedad de los combustibles .



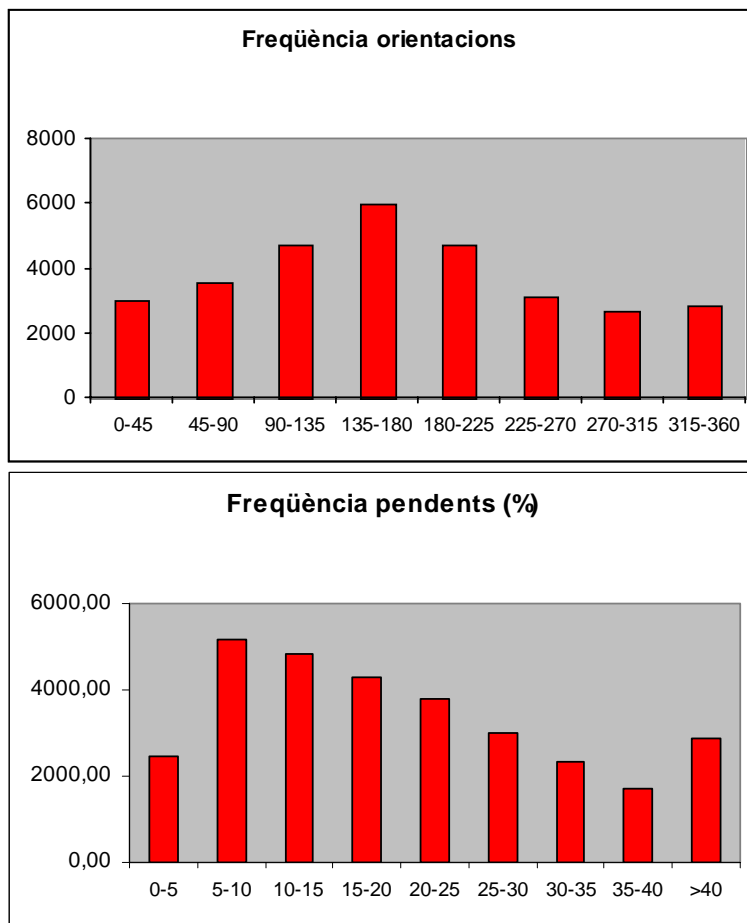
**Figura 3:** Arriba, división del PPP del Montmell en sectores. Abajo: Franjas de baja carga de combustibles interiores a los sectores (en verde se representan las franjas que ocupan zonas con cubierta arbórea, en naranja las otras).

La ubicación de las franjas de baja carga de combustible se validará mediante Flammmap (Finney y otros 2004).

### 3. Resultados

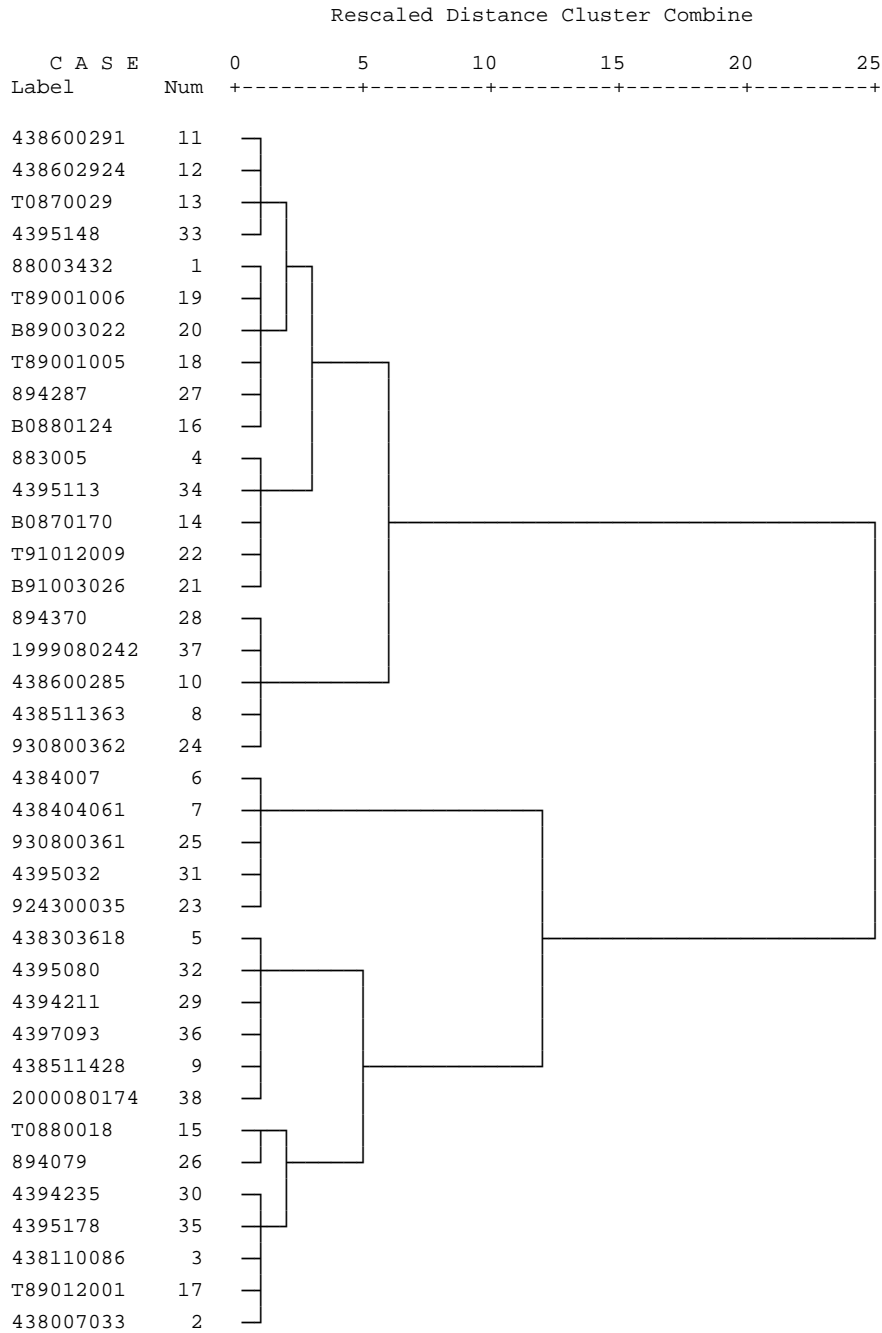
Del análisis de los datos del mapa de combustibles forestales se obtiene que en el macizo del Montmell predominan los modelos de matorral, siendo los más abundantes los modelos 5, 6 y 7, con elevada presencia de modelos de combustible 4.

Del análisis de las pendientes de la zona se desprende que, más de un 45 por ciento del territorio supera el 20 por ciento de pendiente, y en aproximadamente un 10 por ciento de la superficie se superan pendientes de un 40 por ciento.. Del análisis de orientaciones se desprende que las orientaciones en mar (sur y este) son dominantes. Tenemos pues un relieve muy expuesto a la insolación, con posibilidades de incendios topográficos conducidos a favor del viento de marinada en superficie. Por otra parte la disposición de los valles principales (este - oeste) acanala el viento de poniente que en Catalunya tiene contenidos de humedad muy bajos (Figura 4).



**Figura 4:** Izquierda: histograma de las pendientes; Derecha: orientaciones en grados en el PPP del Montmell.

El análisis Cluster de la temperatura,  $i$  componentes  $u$  i  $v$  de la velocidad del viento a 850 hectopascales nos separa los incendios en 4 grupos o clusters muy diferenciados (Figura 5). Siendo especialmente compactos los grupos 1, 3 y 4 (Figura 6).



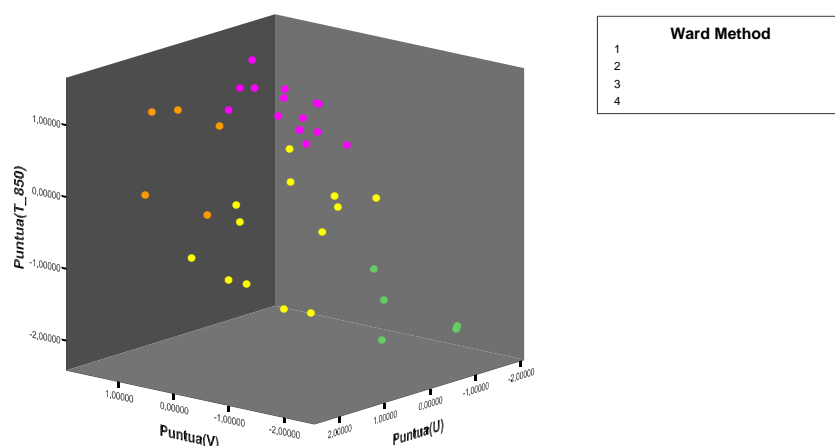
**Figura 5:** Dendrograma de distancias entre incendios históricos del PPP del Montmell, en el espacio de temperatura, y direcciones  $u$  y  $v$  de la velocidad del viento.

Grupo 1: Son incendios forestales de verano, con temperaturas en altura alrededor de 17 grados, y con humedad relativa por debajo del 60%, sin velocidad de viento (en altura). Localmente se conocen como incendios de "marinada". En las condiciones más desfavorables de dentro de este grupo encontramos un incendio de tipo sur (Montserrat, 1999), que se producen cuando las masas de aire cálido de tipo Sahariano se desplazan encima de Cataluña (Tabla 3).

Grupo 2: Son incendios forestales con viento de poniente, concretamente con viento en altura de dirección NW, y velocidades altas. Se producen todo el año.

Grupo 3: Son incendios forestales con vientos de componente norte, a temperaturas bajas y con velocidades de viento altas. Viento de mestrall en superficie.

Grupo 4: Son incendios forestales con viento de poniente, concretamente con viento de dirección SW, menos fríos que el grupo 2. Igualmente tienen velocidades de viento muy altas y se dan todo el año.



**Figura 6:** Representación gráfica de los incendios superiores a 20 ha del PPP del Montmell, según las condiciones meteorológicas en altura, temperatura y componentes u y v de la velocidad del viento. Métricas estandarizadas.

Una vez definidos los grupos ya podemos determinar unas condiciones medias de cada grupo, que serán las correspondientes al centroide de cada grupo (Tabla 1). Mediante el método de análogos conoceremos las condiciones meteorológicas medias en superficie. Las condiciones extremas en superficie han sido determinadas dentro de la serie de datos de las estaciones meteorológicas automáticas para los días representados en la Tabla 2.

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Grupo	Marinada	NW	N	SW
T850	16.63	7.50	-2.35	13.34
U850	47.55	63.97	56.28	40.11
vvU850	0.67	7.46	-1.52	8.83
Vvv850	-1.11	-7.26	-11.49	3.42

**Tabla 1:** Valores de las distintas variables meteorológicas a 850 hectopascales, para los centroides de los grupos de incendios definidos en el PPP del Montmell Siendo T850 la temperatura (°C), U850 la humedad relativa en tanto por ciento, vvU850 y Vvv850 las componentes de la velocidad del viento.



	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Grupo	Marinada	NW	N	SW
Día medio	11/06/94	08/09/95	02/03/96	09/08/99
Día extremo	14/08/03	21/12/98	03/04/03	29/12/01

**Tabla 2:** Días utilizados para efectuar las simulaciones, en condiciones medias de cada grupo de incendios y en condiciones extremas.

Grupo	Municipio inicio	Fecha	S forest	U850	T 850	VV850	DV
1	MEDIONA	12/09/80	40	49,0	17,2	5,5	324
1	TORRELLES DE FOIX	04/06/83	63	33,4	17,3	4,2	160
1	AIGUAMÚRCIA	16/07/86	120	48,1	14,5	1,6	3
1	EL MONTMELL	16/07/86	519	48,1	14,5	1,6	3
1	QUEROL	02/07/87	65	52,3	16,7	2,9	60
1	LA LLACUNA	20/09/87	22	34,9	18,4	3,4	220
1	LA LLACUNA	08/08/88	20	57,9	17,8	3,9	355
1	AIGUAMÚRCIA	25/07/89	94	62,9	15,2	4,4	347
1	AIGUAMÚRCIA	30/07/89	80	49,2	19,0	4,2	309
1	FONT-RUBÍ	31/07/89	170	54,3	18,0	6,9	304
1	FONT-RUBÍ	06/08/91	22	33,3	21,7	2,6	239
1	EL MONTMELL	11/09/91	30	50,6	16,2	4,3	223
1	TORRELLES DE FOIX	20/07/94	182	61,0	14,5	5,5	327
1	S. J. DELS DOMENYS	25/06/95	690	42,5	11,7	6,2	72
1	EL MONTMELL	08/07/95	26	35,9	16,9	4,5	125
2	AIGUAMÚRCIA	11/10/80	130	73,3	6,6	19,2	285
2	EL MONTMELL	04/05/81	28	72,0	3,4	15,5	297
2	BISBAL DEL Penedès	14/06/83	250	44,4	9,8	10,2	353
2	EL MONTMELL	06/08/85	30	68,3	8,1	13,2	321
2	QUEROL	31/03/88	32	66,6	0,4	15,0	316
2	BISBAL DEL Penedès	01/03/89	53	74,3	2,9	13,8	289
2	SANT MARTÍ SARROCA	10/04/94	511	68,9	0,8	15,0	307
2	BISBAL DEL Penedès	25/08/94	131	72,2	12,3	10,4	311
2	QUEROL	16/09/94	50	57,4	8,5	12,4	291
2	QUEROL	30/05/95	35	59,5	8,1	6,6	349
2	EL MONTMELL	08/09/95	106	48,0	10,1	11,8	289
2	EL MONTMELL	10/10/97	193	59,8	15,4	9,7	310
2	TORRELLES DE FOIX	14/07/00	74	67,1	11,3	12,0	327
3	EL MONTMELL	09/03/84	230	62,2	-4,8	13,9	29
3	BISBAL DEL Penedès	10/03/84	50	55,3	-6,2	8,3	18
3	EL MONTMELL	17/04/92	699	64,7	-2,5	17,0	1
3	SANT MARTÍ SARROCA	23/10/93	42	70,9	-0,6	10,7	355
3	EL MONTMELL	20/03/95	27	28,4	2,3	9,7	355
4	AIGUAMÚRCIA	30/03/85	50	27,6	5,8	6,2	232
4	QUEROL	06/07/86	2.906	52,7	17,2	9,8	277
4	FONT-RUBÍ	13/09/93	750	42,9	9,9	13,5	254
4	MEDIONA	10/08/94	317	34,9	17,1	11,1	239
4	CASTELLVÍ LA MARCA	09/08/99	23	42,4	16,8	8,7	235

**Tabla 3:** Condiciones meteorológicas a 850 hectopascales de los incendios superiores a las 20 ha del perímetro de protección del Montmell, y grupo o cluster de pertenencia. Siendo T850 la temperatura (°C), U850 la humedad relativa en tanto por ciento, vv850 la velocidad del viento en m/s y DV la dirección del viento en grados sexagesimales. S. Forest: superficie forestal quemada en los incendios iniciados en el municipio y fecha indicados.

## 4. Discusión

De los resultados anteriormente obtenidos y utilizando el simulador Nexus podemos testar la anchura de las áreas de baja combustibilidad (Arnaldos y otros, 2004). La *tabla 4* muestra las anchuras mínimas teóricas que debe tener las franjas de baja combustibilidad atendiendo únicamente a la propagación de calor por radiación. Se observa que en las zonas de arbolado y para todas las situaciones de rachas máximas de viento la anchura de estas franjas debe ser superior a los 50 metros, mientras que son efectivas, para los incendios de tipo 1 tanto en condiciones de arbolado como de matorral (*Tabla 4*). Consideramos que las anchuras de las áreas de baja combustibilidad a ejecutar para permitir el control del fuego cuando el viento es muy fuerte tienen un impacto demasiado elevado, y no van a permitir el ataque frontal, para situaciones extremas y rachas máximas de episodios de viento. Sin embargo en estos mismos episodios las franjas de 50 metros de anchura, en posiciones paralelas (flancos), pueden contener la expansión lateral del incendio. Hay que considerar también que cuando las rachas máximas del viento son importantes la columna convectiva generada en la combustión permanece muy inclinada calentando la vegetación pendiente de quemar y los cálculos que hemos efectuado infravaloran la anchura de las franjas (*Figura 7*).

Grupo	Cubierta	Pendiente	Rachas de viento	Anchura
Tipo 1: Incendios de marinada	Arbolado	Baja Alta	Máximas	20-30 m
	No arbolado	Baja Alta	Máximas	< 20 m
Tipo 2: Incendios con viento de poniente NW	Arbolado	Baja Alta	Máximas	> 50 m
	No arbolado	Baja Alta	Máximas	20 - 30 m
Tipo 3: Incendios con viento de norte	Arbolado	Baja Alta	Máximas	> 50 m
	No arbolado	Baja Alta	Máximas	20 - 30 m
Tipo 4: Incendios con viento de poniente SW	Arbolado	Baja Alta	Máximas	> 50 m
	No arbolado	Baja Alta	Máximas	20 - 30 m

**Tabla 4:** Estudio de las anchuras de las áreas de baja combustibilidad, para contener el avance del fuego por radiación, determinada a partir de simulaciones de incendios históricos del PPP del Montmell.

La distancia de caída de los focos secundarios dependerá de la velocidad de combustión y el flujo de gases emitidos que forman la columna convectiva. (Arnaldos y otros, 2004). Aunque los modelos teóricos pueden infravalorar estas distancias, en la aplicación del modelo de Woycheese y otros (1999) en el macizo del Montmell los focos secundarios pueden superar la anchura de las franjas en los grupos 2, 3 i 4; caídas situadas entre 200 y 500 metros desde el punto emisor para velocidades medias de viento de 10 metros por segundo.

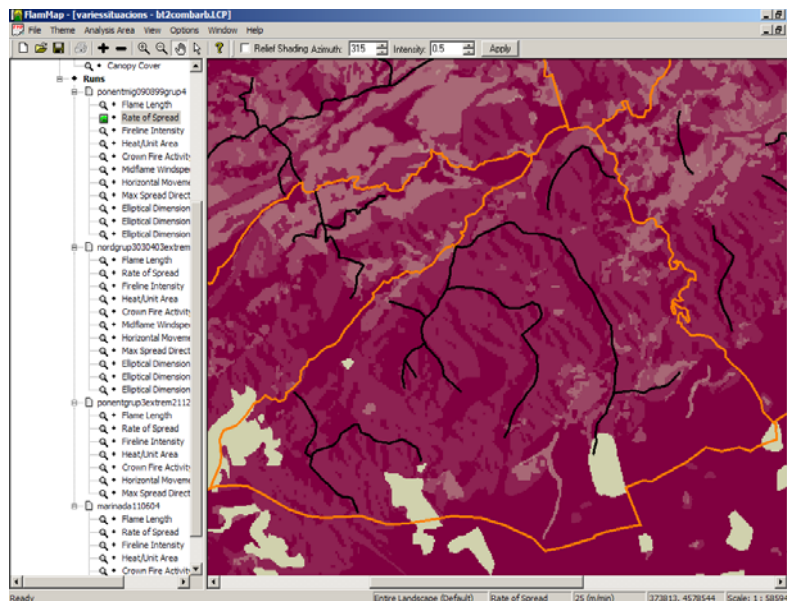
Las situaciones meteorológicas que en este trabajo han sido clasificadas como incendios de marinada (grupo 1) sólo forman focos secundarios en condiciones extremas. El incendio extremo, del grupo 1, corresponde a un incendio de tipo sur de acuerdo con la tipología de episodios de incendios que estableció Montserrat (1998). Los incendios de tipo sur son raros en este macizo. Solo se observa un precedente de

incendio superior a las 20 hectáreas en el PPP del Montmell ocurrido en el 06/08/91 (Tabla 3).



**Figura 7:** Columna convectiva durante un incendio forestal con viento fuerte.

La posición de las áreas de baja carga de combustible puede validarse mediante el simulador Flammap, para cada una de las tipologías de incendios resultantes del análisis Cluster. En la *Figura 8* se representa la salida de la velocidad de propagación de una simulación para condiciones medias del grupo 4.



**Figura 8:** Mapa de velocidades de propagación para el sector 7 del Montmell, en condiciones de vientos de poniente no extremas.

## 5. Conclusiones

Las técnicas estadísticas de análisis de agrupación de variables meteorológicas en altura permiten establecer tipologías diferenciadas de incendios.

La aplicación en el caso concreto del Perímetro de Protección Prioritaria del Montmell, (Catalunya), consigue discriminar los episodios meteorológicos, y por tanto establecer grupos de incendios, para testar mediante simuladores de incendios las infraestructuras de prevención propuestas en su planificación.

## 6. Bibliografía

- Anderson, HE. (1982). **Aids to determining fuel models for estimating fire behavior**. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. INT-122. Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden, Utah.
- Arnaldos, J. Navalon, X. Pastor, E. Planas, E. & Zárata, L (2004) **Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales**. Mundi-Prensa. Barcelona
- Bota Moliner, L. Altava-Ortiz, V. Llasat, MC. Castro, FX & Montserrat, D.(2006). **Probabilistic forecast method for wildfires in Catalonia (1990-2005)**. Proceedings of the 5th international conference on Forest Fire Reseach. Figueira da Foz. Portugal.
- Castro, FX. Tudela, A. & Sebastià, MT. (2003) **Modelling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia**. Agricultural and Forest Meteorology 116 49-53.
- Finney, M.Brittain, S. & Seli R. **FlamMap V2**.Join Fire Sciences Program, Rocky Mountain Research Station US Bureau of Land Management. Systems for Environmental Management
- Hair, JF., Anderson, RE. Tatham, RL. & Black, C. (1999). **Analisis Multivariante**.. Prentice Hall Iberia, Madrid, 382 pp
- Infocat 2003. **Pla especial d’Emergències per Incendis Forestals a Catalunya**.
- Montserrat, D. (1998) **Situaciones sinópticas relacionadas con el inicio de grandes incendios forestales en Catalunya** Nimbus 1-2
- Scott, J. H.(1999) **Nexus: A system for assessing crown fire hazard**. Fire management Notes, 59 (2): 20-24
- Woycheese, J.P. Pagni, P.J. & Liepman, D. (1999) **Brand propagation from large-scale fires**. Journal of fire proteccion engineering, 10 (2): 32-44