

**ANÀLISI DEL RENDIMENT I CAPACITAT DE
TREBALL EN MANIOBRES D'EXTINCIÓ
D'INCENDIS FORESTALS DE BOMBERS DE
LA GENERALITAT DE CATALUNYA**

**Equip de redacció: Unitat Tècnica GRAF
Maig 2012**

1 Introducció

En un escenari d'intercanvis i ajudes entre cossos d'extinció d'incendis forestals és bàsic saber qui sap fer què, com i amb quins requeriments logístics i organitzatius. Aquesta informació tècnica de l'operativa d'un cos d'extinció d'incendis permet poder planificar adequadament els intercanvis a la vegada que dona eines a cada organització per enriquir-se i millorar la seva eficiència. Una d'aquestes informacions bàsiques és la dels rendiments de treball i, de manera concreta, la velocitat de progressió en extinció de cada maniobra duta a terme.

Actualment el cos de Bombers de la Generalitat de Catalunya disposa de diferents eines per a l'extinció del foc forestal: línia d'aigua, eines manuals, cremes, mitjans aeris, maquinària pesada... Aquestes eines es poden combinar de diferents maneres que donen lloc a una diversitat de maniobres per augmentar l'eficiència i la capacitat d'extinció del cos de Bombers.

Un dels paràmetres utilitzats per valorar la capacitat d'extinció d'un cos de bombers és, precisament, comparar la velocitat de progressió de les maniobres en el flanqueig de l'incendi respecte a la velocitat en què avança el cap. Aquesta comparativa és un dels paràmetres que defineix què és un gran incendi forestal, ja que el comportament d'un gran incendi forestal és aquell que, per definició, supera la capacitat d'extinció del servei d'extinció, i aquesta definició ens dona una pauta de quin és el rendiment de treball propi de cada organització.

Per a Catalunya (Bombers de la Generalitat de Catalunya, 2007; Costa *et al.*, 2011) aquest límit de la capacitat d'extinció o, el que és el mateix, a partir de quin moment l'incendi supera el sistema d'extinció, s'estima en:

- velocitat de propagació del cap > 3 km/h
- longitud de flama > 2 m

Paral·lelament, hi ha autors (Villalba, 2008; Molina *et al.*, 2009) que coincideixen a posar el límit per a les esquadres terrestres d'atac directe amb línia d'aigua des d'una autobomba en els 2-2,5 m de longitud de flama i 1-1,5 m en l'atac directe amb eines manuals.

Hi ha diversos treballs no publicats que aporten valors de rendiments de treballs en l'aspecte de la progressió o velocitat d'extinció. Algunes d'aquestes dades de rendiments del personal d'extinció, majoritàriament basades en intervencions d'atac directe i amb la combinació d'eines de línia d'aigua d'alta pressió, eines manuals, foc tècnic i suport de mitjans aeris executats per unitats BRIF, són:

- 0,81 m/min x operari d'una maniobra d'atac directe amb línia d'aigua amb el suport de mitjans aeris.
- 500-600 m/h x grup de 8 treballadors en combustibles d'herbassar.
- 300-500 m/h x grup de 8 treballadors en combustibles de matoll llenyós.

També s'han fet valoracions puntuals aprofitant cursos de formació per determinar rendiments; les dades d'aquestes experiències, però, no s'han inclòs en aquest document perquè la metodologia no s'ha pogut equiparar.

Actualment, doncs, no hi ha una base de dades suficient ni una anàlisi estadística objectiva que permeti disposar de dades bàsiques sobre el rendiment del treball en les diverses maniobres del cos de Bombers de la Generalitat de Catalunya.

2 Objectius

L'objectiu bàsic d'aquest treball intern del cos de Bombers és disposar de coneixement pràctic, objectiu, contrastat i fiable sobre el rendiment de treball en maniobres d'extinció d'incendis forestals del cos de Bombers de la Generalitat de Catalunya, de manera que s'estableixi un marc de treball general sobre el rendiment pel que fa a velocitats de progressió de les diferents maniobres d'extinció dutes a terme.

Més específicament, doncs, aquest estudi ha recollit casos reals de maniobres d'extinció d'incendis forestals per donar resposta a dues qüestions:

- a) Rang de velocitats d'extinció que s'assoleixen en l'extinció d'incendis forestals.
- b) Quines són les variables operatives que influeixen en la velocitat d'extinció.

3 Material i mètodes

3.1 Materials i informació utilitzada

S'han analitzat 50 maniobres de 9 incendis produïts durant els anys 2010 i 2011 (Taula 1). Les maniobres han estat tant d'una sola eina com combinant diferents eines. Aquestes maniobres s'han dut a terme en diferents dimensions d'incendis: 1 incendi de menys d'1 ha, 1 incendi d'entre 1-10 ha, 5 incendis d'entre 10-100 ha i 2 incendis d'entre 100-1.000 ha.

Taula 1: Incendis analitzats per l'anàlisi de les variables operatives en l'extinció d'incendis forestals.

Nom incendi	Data	Superfície cremada (ha)	Regió d'emergències de Catalunya
Vilopriu	28/07/2010	128	RE Girona
El Mèdol	30/07/2010	99	RE Tarragona
Ulldecona	23/02/2011	21	RE Terres de l'Ebre
Benifallet	23/05/2011	9,4	RE Terres de l'Ebre

Balaguer	12/07/2011	35	RE Lleida
La Bisbal d'Empordà	16/07/2011	18	RE Girona
La Riba	20/07/2011	340	RE Tarragona
Rabós d'Empordà	13/08/2011	84	RE Girona
Tossa de Mar	16/08/2011	0,3	RE Girona

S'han identificat les maniobres dutes a terme a partir de la classificació feta per les [Guies operatives](#) del cos de Bombers de la Generalitat de Catalunya disponibles a la web de Bombers.

S'ha utilitzat l'aplicació informàtica del GIS de Bombers que localitza les posicions GPS de la majoria de recursos i permet fer l'anàlisi de moviments i emplaçaments dels recursos estudiats.

3.2 Metodologia utilitzada

En l'elaboració de la metodologia utilitzada hi han participat comandaments i bombers de diverses especialitats i regions, amb l'interès comú de ser al més transparents i objectius possible per tal d'obtenir uns resultats clars i sòlids aptes per poder-los interpretar i discutir de manera constructiva.

La identificació i càlcul dels paràmetres que defineixen cada variable s'ha fet a partir dels criteris següents:

- **Nombre de camions** que han participat a la maniobra.
- **Nombre de persones** que han participat activament a la maniobra.
- **Hora inici maniobra (hh:mm)**: moment des que el camió s'emplaça i comença a treballar.
- **Hora final maniobra (hh:mm)**: moment en què es troba amb l'altra línia que li ve de cara o quan hi ha un canvi de maniobra.
- **Temps d'extinció (min)**: temps en minuts de la diferència entre l'hora final de la maniobra i l'hora d'inici de la maniobra.
- **Longitud de la maniobra (m)**: des de l'inici de la maniobra o instal·lació del camió fins al final de la maniobra.
- **Desnivell positiu (m)**: diferència de cota entre l'inici i el final de la maniobra en sentit ascendent.
- **Desnivell negatiu (m)**: diferència de cota entre l'inici i el final de la maniobra en sentit descendent.
- **Maniobra tipus**: s'han agrupat les diferents eines en grups de tipus de maniobres de la manera següent:
 - línia d'aigua: **LA**, en fase d'atac.
 - línia d'aigua amb suport de mitjans aeris (MAER): **LA+MAER**, on MAER va per davant reduint la flama de manera que la LA faci l'atac sense flama.
 - línia d'aigua amb suport d'eines manuals: **LA+EM**, on EM van per darrere LA consolidant el perímetre en la fase d'atac.

- línia d'aigua amb suport d'eines manuals i mitjans aeris: **LA+EM+MAER**, metodologia de MAER rebaixa la flama, LA fase d'atac i EM consolida perímetre per darrere.
 - crema de definició de perímetre sense suport d'aigua: **CRD+EM**, on les EM fabriquen o amplien una línia de defensa des d'on s'inicia la CRD.
 - crema de definició de perímetre amb suport d'aigua: **CRD+LA**, on la LA apaga la part de la CRD que no es vol que es propagui.
 - crema d'eixamplament: **CRE**, maniobra d'atac paral·lel amb el suport d'EM i a vegades de la LA o MAER.
 - contrafoc: **CF**, maniobra d'atac indirecte amb el suport d'EM i a vegades de la LA o MAER.
 - eines manuals: **EM**, maniobra d'atac directe en fase d'atac, amb flama activa o sense.
 - mitjans aeris, tant helicòpters bombarders com avionetes de vigilància i atac: **MAER**, en aquest cas s'entén que per terra no hi ha personal fixant i assegurant perímetre.
 - maquinària pesant, bulldòzer: **MP**, maniobra d'atac directe en fase d'atac, amb flama activa o sense.
- **Penetrabilitat de combustible:** s'han definit 3 classes en funció de la facilitat de moviment del personal:
- fàcil: es pot caminar seguint una línia més o menys recta, sense ajupir-se per esquivar branques baixes i sense haver d'aixecar els genolls per progressar entre el matollar i/o restes de troncs.
 - mitjana: la progressió està condicionada per la vegetació que obliga a triar un traçat determinat per mantenir un ritme constant, cal ajupir-se de vegades per esquivar branques o progressar pel matollar i les restes obliguen a aixecar els genolls sovint per avançar.
 - difícil: no es pot mantenir un ritme constant i s'ha de triar constantment el traçat per progressar, cal ajupir-se normalment per progressar entre matollar i branques baixes, o cal aixecar els genolls de manera constant per poder superar obstacles en forma de matoll o restes.
- **Índex de sinuositat:** s'ha calculat la diferència de longitud de la maniobra mesurada a partir del GPS amb línies rectes, com més similar a 1 vol dir que el perímetre és més rectilini i com més gran d'1 vol dir que és més sinuós. Aquesta anàlisi s'ha fet només sobre 6 incendis (Tossa, la Bisbal, Benifallet, Ulldecona, la Riba i el Mèdol) i s'ha utilitzat el recorregut (*track*) de les portàtils amb GPS o l'aixecament de perímetre amb GPS. Aquest recorregut de la maniobra s'ha comparat (mitjançant una divisió directa) amb la distància corresponent a línia recta que uneix el punt d'inici amb el punt final de la maniobra.
- **Temps de retard Bombers-foc:** s'ha agrupat el nivell de temps invertit a iniciar la maniobra respecte del temps que fa que el foc era actiu, i s'han diferenciat 3 classes:
- $t < 1$ h: en menys d'una hora del foc s'ha iniciat la maniobra.
 - $1 < t < 3$ h: s'ha tardat entre 1 i 3 hores a iniciar la maniobra.
 - $t > 3$ h: s'ha tardat més de 3 hores a iniciar la maniobra.

- **Alineació de forces:** el resultat d'aplicar l'anàlisi de factors alineats segons el Campbell Prediction System (Campbell, 1995) ha permès identificar 4 categories:
 - o 0/3: fora d'alineació
 - o 1/3: alineació baixa
 - o 2/3: alineació mitjana
 - o 3/3: plena alineació
- **Fase de l'atac amb flama activa o sense flama:** tal com es descriu en els manuals d'intervenció de foc forestal de Bombers publicats per l'Institut de Seguretat Pública de Catalunya (Bombers de la Generalitat de Catalunya, 2007), el moment i la metodologia de la intervenció de l'atac directe amb línia d'aigua es diferencia en: fase d'atac i fase de rematada. En aquest cas totes les maniobres estudiades són en la fase d'atac, si bé s'han diferenciat les que ataquen flama activa i les que ataquen sobre un perímetre amb poca o gens de flama activa, per tant diferenciem en:
 - o atac amb flama
 - o atac sense flama
- **Reforç de mitjans aeris (sí/no):** en funció de si els mitjans aeris han ajudat a la progressió de la maniobra de manera significativa o no. Aquesta valoració subjectiva s'ha obtingut de les valoracions dels comandaments i responsables de les maniobres i de la coordinació entre la progressió i necessitats de la llança i l'objectiu de les descàrregues dels MAER.
- **Viatges aigua extinció:** nombre de desplaçaments que fan els vehicles d'extinció per proveir d'aigua la maniobra.
- **Volum aigua consumit (litres):** volum d'aigua consumit durant el temps que dura la maniobra.
- **Velocitat d'extinció (m/h):** càlcul fet a partir de la longitud de la línia d'aigua i el temps d'extinció.

Aquestes variables s'han recollit i mesurat a partir de la informació obtinguda del personal que ha intervingut o dirigit les maniobres estudiades i amb el suport de la cartografia de Bombers i el programa d'informació geogràfica ArcMap. A més, s'han contrastat el moviment i les posicions dels recursos amb el GPS a partir del material fotogràfic recollit de cada incendi. També ha estat bàsic confirmar i contrastar posteriorment les dades obtingudes amb les aportacions fetes per les diverses unitats operatives.

4 Resultats

4.1 Llargada de les maniobres d'extinció

El primer resultat indirecte obtingut de l'estudi a destacar és el de la **llargada de les 50 maniobres realitzades**, a través del càlcul de les mitjanes aritmètiques de la distància de cada tipus de maniobra (Taula 2).

Taula 2: Distància mitjana (m) de cada tipus de combinació d'eines d'extinció i nombre de registres estudiats.

Identificador del tipus de maniobra	Eines involucrades	Mitjana de la distància (m)	Registres estudiats
1	LA	476	28
2	LA+MAER	288	6
3	LA+EM	698	2
4	LA+EM+MAER	599	6
5	CRD+EM	478	4
6	CRD+LA	342	1
7	CRE	541	3

Si s'observa el gràfic següent (Figura 1), es pot veure la quantitat de registres obtinguts de cada maniobra i la diversitat de valors de cada tipus.

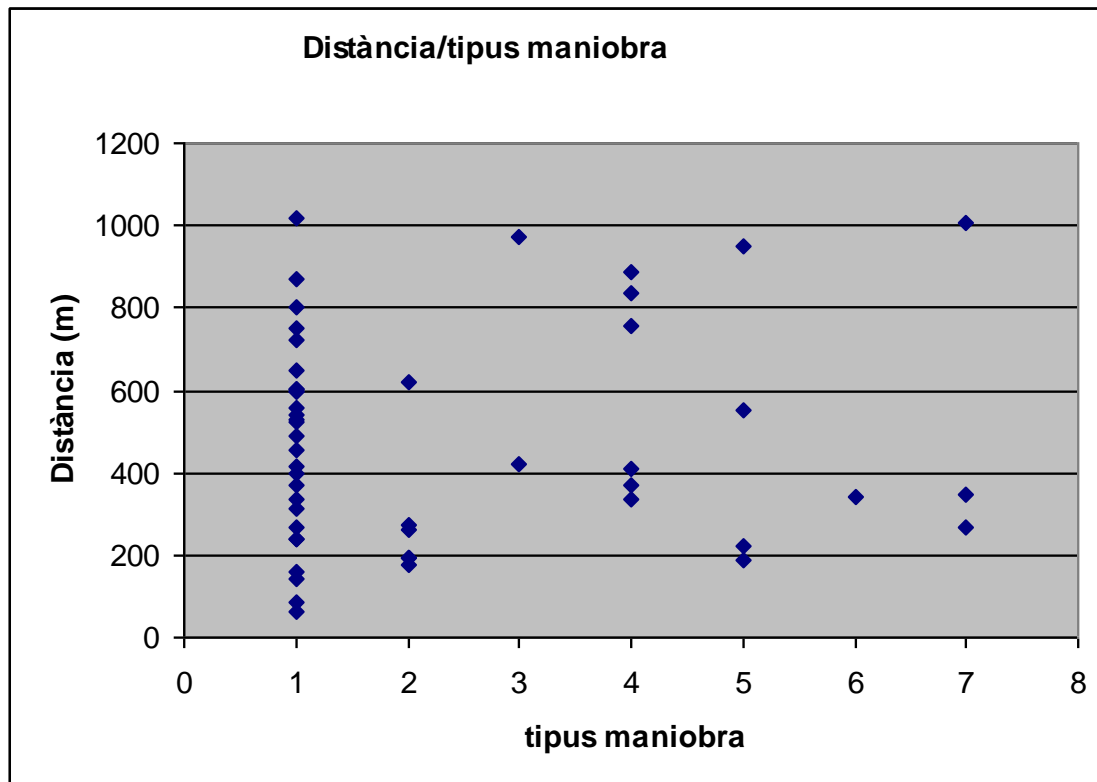


Figura 1: Valors de distància (m) de cada maniobra classificades segons el tipus de combinació d'eines d'extinció utilitzades en cada cas. On: 1: LA, 2: LA+MAER, 3: LA+EM, 4: LA+EM+MAER, 5: CRD+EM, 6: CRD+LA, 7: CRE.

4.2 Velocitat d'extinció

Els valors mitjans de la velocitat d'extinció de les 50 maniobres estudiades són:

	m/h
velocitat d'extinció mitjana (aritmètica)	241
velocitat mitjana (50% valors)	235
velocitat màxima *	571
velocitat mínima	70

* S'ha eliminat la dada màxima de 1.450 m/h per poca representativitat

4.3 Variables que poden influir en la velocitat

S'han enumerat les variables més significatives amb la velocitat d'extinció per avaluar la seva influència sobre l'avanç de les línies d'extinció.

Velocitat d'extinció vs. tipus de maniobra

Dues gràfiques (Figures 2 i 3) que mostren els resultats sobre la velocitat d'extinció per a cada tipus de maniobra.

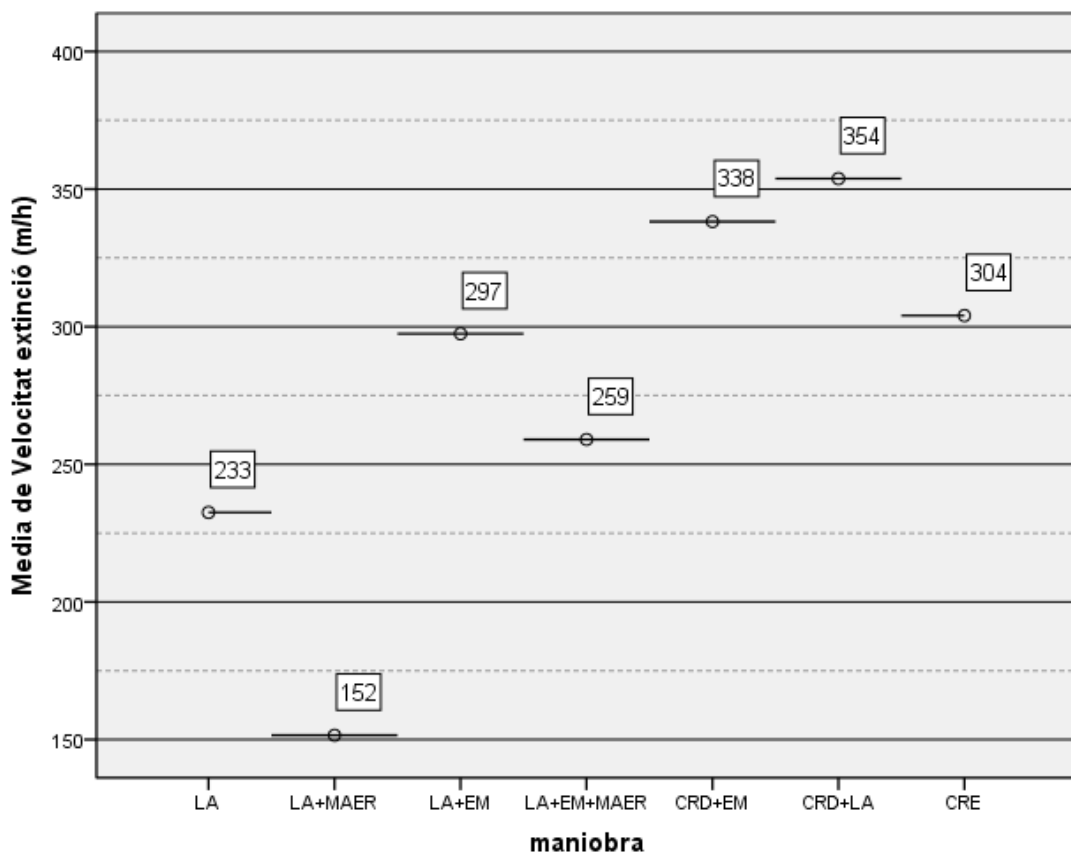


Figura 2: Valors de la mitjana de la velocitat d'extinció (m/h) per a cada tipus de maniobra

* La maniobra CRD+LA no s'ha inclòs en el gràfic de dispersió de dades perquè només hi havia una dada recollida, però sí que es mostra en la figura amb les mitjanes de velocitat.

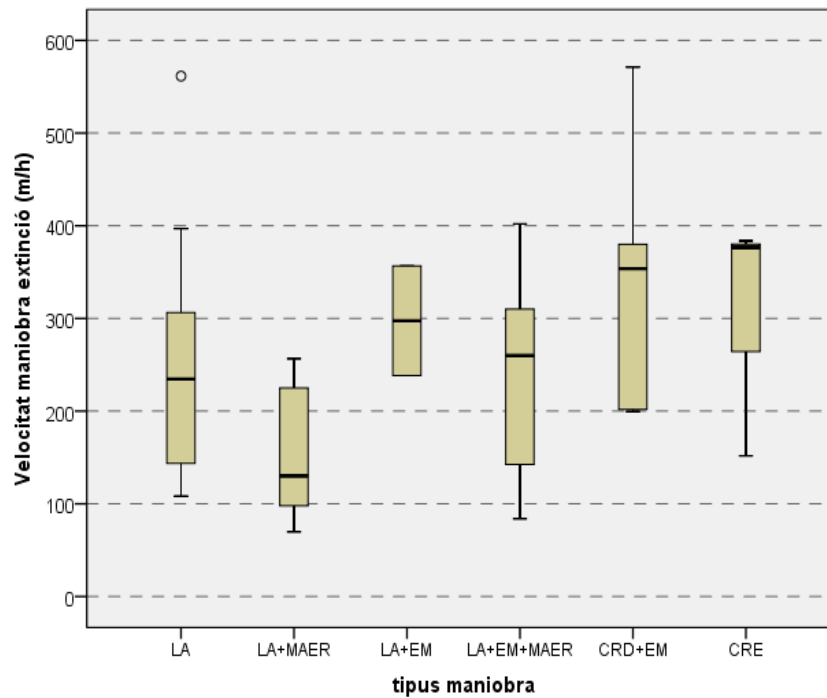


Figura 3: Mostra de la dispersió de les dades de la velocitat d'extinció (m/h) per a cada tipus de maniobra

Velocitat d'extinció vs. personal involucrat

A continuació es compara la velocitat d'extinció en funció del personal que executa la maniobra (Figures 4 i 5).

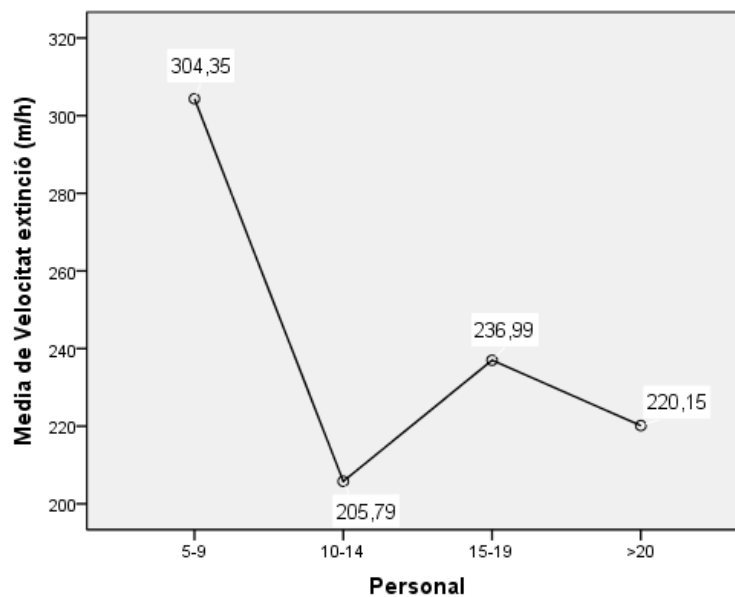


Figura 4: Valors de la mitjana de la velocitat d'extinció (m/h) per a cada grup de persones

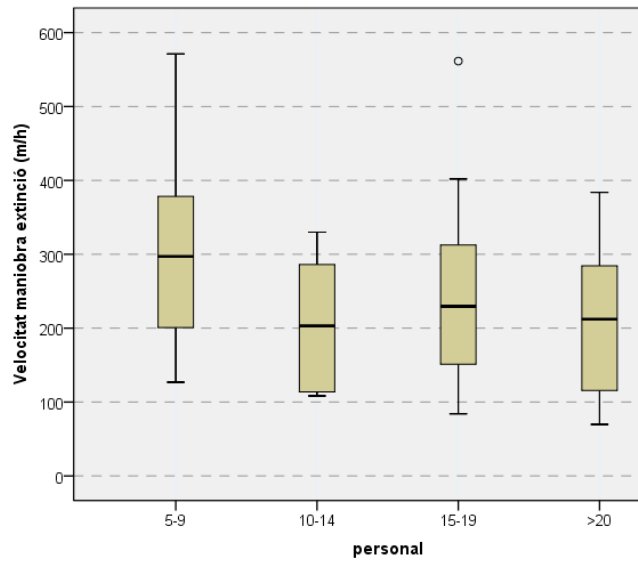


Figura 5: Mostra de la dispersió de les dades de la velocitat d'extinció (m/h) per a grup de persones

Al següent diagrama de barres (Figura 6) s'observa el personal destinat a cada maniobra.

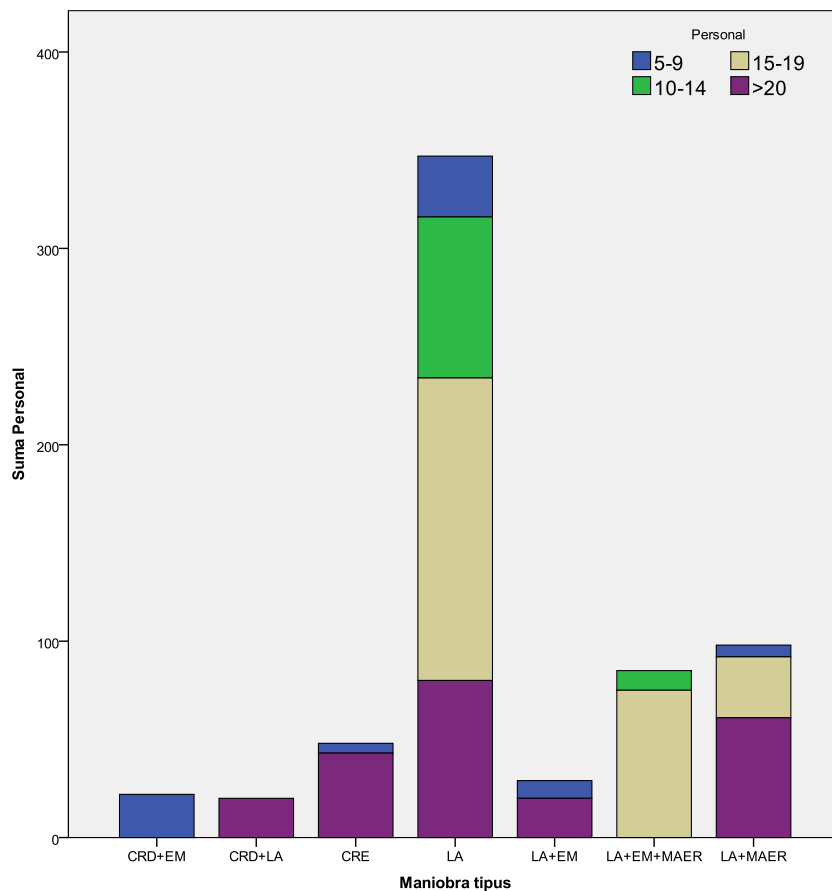


Figura 6: Mostra de les barres que representen el tipus de grup de personal per a cada tipus de maniobra

Velocitat d'extinció vs. reforç de mitjans aeris

Gràfica amb els punts de cada resultat obtingut i la línia de tendència entre els dos supòsits: amb i sense suport de mitjans aeris (MAER) (Figura 7).

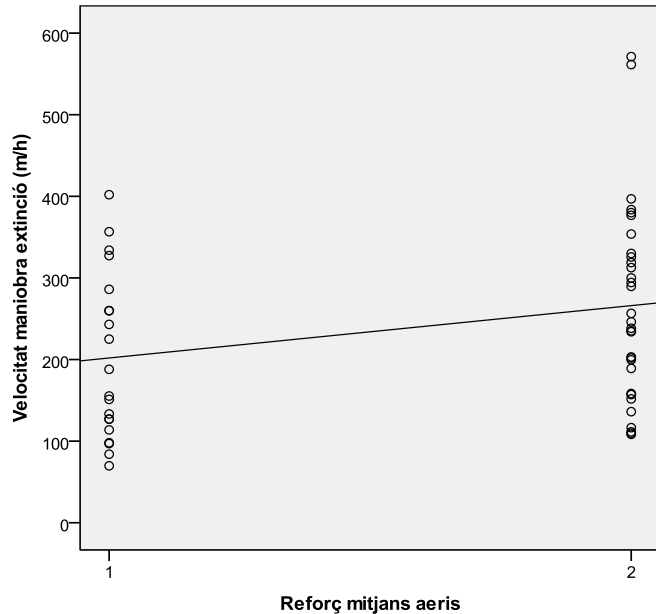


Figura 7: Valors i registres de la velocitat de la maniobra d'extinció (m/h) en funció de si hi ha o no suport de mitjans aeris (MAER).

On 1: Amb suport MAER i 2: Sense suport MAER.

La fórmula de la línia de tendència és:

$$y = 64,168x + 137,73 \text{ i } R^2 = 0,0741$$

Velocitat d'extinció vs. fase d'atac amb flama o sense

Gràfica amb els punts de cada resultat i la línia de tendència entre els dos supòsits (Figura 8).

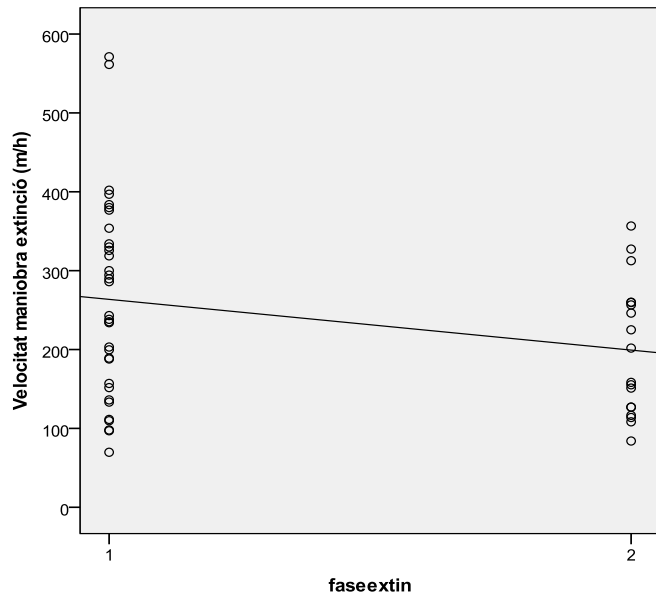


Figura 8: Valors i registres de la velocitat de la maniobra d'extinció (m/h) en funció de si la maniobra està en fase d'atac amb flama activa o sense flama.

On 1: Fase d'atac amb flama activa i 2: Fase d'atac sense flama activa.

La fórmula de la línia de tendència és:

$$y = -64,315x + 327,91 \text{ i } R^2 = 0,0714$$

Velocitat d'extinció vs. sinuositat del perímetre

Gràfiques amb punts de cada resultat obtingut en cada incendi i punts amb línia de tendència entre els dos factors estudiats. Cada incendi estudiat s'identifica amb el codi següent:

Codi incendi	Nom incendi
1	Tossa
2	La Bisbal
3	Benifallet
4	Ulldecona
5	La Riba
6	El Mèdol

Els resultats gràfics es mostren a continuació (Figura 9 i 10).

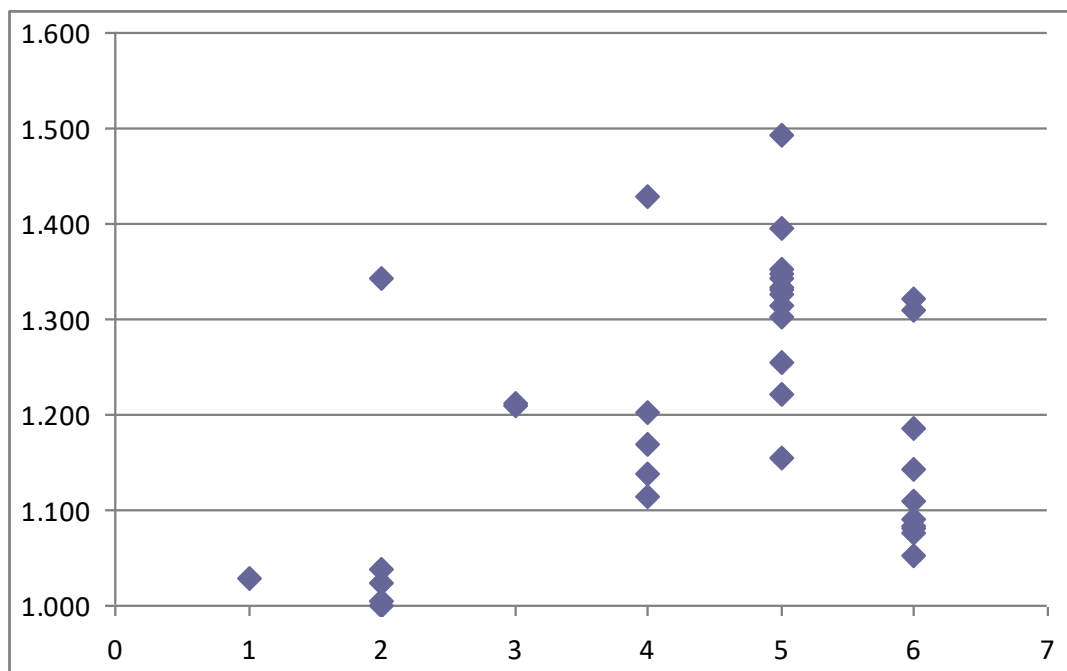


Figura 9: Valors i registres de l'índex de sinuositat de cada tram de perímetre d'incendi on s'ha fet una maniobra. Com més alts són els valors, més gran és la sinuositat del perímetre .

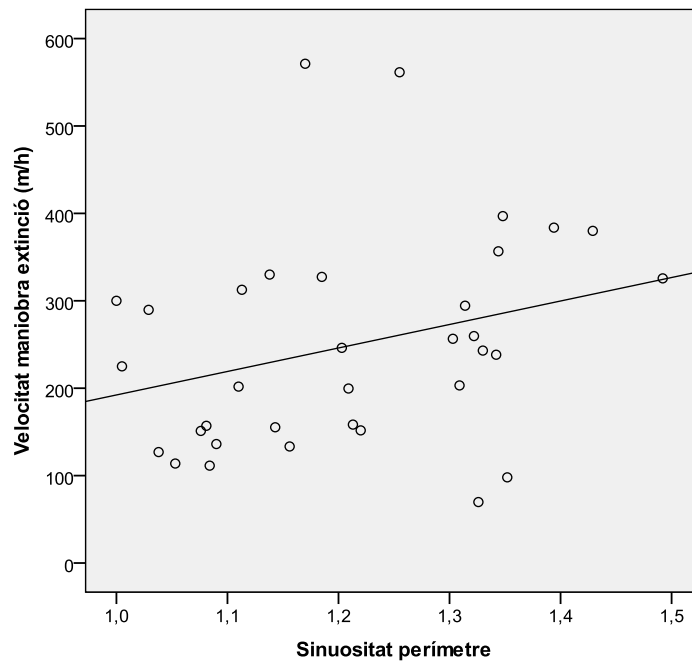


Figura 10: Relació entre la velocitat d’extinció de les maniobres fetes en cada tram del perímetre i la seva sinuositat. L’eix de les X (sinuositat perímetre) indica el valor de l’índex: com més gran d’1 més sinuós.

A partir d’aquests resultats s’han estudiat els factors que han pogut influir en aquesta relació entre la sinuositat del perímetre i la velocitat de la maniobra d’extinció, i s’ha decidit fer 3 anàlisis estadístiques més per valorar aquesta relació sobre la base d’un tercer factor: si la sinuositat dels perímetres podria estar relacionada amb el **temps de retard bombers-foc**, amb la **fase d’atac amb flama o sense** o amb la **penetrabilitat del combustible** (Figura 11).

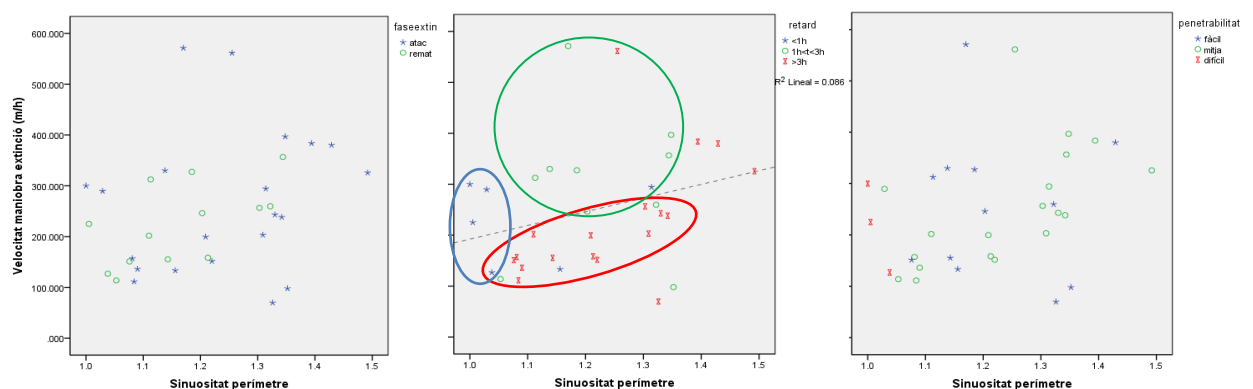


Figura 11: Tres imatges que mostren l’agrupació dels resultats individuals utilitzats en la relació entre la velocitat d’extinció (m/h) i la sinuositat en funció de la fase d’atac amb flama o sense, el temps de retard de la resposta dels recursos i la penetrabilitat del combustible.

També s'ha quantificat el **consum d'aigua** en les 25 maniobres on s'ha pogut recollir aquesta dada segons si l'extinció està en la fase d'atac amb flama activa o sense flama (Taula 3 i Figura 12).

Taula 3: Consum d'aigua (l) utilitzat en les maniobres analitzades segons el tipus de treball si era en fase d'atac amb flama activa o sense flama.

Fase d'extinció	Nombre de maniobres comptabilitzades	Mitjana del consum d'aigua (l)
Fase d'atac amb flama activa	16	9.500
Fase d'atac sense flama activa	9	11.444

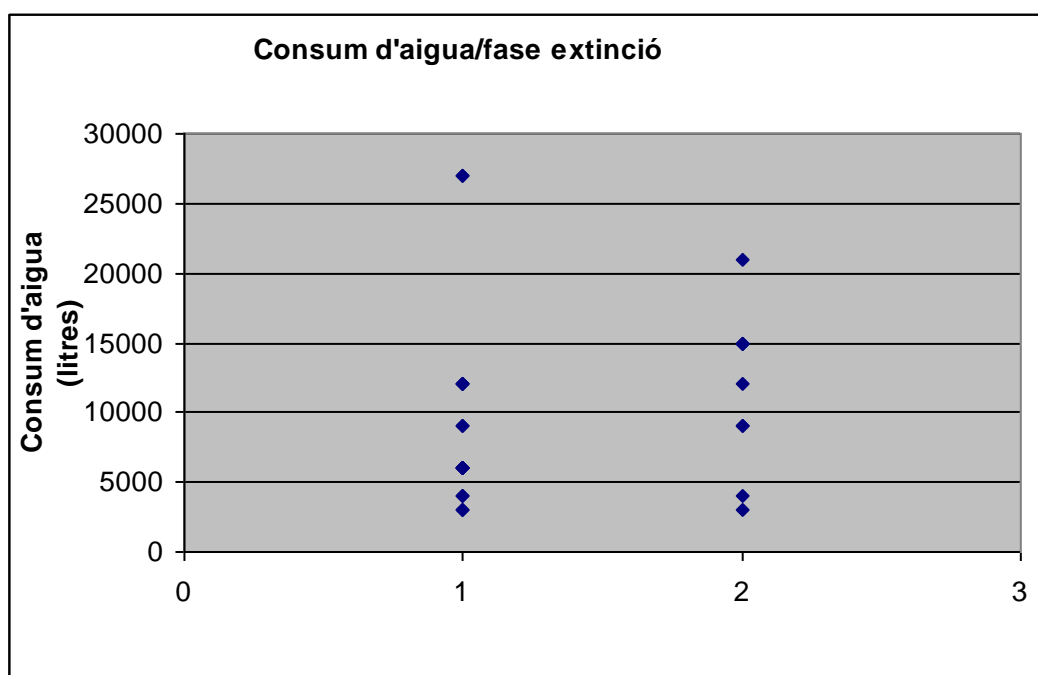


Figura 12: Valors i registres del consum d'aigua (l) en funció de la fase d'extinció en la qual es fa la maniobra. Només s'han tingut en compte les 25 maniobres en què es consumia aigua i es disposava de les dades. On 1: fase d'atac amb flama activa i 2: fase d'atac sense flama activa.

I, finalment, els resultats de l'anàlisi de la **maniobra d'extinció en rostolls** de l'incendi de Balaguer són:

- extinció amb el vehicle en moviment: velocitat mitjana d'extinció d'uns **1.000 m/h**.
- extinció amb el vehicle emplaçat amb línia d'aigua: velocitat mitjana d'uns **600 m/h**.

5 Discussió

5.1 Pel que fa al plantejament del treball en general

Noves variables a estudiar

Una de les variables importants a incloure en posteriors estudis seria si l'ordre rebuda per qui executa la maniobra és prou concreta i ben explicada com perquè sigui un estímul i motivació per a la dotació que l'ha d'executar o, contràriament, no és prou concisa com per poder fer-ne l'avaluació i seguiment per part del comandament. Per exemple: "Comenceu des d'aquí, les dues dotacions, fent una línia perquè aquesta part del foc descendent no acabi saltant el torrent i us anireu a trobar amb la línia de XXX que us baixa des de l'altre revolt; quan us trobeu digueu-m'ho", o en canvi, "des d'aquí i aneu fent".

Es podria afegir algun paràmetre relacionat amb l'anàlisi, com ara: comença l'extinció per la cua-flanc prioritari? O quan es tarda a treballar-se el flanc prioritari en cas que la pregunta anterior sigui negativa?

També alguna pregunta relacionada amb el coneixement del territori, com ara: agafen el camí més curt per arribar-hi? Es fa provisió d'aigua en el punt més proper? Quan tarden els bombarders a trobar el punt d'aigua més proper?

També caldria alguna referència a la resposta operativa dels mitjans, com per exemple quan tarda a arribar a l'incendi la primera sortida des que es rep l'avís o es truca al parc (temps de resposta vs. temps d'activació). Quan es tarda al servei a tenir 15 mitjans terrestres? O un punt d'emplaçament constituït a la cua? Etc.

Noves valoracions de paràmetres ja analitzats

A l'hora de caracteritzar el treball en el perímetre del foc per a l'atac directe caldria tenir en compte:

- El personal que executa la maniobra està acostumat a treballar junt o és el resultat dels torns i suport d'auxiliars temporals?
- Hi ha comandaments suficients per dirigir i organitzar la maniobra?
- La línia és a la cua, flanc o cap?
- Si el treball és en una zona en + o en -.
- Longitud de flama de la línia de treball.
- Treball en una zona amb fum o sense.
- Quin és el màxim comandament (si està present) del PEV (Papa, Eco o Delta).
- Dins de les maniobres, a part del suport de MAER, cal evaluar el suport de GRAF i/o eines mecàniques.

5.2 Pel que fa als casos concrets estudiats

Llargada de les maniobres

Només hi ha 2 maniobres que superin el quilòmetre de llargada, la resta estan per sota d'aquesta distància i la majoria se situen entorn als **500 m de línia**. Cal recordar que coincideix amb la dotació de material que com a mínim porta un sol camió de Bombers per foc forestal, i en la majoria de punts d'emplaçaments estudiats que donaven suport a la maniobra hi havia 2-3 camions assignats.

Velocitat mitjana d'extinció

Les mitjanes són valors indicatius i no reals, però si tenim en compte que la velocitat mitjana d'extinció és de l'ordre dels **250 m/h**, de manera indicativa ens situa molt per sota d'altres valors indicatius de rendiments de treball consultats per unitats que treballen el foc forestal.

Hi ha certs anàlisis que caldria fer quan es disposés de més volum de dades amb un nivell més gran de detall. Per exemple:

- velocitat d'extinció en funció de si les línies són ascendents o descendents.
- velocitat d'extinció en funció de la llargada de la maniobra.
- velocitat d'extinció en funció de la durada en temps d'execució de la maniobra.

Velocitat d'extinció vs. tipus de maniobra

Cal destacar que un dels objectius de les maniobres combinades és, precisament, augmentar la velocitat d'extinció. Això no sembla que es correspongui amb els resultats obtinguts en la maniobra LA+MAER; podria ser degut al fet que la LA treballa més lenta si no hi ha flama activa perquè no hi ha el factor estrès o enaltidor del resultat obtingut o, també, a la manca de pràctica de treballar en coordinació MAER-equip de terra, tant pel que fa a comunicacions com a quadrar els temps i llocs de les descàrregues amb la progressió de la LA.

En general les maniobres combinades presenten una complexitat superior a les maniobres simples. Aquesta complexitat organitzativa podria fer disminuir la velocitat si l'equip de treball no té clara la metodologia ni està acostumat a treballar en equip, tot i que per les poques dades disponibles sembla que no és el cas, ja que el fet que s'asseguri que algú planifica, organitza, explica i lidera la maniobra pot permetre augmentar la seva velocitat tot i la complexitat més gran.

En la variable "longitud de la línia" caldria diferenciar entre la fase d'aproximació i la d'extinció pròpiament dita, que en el cas de la Riba pot ser important.

Velocitat d'extinció vs. personal involucrat

L'organització d'equips de treball més nombrosos implica una tasca prèvia d'assignació de rols, funcions i coordinació. Si no es fa, el rendiment de l'equip se'n ressent, perquè augmenta la descoordinació i no s'aprofiten correctament els recursos disponibles.

No és el mateix un grup gran de gent que un equip de gent. El rol del lideratge i l'hàbit en el treball com a equip sembla que poden ser la clau per augmentar l'eficiència del personal involucrat.

Sovint la velocitat de treball de la LA la marca el bomber a la punta de llança; la seva velocitat hauria de ser superior si l'organització del personal de suport fos la correcta. Quan no és així, sembla com si la dimensió de l'equip de treball no hagi d'afavorir la velocitat i, fins i tot, "com més gent més lentitud".

Velocitat d'extinció vs. reforç de mitjans aeris

En la variable "reforç de mitjans aeris" caldria valorar l'eficàcia del reforç sobre la maniobra per considerar que és un reforç real. El reforç és, teòricament, quan MAER fa la fase d'atac i la LA remata/consolida les descàrregues. Si la metodologia de la LA que va fixant descàrregues segueix sent la d'atacar + rematar a la vegada, aleshores el reforç de MAER perd sentit.

L'altra manera de treballar aquest reforç és amb MAER a descàrregues puntuals als punts crítics per frenar la propagació del foc i donar temps perquè els equips terrestres arribin a lloc crític. En aquest estudi no s'ha diferenciat quina de les dues tipologies de suport es feia en cada cas concret.

Velocitat d'extinció vs. fase d'atac amb flama activa o sense flama activa

La velocitat de la punta de llança és superior en la fase d'atac amb flama activa que en la fase sense flama. Caldria esperar velocitat de treball més gran dels equips en fase d'atac sense flama, perquè no cal obrir la llança per abaixar la intensitat de la flama abans de fer l'atac a la seva base per extingir-la.

Un element que pot tenir-hi a veure és el de la motivació del personal per combatre la flama, fet que genera una automotivació i enaltiment professional a mesura que s'avança i es va apagant el foc, perquè s'observa una consecució dels objectius plantejats a la maniobra que s'assoleixen al moment. En perímetres sense flama aquest factor d'estrès i motivador pot desaparèixer i no ajudar a fer un atac agressiu i ràpid.

Velocitat d'extinció vs. sinuositat del perímetre

Sembla una contradicció que com més sinuositat, més recorregut de la maniobra i poca progressió en el perímetre, la velocitat sigui més gran. La interacció amb el tipus de maniobra pot ser una de les explicacions, ja que algunes d'aquestes treballen a certa distància (atac paral·lel i indirecte) i, precisament, busquen reduir la sinuositat fent perímetres més lineals un cop finalitzats els treballs.

Dels 3 condicionants que s'han tingut en compte es pot ressaltar que:

- **Fase d'extinció (atac/rematada).** Podria ser que en fase d'atac les maniobres s'executessin d'una manera més ràpida tot i que es tracti de perímetres molt sinuosos. I que, per tant, fos en la fase de rematada que la velocitat fos més reduïda. Segons el núvol de punts, sembla que la fase d'extinció no és una variable discriminatòria ni de la velocitat d'extinció ni de la sinuositat del perímetre.

- **Temps de retard (h).** Amb aquesta variable, s'intenta veure si existeix una relació entre la sinuositat del perímetre i el temps que es comença a treballar en aquell punt per on ha passat el foc. Al gràfic s'observa que quan el temps de retard és superior a 3 h, els punts se situen per sota de la recta de regressió, tot i que la tendència continua sent positiva. Això indica que quan s'arriba a un punt de treball per on el foc ha passat fa 3 h o més, la velocitat d'extinció de les actuals maniobres d'extinció van més lentes que quan s'arriba amb més antelació.
- **Penetrabilitat.** Amb penetrabilitat de la vegetació difícil, els perímetres són poc sinuosos, potser perquè ho treballem des del lloc més còmode, com un atac en paral·lel.

Viatges de camions per abastir aigua i volum d'aigua utilitzat

Les dades obtingudes en l'estudi dels casos permet disposar d'una primera font d'informació per fer noves anàlisis per saber la quantitat d'aigua consumida per metre lineal de perímetre, ja sigui en la fase d'extinció com en la de rematada.

Aquest estudi permetria relacionar-ho amb els requeriments d'aigua per superfície cremada i tenir una base per dimensionar les densitats dels punts d'aigua o temps per organitzar la nòria de vehicles per proveir d'aigua les línies.

6 Conclusions

Només s'han recollit dades de 50 maniobres i cal, per tant, seguir recollint-ne per augmentar la base de dades i reduir les variàncies de les mostres en el tractament estadístic i augmentar-ne la representativitat.

Tot i això, hi ha un cert volum de dades amb uns resultats sòlids estadísticament que permeten començar a observar tendències reals en els resultats de les maniobres analitzades, sobretot d'aquelles de les quals es disposen de més dades, com l'atac directe amb línia d'aigua. Pel que fa a la resta de maniobres amb tan poques dades, encara només es poden establir comparatives fins que no es recullin més dades reals i s'augmenti la mostra.

Del conjunt de les 50 maniobres s'extreu que la velocitat mitjana d'extinció en foc forestal dels Bombers de la Generalitat de Catalunya (250 m/h) és inferior als rendiments d'unitats de bombers forestals estàndard (300-500 m/h). Tanmateix, la velocitat d'extinció del cos de Bombers a la pràctica és superior mitjançant el desplegament d'unitats i l'emplaçament de recursos de manera dinàmica per davant de la progressió de l'incendi.

Cal treballar des de la pràctica, la formació i l'organització per intentar augmentar la velocitat d'extinció del cos de Bombers, tant de les maniobres habituals que s'utilitzen per al flanqueig del foc com a l'hora d'emplaçar recursos més endavant per tallar la progressió del foc.

Amb velocitats mitjanes de 250 m/h hi ha molts caps d'incendis que s'escapen, i això obliga l'organització a emplaçar noves línies a mig flanc per avançar i tirar línia endavant i línia endarrere, amb tota la complexitat i risc que implica.

Cal treballar la figura del líder en grups grans i constituïts diàriament. Actualment sembla una columna mòbil desvirtuada perquè en realitat agrupem vehicles i hi posem un comandament; això no és una columna mòbil, que acostuma a estar formada pels mateixos bombers, amb pràctiques habituals de maniobres complexes i rols definits.

A continuació presentem possibles propostes per millorar les mancances detectades i discutides:

- **fomentar pràctiques de progressió d'atac directe de les diverses eines.**
- **fomentar pràctiques de maniobres combinades per eficiència i per confiar entre equips.**
- **concretar a la pràctica el concepte de columna mòbil vs. agrupació de vehicles.**
- **fomentar pràctiques d'organització i rols de l'equip de treball.**
- **fomentar pràctiques i formació en el treball conjunt MAER-terra per a caps de línia/caps de sector.**
- **diferenciar tipus d'atac i de maniobres d'avionetes d'helicòpters bombarders.**

7 Referències bibliogràfiques

- Bombers de la Generalitat de Catalunya. *Apunts incendis forestals, curs bàsic per a bombers*. ISPC: Mollet del Vallès, 2007.
- Campbell, D. *The Campbell Prediction System: A Wild Land Fire Prediction System & Language*. D. Campbell ed., 1995. 129 p.
- Costa, P.; Castellnou, M.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Kraus, D. *La prevenció dels grans incendis forestals adaptada a l'incendi tipus*. Direcció General de Prevenció, Extinció d'Incendis i Salvaments de la Generalitat de Catalunya: Bellaterra, 2011.
- Molina, D.; Blanco, J.; Galán, M.; Pous, E.; Garcia, J.; Garcia, D. *Incendios forestales: fundamentos, lecciones aprendidas y retos del futuro*. Ediciones AIFEMA: Granada, 2009.
- Villalba, Miguel Ángel. *Infraestructuras de defensa contra incendios forestales*. Ediciones AIFEMA: Granada, 2008.