

Annex 2

Generacions d'incendis forestals

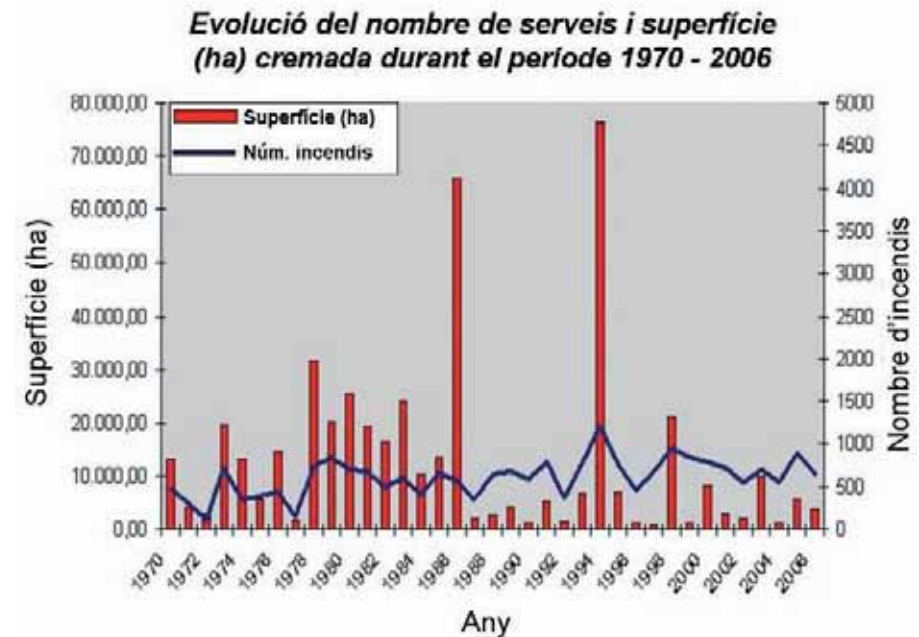
Relació entre paisatges, usos, sistema preventiu-extintor i tipologia d'incendis. Exemple del territori de Catalunya

Els processos socioeconòmics del segle XX s'han caracteritzat per factors que han afectat a tots els països europeus a gran escala i de manera molt més ràpida que en èpoques pretèrites.

Els factors que han afectat i canviat el paisatge dels últims segles han estat⁽¹⁾:

- Processos d'industrialització a gran escala al voltant de les àrees urbanes
- Migració de la població rural cap a les àrees urbanes
- Abandonament de camps de conreu
- Canvi dels sistemes d'explotació agrària, ramadera i forestal
- Canvi del consum de combustibles vegetals als combustibles fòssils
- Eficax extinció de tots els incendis de petita i mitjana intensitat
- Focs d'alta intensitat, fora de capacitat d'extinció, responsables de la major part de superfície cremada

L'evolució dels incendis a Catalunya es mostra en el gràfic 4.



Gràfic 4. Evolució del nombre d'incendis i superfície cremada a Catalunya durant el període 1970 - 2006. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

El paisatge ha evolucionat al ritme dels canvis socioeconòmics seguint les pautes biològiques de colonització de camps de conreu i resposta de les estructures arbrades als canvis d'exploració. Naturalment s'ha donat una evolució del comportament dels incendis forestals adaptada a cada fase d'evolució de paisatge, determinant diferents **generacions d'incendis**.

Una generació d'incendis ve definida per un escenari on hi ha un factor que limita la capacitat d'extinció, fent que l'incendi esdevingui un GIF. Aquest factor és extrínsec als serveis d'extinció, intrínsec al paisatge i a les diferents fases de l'evolució d'aquest, les quals poden coincidir en el temps i l'espai.

Primera generació → GIF per Continuitat de Combustible

Propagació	Condicionada per la disponibilitat de combustible continu que hi ha en superfície, principalment matolls i herbes. Els camps de cultiu s'abandonen i ja no trenquen la continuïtat, i la manca d'ancoratges permeten llargs perímetres.
Període acumulació combustible	De 2 a 15 anys.
Època	A Catalunya s'inicia a finals dels anys 50-60.
Comportament	Genera incendis superficials de mitjana intensitat amb perímetres molt llargs que cremen entre 1.000 i 5.000 ha, sobretot en focs amb vent.
Mesures preventives	Creació de infraestructures de prevenció lineals i punts d'aigua per a facilitar l'ancoratge, i major accessibilitat al territori.
Mesures extintores	La resposta local es reforça amb bombers estacionals.
Evolució	Els focs d'alta intensitat superen aquestes infraestructures de prevenció linial.



Figura 76. Exemple de front llarg sense cap discontinuïtat, característic dels incendis de primera generació. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Segona generació → GIF per Velocitat de Propagació

Propagació	L'acumulació de combustible degut a l'abandonament de cultius i a la gestió tradicional, permet focs més ràpids i intensos, que propaguen amb focus secundaris puntualment.
Període acumulació combustible	De 10 a 30 anys.
Època	Inici als anys 70 i 80 a Catalunya.
Comportament	Incendis de major intensitat i velocitat, d'entre 5.000 a 10.000 ha en focs de vent i topogràfics. La velocitat de propagació supera les línies d'extinció.
Mesures preventives	Reducció del temps d'arribada dels mitjans d'extinció, (vigilància, distribució de parcs al territori).
Mesures extintores	Augmentar els recursos d'aigua i mitjans aeris per un atac més contundent.
Evolució	Els salts de focus secundaris massius superen les infraestructures lineals i la ràpida intervenció, els focs de capçades superen els mitjans aeris.



Figura 77. Exemple de front que propaga en alta intensitat, superant als mitjans d'aigua convencionals. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Tercera generació → GIF per intensitat de foc de capçades

Propagació	Per les capçades dels arbres en alta intensitat degut a la continuïtat vertical i a l'homogeneïtat dels boscos fruit de la manca de gestió forestal i de l'extinció de tots els incendis de baixa i mitja intensitat.
Període acumulació combustible	De 30 a 50 anys.
Època	Inici en els anys 90-2000.
Comportament	Genera incendis de 10.000 a 20.000 ha, amb focs de capçades, columnes convectives i focus secundaris massius a llargues distàncies. Això fa que cada foc ofereixi molt poques oportunitats d'extinció, i amb canvis de comportament més ràpids del que la informació es mou per la cadena de comandament. Es donen en episodis meteorològics d'onades de calor.
Mesures preventives	Models de risc per adaptar la disponibilitat de recursos a la probabilitat de GIF. D'una prevenció per eliminar el foc, a una prevenció per tenir un règim de foc tolerable.
Mesures extintores	Anàlisi d'incendis com a eina per anticipar-se i no per reaccionar al foc. Estratègies de confinament de l'incendi. Ampliar les tècniques d'extinció: reintroduir el foc, les eines manuals i mecàniques, reforçar l'atac aeri, i millorar l'eficiència amb eines combinades. Es creen cèl·lules logístiques i s'abaixa el nivell de decisió dins l'estructura de comandament per a una resposta més ràpida als canvis de comportament.
Evolució	GIF amb llançament de focus secundaris massius creuant la interfície urbana. Simultaneïtat de GIF.



Figura 78. Exemple de foc de capçades que supera la capacitat d'extinció. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Quarta generació → GIF Travessant interfases urbano-forestals

Propagació	Gran Incendi Forestal que propaga per massa forestal, jardins i cases sense dificultats degut a la densitat de vegetació dins els jardins i la continuïtat de càrrega de combustibles entre bosc i zona urbanitzada. Episodis amb simultaneïtat de GIF a una zona del territori.
Període acumulació combustible	--
Època	Inici aproximadament a partir del l'any 2000.
Comportament	Focs que poden començar i aturar-se en IZ, i cremar més de 1.000 ha. Focs de capçades simultanis en ones de calor.
Mesures preventives	Pirojardineria, fomentar tractaments en parcel·les interiors, construccions tolerants al pas del foc.
Mesures extintores	D'atacar incendis passem a defensar cases i persones en una nova situació defensiva. Tecnologies GPS i de GIS per a seguir als recursos en temps real. L'anàlisi d'incendis com a eina creix. Cèl·lules petites de prioritació d'actuacions.
Evolució	Simultaneïtat de GIF travessant interfases urbano-forestals.



Figura 79. Exemple de foc d'alta intensitat travessant una urbanització. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Cinquena generació → Simultaneïtat de GIF travessant interfases urbano-forestals. Megafocs

Propagació	Grans Incendis Forestals simultanis a zones de risc, amb comportament extremadament ràpid i virulent travessant zona urbanitzada.
Període acumulació combustible	--
Època	--
Comportament	Focs de capçades simultanis involucrant interfases urbano-forestals.
Mesures preventives	Necessitat d'incorporar el foc en directrius de gestió forestal.
Mesures extintores	Intercanvi de recursos, d'experiències i de coneixements. Coordinació entre regions. Plataformes d'aprenentatge continuat.
Evolució	--



Figura 80. Exemple de front que propaga en alta intensitat, superant els mitjans d'aigua convencionals a San Diego (EEUU). Font: Dave Christenson.

A partir d'aquesta experiència es poden extreure una sèrie de conclusions sobre les eines i actuacions més òptimes per fer front als GIF:

- Gestió forestal que integri el foc dins les directrius bàsiques, adaptada al règim de foc de la zona, i a la vegada que ens serveixi per reduir la intensitat de l'incendi esperat.
- Incorporar eines d'anàlisi per anticipar el comportament dels GIF, i ser més eficients en la prevenció i extinció.
- Garantir l'accessibilitat, la seguretat i l'ancoratge (LACES) a les zones on

anticipem un canvi en el comportament esperat del GIF que ens permetrà una extinció eficient (infraestructures de pre-extinció).

- Incorporació de totes les eines d'extinció (aigua, maquinària, eines manuals, foc). Això implica incorporar les cremes prescrites per a formar-se en el maneig de l'eina foc, així com per a crear infraestructures de pre-extinció i com a eina de gestió forestal.
- Assegurar diàriament una distribució de recursos d'extinció adaptada a l'incendi esperat. Això inclou recursos de vigilància (rutes, guaites, particulars amb telè-

fons mòbils) i d'extinció (parcs de bombers, punts d'aigua).

Per a poder fer tot això cal conèixer el règim de foc (ecologia del foc) i l'incendi esperat (incendi de disseny), i aprofundir en les eines que podem incorporar (cremes prescrites, punts estratègics de gestió).

REFERÈNCIES

1. CASTELLNOU, M; NEBOT, E; MIRALLES, M. (2007). *El papel del fuego en la gestión del paisaje*. En: *IV International Wildfire Fire Conference 2007, Sevilla, Spain. Thematic session n°1*.

Annex 3

Propostes d'actuació per a cada tipus de propagació

3.a Metodologia de desenvolupament i aplicació d'Incendis forestals tipus. Cas de Catalunya

3.a.1 Metodologia

Les principals fases de la metodologia són⁽¹⁾:

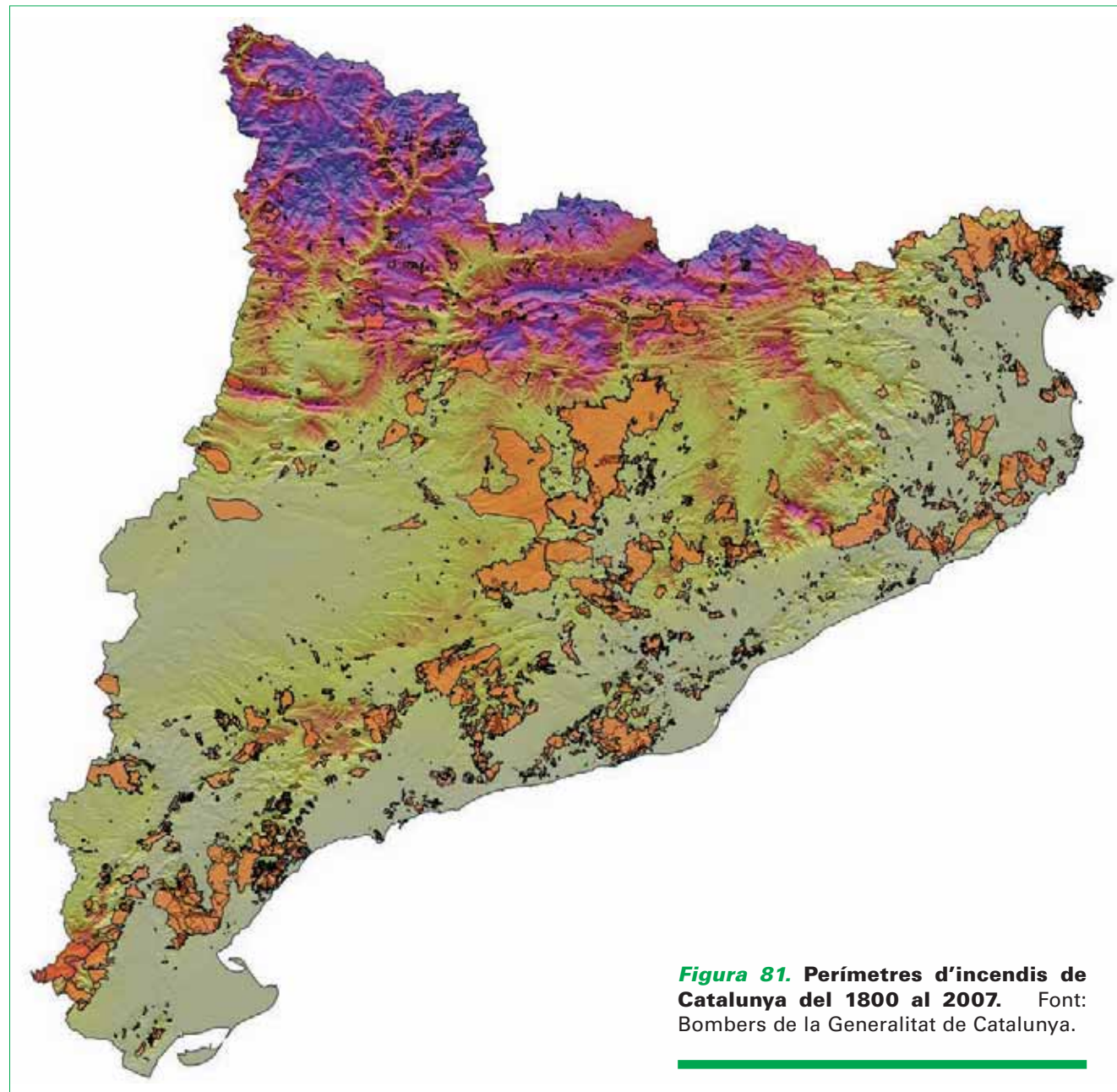
- Creació d'una base de dades geogràfica de perímetres d'incendis forestals històrics.
 - Reconstrucció de perímetres
 - Datació i caracterització
 - Depurat i síntesi de la informació inicial
- Identificació de les situacions meteorològiques a nivell sinòptic per als incendis datats.
- Reconstrucció de la propagació dels incendis.
 - Estudi dels esquemes de propagació i les situacions meteorològiques:
 - Catalogació dels perímetres segons el patró de propagació
 - Caracterització dels Incendis tipus
 - Catalogació dels incendis segons els Incendis tipus
 - Caracterització de la propagació a cada massís forestal
- Localització i caracterització de les Zones Homogènies de Règim.

Reconstrucció de perímetres, datació i caracterització

Les fonts d'informació bàsiques utilitzades a Catalunya per a l'anàlisi dels perímetres dels incendis històrics es descriuen a la *Taula 5*, i a la *figura 81* es poden veure representats gràficament aquests perímetres a Catalunya.

Taula 5. Fonts d'informació per a la recollida de perímetres d'incendis històrics, de condicions meteorològiques i de patrons de propagació a Catalunya. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Dades	
Base de dades geogràfica de perímetres d'incendis històrics	<p>Reconstrucció de perímetres Els incendis posteriors a l'any 2000, perímetres de bombers amb GPS a peu (en alguns incendis majors de 100 ha, o en zones inaccessibles, el perímetre s'ha aixecat amb l'ajut dels mitjans aeris).</p> <p>En incendis previs al 2000:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretació d'ortofotomapes i fotografies aèries ▪ Reconstrucció de l'edat de les estructures forestals existents ▪ Arxius particulars ▪ Entrevistes a bombers, pastors, etc., i observacions personals
Identificació de les condicions meteorològiques	<p>Datació i caracterització d'incendis.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Base de dades d'incendis (Departament de Medi Ambient i Habitatge i Ministerio de Medio Ambiente) des de 1968 ▪ Hemeroteques de La Vanguardia des de 1899, Diari de Tarragona i altres ▪ Arxius particulars ▪ Perímetres reconstruïts per satèl·lit per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) des de 1992 ▪ Incendis reconstruïts, en projectes de la Universitat de Lleida coordinats per Bombers (Castellnou, 1997; Martínez, 2001; Galán, 2001; Pellisa, 2004; Martínez, 2004; Rodríguez, 2006; Moyano <i>et al</i>, 2007)
Reconstrucció de la propagació	<p>A nivell sinòptic:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Situacions sinòptiques: (http://www.wetterzentrale.de) <p>A nivell meteorològic:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observacions meteorològiques. ▪ Condicions meteorològiques: Servei Meteorològic de Catalunya
Localització de zones de règim homogeni	<p>Pròpia de Bombers, durant l'incendi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observacions de l'evolució del front d'aquells incendis superiors a 30 ha des de terra i aire ▪ Observacions puntuals des de les línies de mànega ▪ Anàlisi de la forma del perímetre respecte a la topografia des de terra i des de l'aire ▪ Valoració de severitats de tots els incendis majors de 30 ha des de l'helicòpter de comandament en el moment de l'incendi i mesos després ▪ Fotos, vídeos, posicions GPS de vehicles, entrevistes a bombers i pastors <p>Pròpia de Bombers, sense observació directa:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anàlisi de la forma del perímetre respecte a la topografia a través de la consulta ▪ Valoració de severitats de part dels incendis a partir d'ortofotomapes o a partir de vols propis del servei de bombers. En moltes ocasions, això passa després de més de 10 anys de l'incendi forestal ▪ Entrevistes a bombers, pastors, i veïns, i visualització de fotos i vídeos ▪ Informes d'incendis (Bombers de la Generalitat) ▪ Projectes de la UdL citats
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mapa d'usos del sòl de Catalunya 2002 de l'ICC en base a LANDSAT-TM ▪ Mapa d'hàbitats de Catalunya de 2002 de l'ICC ▪ Mapa de PPP (Perímetres de Protecció Prioritària) del DMAiH ▪ Model digital d'elevacions del terreny



Caracterització dels Incendis tipus

El coneixement de les variables de la *Taula 6* permeten relacionar cada incendi històric amb un Incendi tipus i contrastar-ho amb un comportament del foc.

Taula 6. Patrons de propagació, que a partir d'un factor característic permet identificar els incendis tipus, i el seu esquema de propagació. Font: Castellnou et al., 2009⁽¹⁾.

Patró de propagació	Factor característic	Incendi tipus	Esquema de propagació i estratègies (o oportunitats de control)
TOPOGRÀFIC	Vents topogràfics de vessant	Topogràfic estàndard	Segueix durant el dia la màxima pendent i les vessants insolades. Forma dels perímetres segueix vessants i conques hidrogràfiques. Els punts crítics són barrancs, nusos de barrancs i el posicionament de la cua o flanc (que es situï en un punt amb potencial de nova carrera).
	Brisa marina	Topogràfic litoral	Segueix la màxima pendent i el gir de la brisa marina, definit i previsible. Obertura del flanc dominat per la marinada.
	Vents topogràfics de valls principals	Topogràfic proper a la vall principal o estrets	La direcció principal dels perímetres és cap a la vall principal. Es produeix una succió de l'incendi cap a la vall principal per efecte venturi. Canvi en la succió ascendent de dia a descendent de nit.
VENT	Zones planes	Vent a les planes	Segueix la direcció del vent i s'obre amb un angle de 30 a 60° segons la força del vent.
	Zones amb relleu	Vent amb relleu	Segueix les crestes en serres alineades en la direcció del vent. En serres perpendiculars a la direcció del vent, apareixen contravents que faciliten la propagació ascendent degut a la turbulència mecànica en la vessant no exposada al vent en efecte directe (sotavent). Oportunitats: al final de la divisòria (d'aigües) o quan aquesta canvia de direcció, a les bifurcacions, o on es manifestin els contravents.
	Zones de subsidència. Vents generals que toquen a terra durant la nit, i s'aixequen durant el dia	Vents amb subsidència	Fenomen que es dona a les serres litorals darrera d'un gran altiplà que cau abruptament (Costa central-est de la Península Ibèrica, costa de Califòrnia, Peloponès grec...), quan els vents topogràfics diürns són capaços de compensar el vent de nord en altura. Ara bé, durant la nit els vents topogràfics són de caràcter descendent, el vent de nord bufa en superfície i inclús es veu reforçat per aquest caràcter descendent dels topogràfics. D'aquesta manera l'incendi durant les hores diürnes es comporta com un topogràfic i durant les nocturnes com un incendi conduït per vent. Aquesta dinàmica implica, a més a més, que la cua de l'incendi diürn es transformi en cap durant la nit i viceversa, amb les dificultats de gestió del punt de vista de gestió de les emergències que això comporta.
CONVECCIÓ	Sense vent significatiu	Convecció estàndard	Segueix la macro topografia i el vent. Oportunitats: estrènyer el cap o tractaments per reduir la generació de focus secundaris.
	Vent significatiu. A Catalunya, en situacions de ponents càlids i molt ocasionalment amb entrades de sud	Convecció amb vent	Comportament convectoriu, al que el vent li afegeix de propagació. El vent augmenta la distància de llançament de focus secundaris, creant nous punts d'ignició fora de la zona d'influència de la columna convectoria i accelerant propagació general de l'incendi. La columna i els focus secundaris seguiran la direcció del vent, però el foc anirà cremant grans olles topogràfiques.
	Amb desplaçament de pirocúmul	Convecció amb pirocúmul	El pirocúmul es desploma al condensar i guanyar pes. Aquest desplom de la columna genera vents que poden arrencar arbres, realitzar llançament massiu de focus secundaris, i eixamplament de l'incendi en totes direccions.

Els incendis que segueixen el patró de propagació de Tempesta (Tempesta propera) no s'inclouen ni a la taula ni al document perquè encara no es disposa de suficients coneixements per a la seva gestió, tot i que apareixen classificats en la figura 82.

Caracterització de les Zones Homogènies de Règim. Cas de Catalunya

L'anàlisi d'incendis històrics, junt amb la informació topogràfica i la delimitació dels perímetres de protecció prioritària (DMAH), basat en la metodologia d'Agee⁽²⁾ (1993), ha permès identificar les Zones Homogènies de Règim (ZHR). Les Zones Homogènies de Règim (ZHR) comprenen territoris amb rotació de focs i tipus de GIF potencials homogenis, en els quals es poden concretar els Incendis tipus, els Incendis de disseny (incendis de referència per a la planificació) i les situacions sinòptiques que es preveuen com a més pro-

blemàtiques per al massís⁽¹⁾.

Per adaptar la metodologia d'Agee⁽²⁾ a la localització i caracterització de les Zones Homogènies de Règim a un territori àmpliament pertorbat per l'home, s'ha dividit el territori en petites zones homogènies per generar càlculs i agregar zones colindants:

- Per generar les Zones Homogènies de Règim es parteix del model digital d'elevacions (MDE) on es calculen conques d'un tamany aproximat de 450 ha.

- S'agrupen les diferents conques hidrogràfiques segons:

- Existeixen massissos forestals identificats pel Departament de Medi Ambient.
- Continguin diferents incendis classificats dins el mateix grup d'Incendis tipus.
- Continguin diferents incendis amb el mateix eix de propagació principal (SE-NO, N-S, etc.). La direcció de propagació ve condicionada per la interacció vent-topografia, i un mateix eix indica zones on aquesta interacció és homogènia.⁽¹⁾

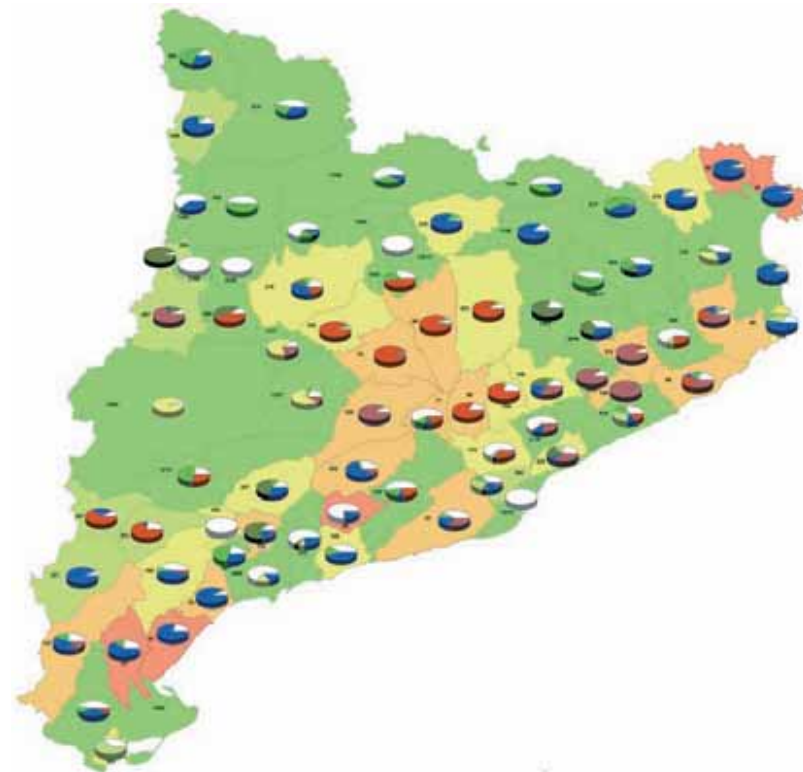
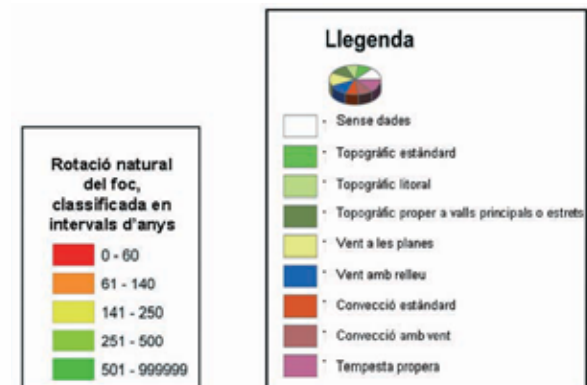


Figura 82. Mapa de regionalització d'Incendis tipus. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



3.a.2 Factors bàsics de propagació

Tota la metodologia de caracterització de la propagació de cada incendi tipus, es recolza en la metodologia del Campbell Predicton System⁽³⁾ i en el comportament del foc observat pels responsables de l'extinció de cada incendi forestal.

Introducció a l'anàlisi bàsic d'incendis forestals

Els factors que afecten i determinen el comportament i propagació d'un incendi forestal són variats. Al triangle bàsic del foc, (calor, aire i combustible), s'hi afegeix el de comportament: Meteorologia, Topografia i Combustibles. En aquest context, el combustible s'entén com la vegetació forestal.

Els diferents factors d'aquest triangle es poden desglossar en diferents components, tal i com es mostra a la *figura 83*.

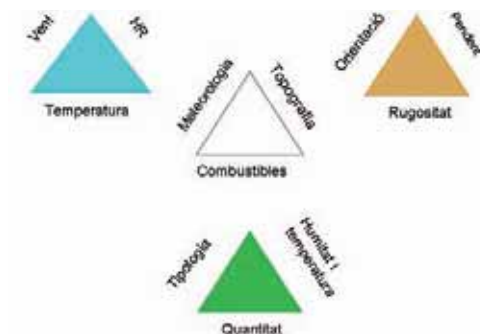


Figura 83. Desglossament dels factors principals que afecten al desenvolupament d'un foc forestal. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Definició factor bàsic de propagació i Lògica de camp CPS

Els **factors bàsics** que afecten el comportament del foc són diversos. A la *figura 83* del desglossament del triangle de comportament del foc es poden veure els més importants, però cal cercar els principals a l'hora de fer prediccions de comportament. Resumint-los tots a nivell de lògica de camp, es redueixen en tres de bàsics per a definir una regla pràctica d'anàlisi.

Orientació: determina la temperatura del combustible en funció de la seva incidència

a la radiació solar. A major temperatura del combustible s'escurça el procés de preescalfament^(f) i per tant augmenta la intensitat i velocitat del procés de combustió.

La incidència de la radiació solar varia al llarg del dia i es pot classificar en ordre seqüencial: est, sud i oest, i en ordre de intensitat: sud, oest i est, en el cas de l'hemisferi Nord. Diferències en temperatura del combustible fi mort de 40°C es donen fàcilment en dies d'estiu, veure *figura 84*.

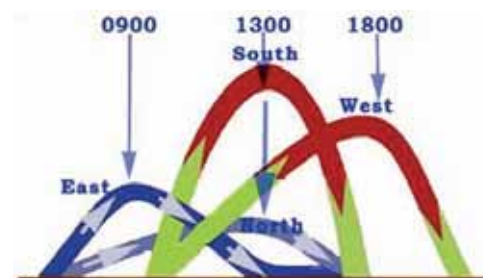


Figura 84. Esquema horari de la insolació i escalfament de les vessants. Font: Campbell, 1995⁽³⁾.

Pendent: el moviment del foc en una vessant amb pendent a favor, és més ràpid i de major intensitat degut a què la distància entre la flama i el combustible és menor, això facilita el procés de preescalfament del material que es troba per davant del front. En una vessant amb pendent en contra, el preescalfament és menor i més lent, degut a la major distància entre la flama i el combustible.

Vent: al igual que la pendent és un accelerador de la velocitat del foc, tant pel seu efecte sobre la radiació, en l'empenta i l'oxigenació del foc, com en el dessecament dels combustibles:

- La flama presenta un angle tancat respecte el terra per efecte del vent, veure *figura 85 i 86*:
 - Implica una major quantitat de combustible que en cada moment està cremant i interaccionant, major longitud de flama.
 - Augmenta el poder de pirolitzar el combustible proper.

Lògica de camp CPS: es defineix com un sistema senzill d'operar amb els factors bàsics de propagació del foc; orientació, vent i pendent, per tal de realitzar un breu anàlisi útil per al bomber a l'hora de plantejar tàctiques basades en el comportament previst del foc i delimitar-ne la seva validesa en l'espai i el temps. Aquesta lògica es basa en el sistema de **l'alineació de factors**, veure *figura 87*, entenent com a tal **el grau de coincidència, favorable o desfavorable, respecte el front de foc dels tres factors esmentats**.

Exemple: Un foc a la base d'una

*pendent, orientada al Sud a les 12:00 amb vent del Sud; és una situació de **plena alineació** perquè el foc pot ascendir a favor de vent i sobre un combustible calent.*

*La mateixa situació a les 8 del matí es tracta d'una situació de **2/3 d'alineació** (vent i pendent) ja que a aquesta hora les pendents calentes són les que miren a l'Est. Si en aquesta situació el vent és del Nord es tracta de **1/3 d'alineació** (pendent). Si per contra el foc es troba a la part alta de la pendent, el foc es troba **fora d'alineació** ja que aquest per propa-*

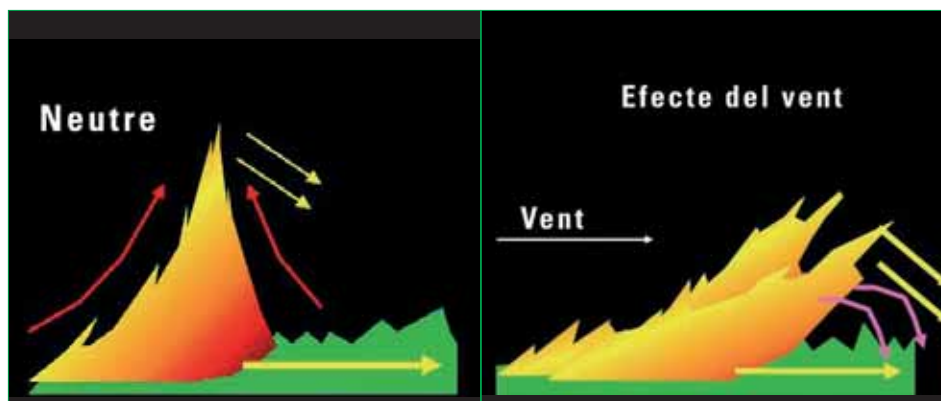


Figura 85 i 86. A l'esquerra, exemple de foc neutre sense efecte del vent. La transferència de calor per convecció i radiació afecta en menor intensitat el combustible proper a la flama, la convecció es dissipa cap a la vertical i la radiació s'emet a més alçada respecte el combustible. A la dreta es pot veure que la flama està ajaguda per efecte del vent, això provoca que la distància entre la flama i el combustible sigui menor, el combustible que es troba per davant el front, rep major calor per convecció (fletxa lila) i radiació (fletxa groga). Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Alineació de Factors	
Orientació	→
Pendent	→
Vent	→
Plena Alineació (3/3)	↑+↑
Mitja Alineació (2/3)	↑+ ↑+
Poca Alineació (1/3)	↑ ↑ ↑

*gar-se hauria de **baixar a contravent** i en una pendent de **combustible fred**.*

Figura 87. Exemple de llençatge CPS. Font: Campbell, 1995⁽³⁾.

3.a.3 Esquema de propagació de cada Incendi tipus

INCENDIS TOPOGRÀFICS

Incendis Topogràfics	L'àmbit de propagació d'aquests incendis és la conca hidrogràfica incloent la vall principal i els barrancs secundaris. Els incendis topogràfics es diferencien si propaguen durant el dia (diürns) o durant la nit (nocturns).
Factors	El moviment del foc està dominat per tres factors principals: la pendent, els vents locals (marinades, terrals, de vall i de vessant) i la insolació de les vessants relacionada amb la seva orientació. Els vents locals, <i>figures 88, 89 i 90</i> , es determinen pel moviment de l'aire generat per l'efecte de la radiació solar dins del cicle diari. Varien d'intensitat i direcció al llarg del dia dins d'una pauta rutinària i per tant previsible.
Patró de propagació	El patró de propagació d'aquests tipus de foc és molt dinàmic i varia en funció de la disposició dels tres factors esmentats, és a dir, la identificació de cua, flanc i cap pot variar amb el canvi de pendent, insolació o direcció del vent, <i>veure figures 91 i 92</i> .

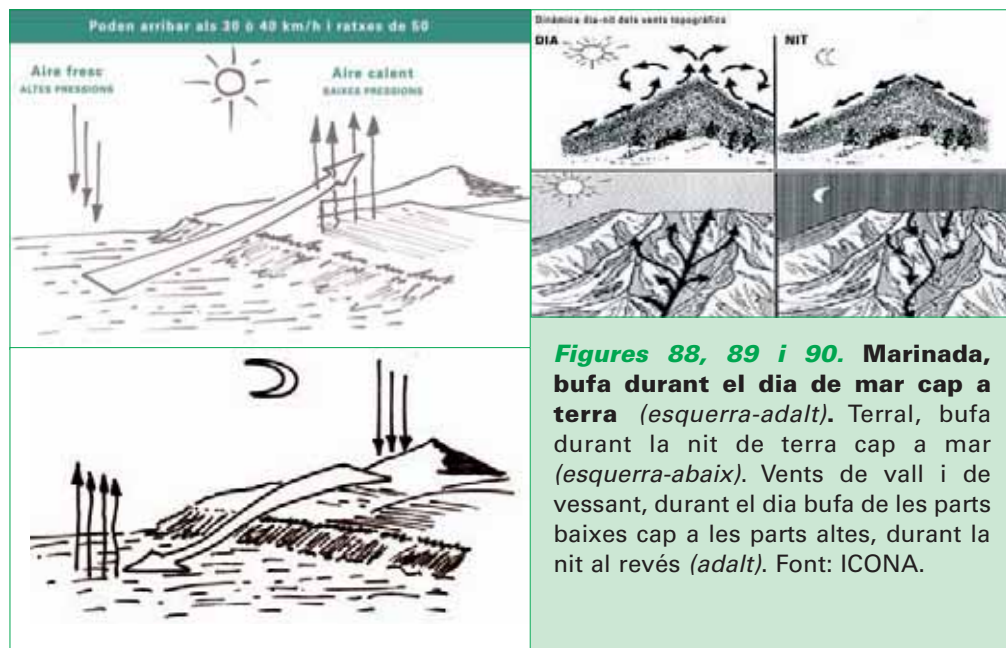


Figura 91 i 92. Incendi forestal d'Horta del 2005 (*adalt*) i Roda de Barà del 2004 (*abaix*). Exemples de focs que propaguen topogràficament. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Tipus d'Incendis Topogràfics

Focs Topogràfics Estàndards Diürns

Són els més freqüents perquè coincideixen amb el període diari de màxim risc i per tant major nombre d'ignicions. Els vents locals són en aquest cas ascendents, tant els de vall com els de vessant. Aquest fet comporta que els punts de foc situats a la part més baixa de la conca tenen al seu abast el major potencial de superfície per cremar (vessants senceres amb pendent i vent a favor com a mínim), veure figures 93 i 94. Per contra quan el foc està situat a les parts altes de la conca, el seu abast de propagació és menor perquè té pendent i vent en contra. Si el foc propaga per un fons de barranc genera un cap en cada vessant amb els respectius flancs. El moviment de l'incendi en aquest cas ve determinat per la progressió que realitzen els flancs aigües amunt pel fons de barranc, que donen noves oportunitats de carrera per cada vessant.

Focs Topogràfics estàndards Nocturns

El flux de vents de vall i de vessant és descendent i el factor insolació no té rellevància degut a la manca de radiació solar. L'equilibri de forces entre vent descendent i la topografia serà el que determini la direcció de propagació del foc. Es diferencia del cas dels focs topogràfics diürns on el foc propaga per les parts altes de les carenes i es dissocia en dos caps cada vegada que arriba a un nus de carena.



Figura 93. Incendi Forestal del Montmell, 06/06/2006. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Focs Topogràfics Litorals Diürns

S'ha de tenir en compte el canvi de direcció del vent associat a la marinada al llarg del dia. La marinada és un vent de compensació tèrmica de mar cap a terra. Al llarg del dia varia la seva direcció en funció del moviment del sol seguint les vessants insolades. Aquest fenomen es dona sempre i quan hi hagi influència directa del mar, és a dir, sense barreres orogràfiques significatives, veure figura 95 i 96.

A Catalunya, per exemple, la marinada va variant de la component est al inici del dia, cap a component oest al final de la tarda, passant pel sud en les hores centrals del



Figura 94. Aquest esquema es denomina "propagació per fons de barranc" (g) i es replica fins arribar a la capçalera de la vall o conca hidrogràfica. En el cas d'una vall complexa amb ramificacions laterals, l'esquema es multiplica a cada nus de barranc o confluència de valls secundàries, ampliant la superfície afectada per l'abast de l'incendi. Font: Bombers Generalitat Catalunya.

dia. És important conèixer el gir de la marinada, definit i previsible, en el flux total de vents locals que afecta la zona on té lloc l'incendi.

Focs Topogràfics Litorals Nocturns

La propagació d'aquests focs durant la nit és molt similar a la dels focs topogràfics estàndards nocturns: el flux de vents de vall i de vessant és descendent i el factor insolació no té rellevància degut a la manca de radiació solar. L'equilibri de forces entre vent descendent i la topografia serà el que determini la direcció de propagació del foc.

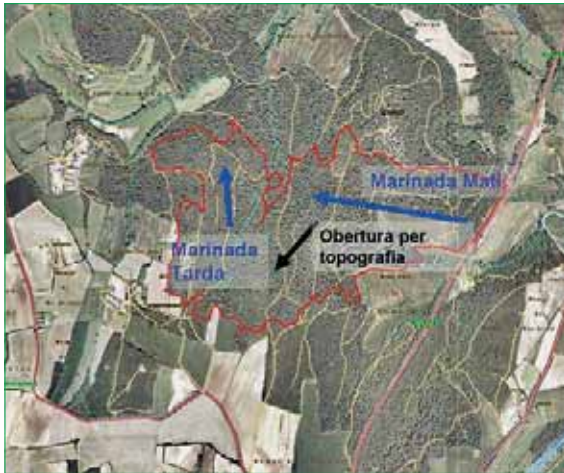


Figura 95. Incendi Forestal de Vilademuls, 2003. Incendi conduït per la marinada. El gir de la marinada provoca les diferents estirades. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

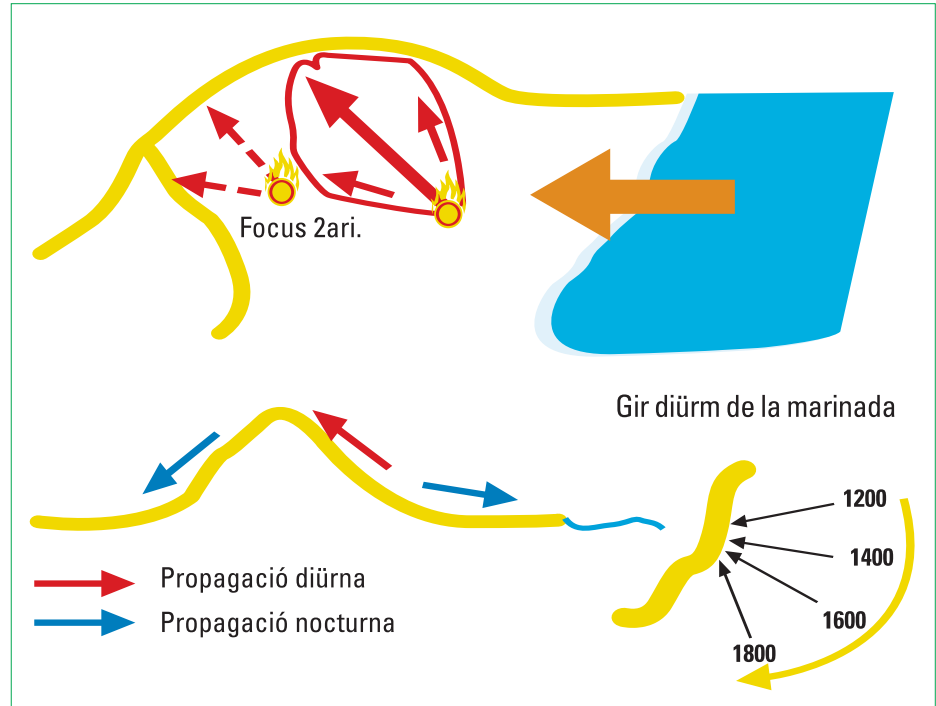


Figura 96. Esquema de propagació d'incendi topogràfic en la vessant litoral. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Focs Topogràfics propers a Valls Principals i als Estrets Diürns

Les valls principals de conques hidrogràfiques importants tenen un règim de vents locals més intens i amb un cabal de volum d'aire superior a les valls secundàries. El fenomen de moviment de grans volums d'aire amb més intensitat que l'aire de l'entorn, degut a un estretament de la vall, comporta que es generi una depressió provocant una succió de l'aire del voltant cap aquesta zona (efecte venturi). Incendis situats en valls secundàries que es trobin

pròxims a una vall principal tendiran a convergir cap el flux d'aire de la vall principal. Els focs que es donen en vessants properes a valls estretes o congostos tenen un esquema de propagació similar als focs propers a valls principals. El vent dins de l'estret augmenta la seva velocitat i si pot succionar el foc cap el seu interior, crea carreres de foc ascendents dins de l'estret i un eixamplament del front en la sortida oposada de l'estret. Les zones fora d'influència dels vents de l'estret es veuen afectades pels vents generals i topogràfics,

augmentant el perímetre del foc. Veure figures de la 97 a la 100.

Focs Topogràfics propers a Valls Principals i als Estrets Nocturns

El flux de vents de vall i de vessant és descendent i el factor orientació no té rellevància degut a la manca de radiació solar. L'equilibri de forces entre vent descendent i la topografia serà el que determini la direcció de propagació del foc. En aquesta situació els vents descendents de vall exerceixen una dominància clara

respecte els vents descendents de ves-sant. A conseqüència d'aquest fet els perímetres d'incendis topogràfics nocturns tendeixen a allargar els flancs propers al flux de la vall principal. En els casos més extrems (ex: a prop d'estrets, proximitat a valls principals), el vent descendent de vall és l'únic factor que domina el moviment de l'incendi i es generen caps que van en direcció a l'estret o en direcció paral·lela a la vall principal sense respectar la topografia.

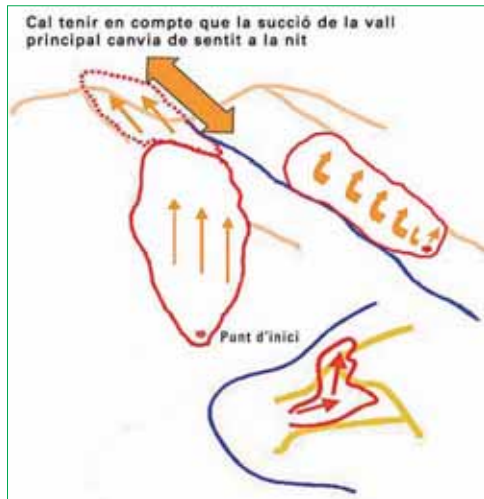


Figura 98. Esquema de propagació d' incendi topogràfic amb succió de vall principal. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

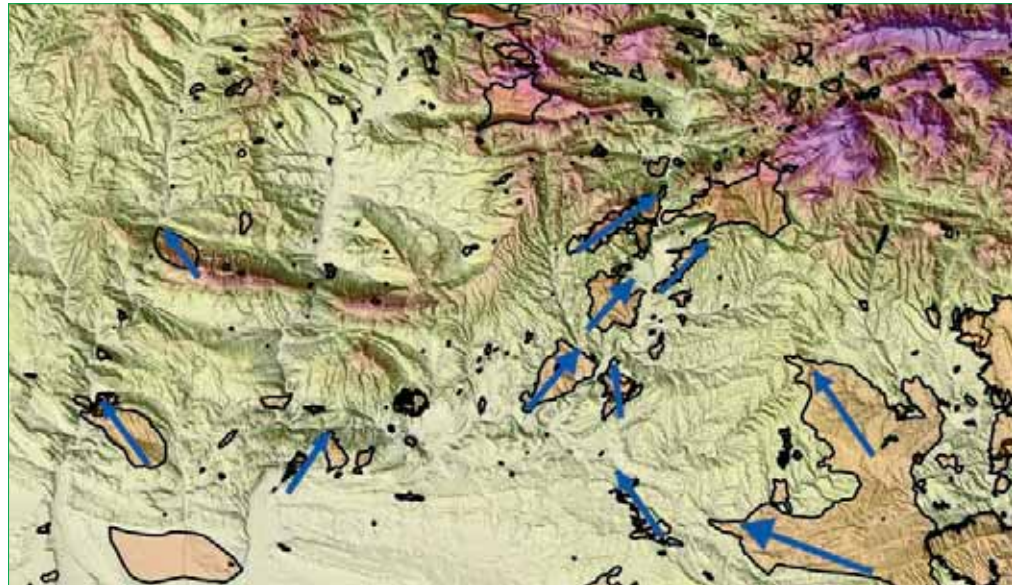


Figura 97. Perímetres d'incendis afectats per la succió de la vall principal del Segre, Catalunya. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

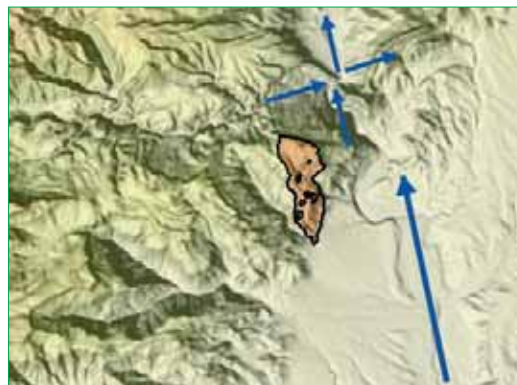


Figura 99. Incendi forestal Alcover, 2003. La imatge del perímetre mostra la tendència de l'incendi ha ser succionat cap a l'interior de l'estret. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

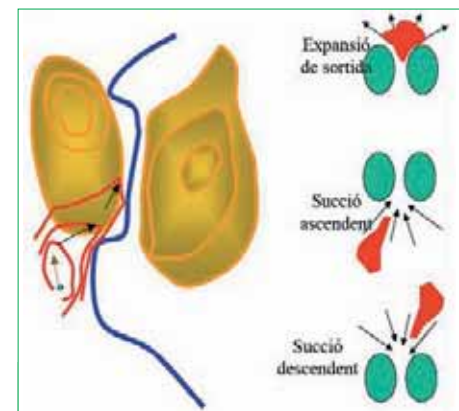


Figura 100. Esquema de propagació d'incendi topogràfic proper a estrets. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

INCENDIS DE VENT

Incendis de Vent	El potencial dels focs de vent queda condicionat per la interacció del vent amb el relleu i la disponibilitat de combustible. El front d'un incendi conduït pel vent sempre busca la zona de màxima velocitat del vent, com el comportament d'un fluid continu. En les carreres a favor de vent és quan el foc supera fàcilment el límit de la capacitat d'extinció, <i>veure figura 101</i> .
Factors	El moviment del foc està dominat per dos factors principals, el vent, <i>figura 102</i> , i la velocitat de propagació de les flames que és superior a la velocitat d'extinció amb línia d'aigua. El patró de moviment d'aquests focs de vent és previsible quan es coneix el moviment del vent sobre el relleu. El fum és el major indicador d'aquesta interacció i dona moltes evidències de la força, la direcció i els llocs de trencament d'aquest flux de vent per on el foc propaga ràpidament.
Patró de propagació	La propagació amb salts a llarga distància és freqüent quan el combustible cremat és gruixut i permet mantenir la incandescència durant pocs minuts, salts 500-1000 metres no són estranys en focs amb vents de 60 km/h cremant masses arbrades adultes, <i>figures 103, 104 i 105</i> .



Figura 101. Incendi forestal de l'Escala, 2001. A destacar la zona de caiguda de la columna de fum com a zona de recepció de focus secundaris. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 102. Incendi forestal de Bonastre, 2009. Incendi amb ràfegues de vent de 140 Km/h. S'observa com les flames estan molt tombades sobre el terra. Font: Bombers Generalitat Catalunya.



Figura 104 i 105. Exemple de 2 focs conduïts per vent, és característic d'aquests focs columnes tombades i perímetres allargats i estrets. Incendi forestal Ventalló 04/08/2006 (esquerra) i Incendi forestal Capmany 06/08/2006 (dreta). Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 103. Incendi forestal a l'Espluga de Francolí, 24/06/2006. Incendi conduït per vent. L'estrella indica el punt d'inici de la carrera principal i els punts grocs, un focus secundari. Font: Cos d'Agents Rurals.



Tipus d'Incendis de Vent

Foc de Vent a les Planes

En zones planes els focs de vent segueixen la direcció del vent i s'obren amb un angle entre 30 i 60 graus segons la força del vent, veure figures 106 i 107. Aquesta obertura es produeix a mesura que els flancs s'obren i generen noves carreres, al mateix temps el propi vent evita la propagació de les cues.



Figura 106. Incendi forestal d'Ossó i Selvanera, 2003. La fletxa vermella marca la direcció de propagació del foc. Font: Bombers Generalitat Catalunya.

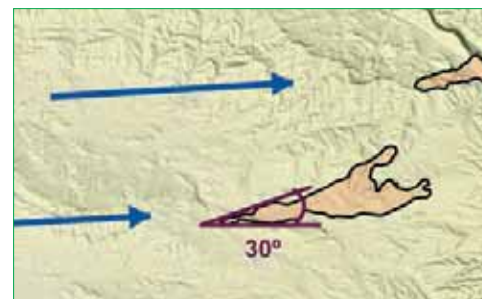


Figura 107. Incendi forestal d'Ossó i Selvanera, 2003. Perímetre amb obertura de 30° i carreres en la direcció del vent. Font: Bombers Generalitat Catalunya.

Focs de Vent amb Relleu

Serres paral·leles a la direcció del vent

El cap del foc propaga fàcilment seguint les carenes de les serres alineades a la direcció del vent, veure figura 108.

Oportunitats: al final de la divisòria (d'aigües) o quan aquesta canvia de direcció, a les bifurcacions, o a on es manifestin els contravents.



Figura 108. Incendi forestal de Cap de Creus. El perímetre segueix la línia general de les carenes amb el vent paral·lel a la carena. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Serres perpendiculars a la direcció del vent

Una serra perpendicular a la màxima direcció del vent produeix turbulències al vent, aquest busca el camí més curt per superar la serra. Aquestes zones poden provocar variacions sobtades en el flux del vent, quedar sense quasi vent (sotavents) o inclús generar fluxos locals contraris a la direcció dominant (contravents). L'existència d'aquest contravent^(h)

o sotavent depèn de: l'alçada de la serra que es troba perpendicular al vent, de la velocitat que porta el vent i de les obertures que hi ha en el relleu (canals principals) a nivell de macroescala per on s'escola el vent. En relleus elevats el vent s'escola per les parts baixes, mentre que en relleus invertits i complexos el vent s'escola per les parts altes, veure figures de la 109 a la 112.



Figura 109 i 110. Incendi forestal Coll de Nargó, 29/12/2004. Esquerra: Inici incendi (estrella), direcció vent general (fletxa blava), eixos careners situats perpendicularment a la direcció del vent principal (línies negres), zona situada a contravent (semicercles blaus). Dreta: Detall del foc cremant a contravent durant la nit. Font: Bombers Generalitat Catalunya.



Figura 111 i 112. Incendi forestal de La Riba, 2002. Esquerra: Propagació i perímetre de l'incendi de la Riba. Dreta: Imatge de la columna tombada pel contravent i trencada en alçada pel vent general. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Serres diagonals a la direcció del vent

Serres situades en posició diagonal respecte la direcció del vent, la interacció d'aquest amb la vessant produeix major diferència en la propagació, cremant a favor de vent (en directe) o de rebuf del vent principal (en indirecte). Aquestes serres diagonals o les zones de turbulències provoquen carreres del foc amb direccions diferents a les del vent dominant, i generen situacions difícils per determinar maniobres d'atac directe, veure figures 113, 114 i 115.



Figura 113 i 114. Incendi forestal del Montgrí, 26/09/2004. Esquerra: Inici incendi (estrella vermella), direcció vent general (fletxa blava), perímetre incendi (línia vermella), Serra diagonal a la direcció del vent (línia lila). Dreta: El vent general aguanta el flanc esquerre i no permet el seu descens cap a la vessant (línia verda). Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

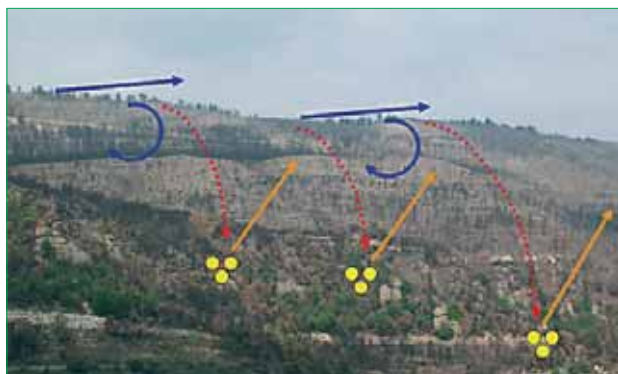






Figura 115. Propagació per contravents.

Les carreres a contravent arriben dalt la carena on el vent general llança focus secundaris baix la pendent, per generar novament carreres pendent amunt pel contravent. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

- | | | | |
|---|---------------------------|---|-----------------------|
|  | Direcció del vent general |  | Focus secundaris |
|  | Marques de contravent |  | Simbologia de carrera |

Focs de Vent amb Subsidiència

Fenomen que es dona a les serres litorals de l'extrem sud de Catalunya, quan els vents topogràfics diürns són capaços de compensar el vent de nord en altura. A la nit els vents topogràfics són en descendent, el vent de nord toca la superfície i es veu reforçat pel vent topogràfic descendent. L'incendi durant les hores diürnes es comporta com un incendi topogràfic estàndard i durant les hores nocturnes com un incendi conduit per vent. Aquesta dinàmica implica que la cua de l'incendi definida durant el dia, es pot transformar en el cap de l'incendi durant la nit i viceversa.



Figura 116. Incendi forestal de Cardó, 1995. Comença (verd) propagant topogràficament de dia. Després, la propagació es dona plenament en subsidiència, cremant tota la nit (blau) fins a mitja tarda del dia següent quan es para en arribar a un perímetre ja cremat el 1993. Els dies següents crema fora d'alineació propagant per topografia (taronja) en una zona de difícil accés on només es poden realitzar treballs manuals. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

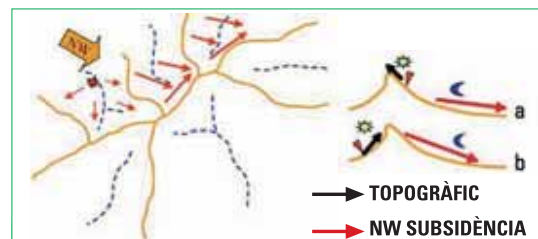


Figura 117. Esquema de propagació amb subsidiència. Eixamplament de cua (a). Eixamplament de cap (b). Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 118. Incendi forestal de Xert, 2001. Incendi de vent amb subsidiència. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

INCENDIS DE CONVECCIÓ

Incendis de Convecció	Són incendis associats a episodis sinòptics caracteritzats per les baixes humitats relatives sense recuperació nocturna i les altes temperatures. El vent de forma directa influeix poc en la velocitat de propagació del foc però marca la direcció de caiguda de focus secundaris i per tant la direcció de propagació, veure figures 119 i 120.
Factors	El moviment del foc està dominat per dos factors, els focus secundaris, figura 121, i l'ambient de foc ^(a) . La disponibilitat del combustible és alta i permet al cap de l'incendi propagar per llançament massiu de focus secundaris. Això genera un front de punts que interactuen entre si i amb el front principal de l'incendi, donant lloc a nous focus de combustió, que produeixen un nou llançament de focus secundaris en la direcció que marca el vent general. Aquest tipus de propagació provoca que el front de l'incendi es desplaci a impulsos o pulsacions. La distància de llançament dels focus secundaris ve determinada per: la capacitat convectiva de la combustió i la intensitat del vent general. L'ambient de foc i el seu comportament són paràmetres estretament relacionats, veure figura 122. No tots els incendis són capaços de crear el seu propi "ambient de foc", únicament aquells que tenen més intensitat.
Patró de propagació	L'àmbit de propagació d'aquests incendis està determinat per la macro topografia (conques de primer ordre i serralades principals), vents genèrics de sud o aponentats, i canals d'aire associats a rius de primer ordre o canals de sortida en el cas dels ponents.



Figura 119 i 120. Incendi forestal de Cardona, 08/07/2005. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 121. Incendi forestal a Margalef, 2005. Interacció entre focus secundaris i succió d'aquest amb el front principal de l'incendi. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 122. Incendi forestal Castellnou de Bages, 18/07/2005. Alta intensitat i ambient de foc. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

Tipus d'Incendis de Convecció

Focs de Convecció Estàndard

Incendis amb comportament de foc extrem amb caps que propaguen fora de la capacitat d'extinció degut a:

- l'alta velocitat de propagació (ratis de propagació lineal de fins 6 km/h).
- l'alta intensitat (longituds de flama superior als 60 metres).

- la superfície afectada (focs que poden consumir 500 ha/h).

La distància de llançament de focus secundaris pot anar de 500 a 2000 m, tot i que s'han registrat salts més llargs. En aquest context de propagació, la topografia no genera canvis en el comportament del foc (com és el cas dels focs topogràfics), ja que el foc és capaç de

saltar d'una vall a un altra sense haver de recórrer valls i vessants per seguir propagant. Les condicions meteorològiques generals tenen poc efecte mentre l'ambient de foc estigui instaurat. La columna de fum manté una marcada tendència a dirigir-se en direcció nord i només està influïda per fluxes d'aire de valls principals. *Veure Focs Topogràfics propers a Valls Principals i als Estrets, p.67.*

Focs de Convecció amb Vent

Aquest incendi presenta comportament de foc convectiu, però el vent li afegeix velocitat de propagació. El vent augmenta la distància de llançament de focus secundaris, creant nous punts d'ignició fora de la zona d'influència de la columna convectiva i accelerant la propagació general de l'incendi. La tendència de la columna seguirà la direcció del vent, tot i que el foc anirà cremant grans olles topogràfiques, la caiguda de focus secundaris marcarà la direcció principal d'avanç del foc, figures 123 i 124.

Focs de Convecció amb formació de Pirocúmul

En alguns incendis de convecció és possible la formació d'un pirocúmul a la part alta de la columna convectiva. El fenomen es dona només als casos que trobem aire estable i fred en alçada, actuant com un tap pel desenvolupament vertical de la columna. Aquesta, en arribar a aquesta capa freda i estable, condensa formant la típica forma de bolet, el pirocúmul, figures 125 i 126.

El pirocúmul, quan condensa, va guanyant pes paulatinament fins al desplom. Aquest es produeix, bé per l'exhauriment del combustible, per la baixada de temperatura de la columna convectiva, o bé perquè la massa que ha adquirit el pirocúmul sobrepasa la seva sustentació.

El desplom del pirocúmul, núvol fred i condensat, provoca el descens d'aire fred per l'exterior de la columna, generant un llançament massiu de focus secundaris i un eixamplament de l'incendi en totes direccions. Es tracta d'un fenomen perillós ja que durant el desplom es poden produir atrapaments degut a l'eixamplament de l'incendi. Conèixer i identificar l'evolució d'un pirocúmul pot evitar aquestes situacions.



Figura 123. Incendi forestal de Gualba, 1994. Incendi de convecció amb vent de ponent. El perímetre mostra la tendència general que va prendre l'incendi, dominat pels vents d'oest. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 124. Incendi forestal de Castellnou de Bages, 2005. La inclinació de la columna convectiva indica la direcció del vent. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 125. Incendi forestal de Cardona, 2005. Columna convectiva. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Figura 126. Incendi forestal de Cardona, 2005. Pirocúmul en alçada en procés de formació. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

REFERÈNCIES

1. CASTELLNOU, M; PAGÉS, J; MIRALLES, M i PIQUÉ, M. (2009). Tipificación de los incendios forestales de Cataluña. Elaboración del mapa de incendios de diseño como herramienta para la gestión forestal. Comunicació del 5è Congrès Forestal Nacional (Ávila), SECF.
2. AGEE, JAMES K. 1993. Fire ecology of Pacific Northwest forests. Washington, DC: Island Press. 493 p.
3. CAMPBELL, D., 1995. The Campbell Prediction System: A Wild Land Fire Prediction System & Language. D. Campbell ed. 129 pp.

3.b Propostes d'actuació per a cada Incendi tipus

La caracterització d'incendis tipus d'un territori permet identificar les oportunitats de treball que tindrà el sistema d'extinció davant els Grans Incendis Forestals (GIF) en un massís concret, localitzant els punts claus on calen actuacions de creació o manteniment d'infraestructures per a limitar l'abast dels GIF.

Aquests punts, que poden ser oportunitats per l'extinció, reben el nom de **Punts Estratègics de Gestió (PEG)**.

3.b.1 Identificació dels Punts Estratègics de Gestió (PEG)

Identificar les zones on el comportament del foc farà un canvi, sigui a millor o a pitjor pel servei d'extinció, és la base per determinar la prioritat dels tractaments dels combustibles i preparació de les infraestructures de prevenció.

Els PEG prioritaris a identificar i tractar són aquells on el comportament del foc no només supera la capacitat d'extinció sinó que, a més a més, posa al límit la organització dels sistemes d'extinció.

Recolzament en simuladors i eines GIS

En els casos que sigui convenient, l'estudi

es recolzarà en l'ús d'eines de sistemes d'informació geogràfica (GIS) i en l'ús de simuladors, particularment els basats en temps mínim de recorregut, que permetin localitzar oportunitats.

Hi ha 3 objectius pels quals es poden utilitzar els simuladors com a eina de suport en aquesta metodologia:

- modelització del comportament del foc en zones de contravent
- modelització del comportament en els llançaments de focus secundaris
- modelització dels canvis en la propagació del foc

defensa, franges de transitabilitat en pistes forestals, etc.

Les mesures de gestió forestal i prevenció que es proposen serveixen per assolir l'objectiu plantejat al PEG de cara a la gestió i extinció dels GIF.

Objectius dels PEG:

Limitadors d'incendis.

- Limitar l'efecte multiplicador de la propagació de fronts.
- Limitar la intensitat de propagació a salts.
- Evitar focs de capçades en arbrat adult estratificat.
- Reduir continuïtat del matoll per disminuir les longituds de flama.

- Confinament de la ignició.

- Facilitar l'ancoratge de cues i flancs.
- Facilitar l'ancoratge de maniobres amb foc tècnic.
- Gestió de causes.
- Protecció de punts vulnerables.

- Facilitar l'accessibilitat.

- Garantir l'accés i emplaçament de vehicles en zones segures.
- Garantir l'accessibilitat a flancs molt llargs.

Per complir aquests objectius cal conèixer quin tipus de comportament de foc permet mantenir l'estructura forestal del PEG, exemple a la *figura 128*, segons l'incendi tipus sobre el qual planifiquem. Per tant cal categoritzar el comportament del foc, *figura 127*, i relacionar-ho amb l'estructura forestal.



Figura 127. Exemple de classificació qualitativa de comportament de foc forestal segons Bombers de Catalunya, amb 5 imatges: focs de superfície de baixa, mitja i alta intensitat, foc de capçades passiu-antorxeig i foc de capçades actiu. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

El canvi en l'estructura forestal provocat pel gestor permet augmentar o disminuir la càrrega de combustible, la seva disposició en l'espai i la seva disponibilitat. Per tant, la gestió forestal de la massa permet variar el comportament del foc fins al nivell desitjat (inferior al límit de la capacitat d'extinció) segons l'incendi de disseny establert i l'escenari de disponibilitat de combustible determinat.



Figura 128. Exemple d'un PEG a les estrivacions Nord-est del massís de Prades.

Localització: Terme municipal de Montblanc, Catalunya. (1) Arranjament i nova obertura de pista per a millorar l'accessibilitat al massís; (2 i 4) Creació d'àrees de baixa càrrega de combustible a nusos de barranc per evitar l'obertura i bifurcació del foc segons incendi de disseny cap a les valls properes; (3) Creació d'una faixa auxiliar de pista per a confinar possibles ignicions i com a zona d'ancoratge per a possibles actuacions dels equips d'extinció d'incendis. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

3.b.3 Propostes d'actuació per a cada tipus de propagació

Els Incendis tipus estan basats en les grans famílies de Patrons de Propagació (vent, topogràfics i de convecció). Per a cada tipus de propagació hi ha unes recomanacions comunes, i d'altres d'específiques per alguns Incendis tipus, com per exemple, els incendis de subsidència o Topogràfics Litorals.

A continuació es descriuen les directrius generals més habituals i necessàries per una òptima planificació forestal, prevenció i extinció d'incendis forestals.

INCENDIS TOPOGRÀFICS	
Estratègia per limitar la propagació	<p>1. Atac directe⁽¹⁾ o paral·lel⁽²⁾ a la cua i als flancs per evitar que arribin a tenir alineacions desfavorables (fons de barranc o nusos de barranc). La cua i els flancs sovint estan dins la capacitat d'extinció.</p> <p>2. Atac indirecte⁽³⁾ al cap per limitar la capacitat de propagació per focus secundaris, si aquests poden arribar a tenir alineacions desfavorables.</p> <p>3. Esperar tenir alineacions favorables per atacar el cap, cua o flancs. Quan el foc està situat dins d'un barranc i afecta a les dues vessants, es generen dos caps i quatre flancs amb un denominador comú que és el fons del barranc. Aquest és el lloc per on les cues i els flancs progressen donant lloc a noves carreres de cap. En aquests casos s'estableix un nou factor estratègic.</p> <p>4. Limitar la propagació de fons de barranc amb atac directe o paral·lel als flancs d'aigües amunt. Quan la propagació de fons de barranc se situa a prop de la confluència de diferents barrancs secundaris (denominat nus de barrancs), donarà oportunitat a l'incendi a replicar el mateix patró en més d'un barranc al mateix instant, incrementant el potencial de forma notòria.</p>
Accessibilitat	<p>Camins de maniobra: - De fons de barranc (mínim secundari⁽⁴⁾), que transiti preferentment pel fons de la vall amb zones segures cada 1000 metres i zones segures obligatòries en els nusos de barranc. - D'accés a fons de barranc (mínim secundari), que transiti preferentment per vessants nord i est amb zones segures cada 700 metres.</p> <p>Camins de trànsit: - Mínim secundaris, amb zones segures cada 1000 metres que permetin el trànsit de recursos. Traçats més o menys paral·lels a la carena evitant les vessants més exposades.</p> <p>Trencament dels multiplicadors de la propagació o punts de canvi⁽⁵⁾: gestionar parcel·les en nusos de barrancs per tal d'evitar que l'incendi pugui cremar noves vessants i noves conques. L'actuació ha de garantir que el foc sigui de superfície podent ser atacat amb instal·lacions d'aigua o confinat amb eines manuals. La parcel·la ha de permetre l'emplaçament segur de mitjans terrestres.</p>
Actuacions	<p>Limitar la intensitat del propi foc: reduir la distància de llançament de focus secundaris des de les parts altes de les carenes mitjançant la reducció del combustible sec més gruixut (10 i 100 HR).</p> <p>Confinar la ignició: -facilitar l'ancoratge dels flancs: gestionar parcel·les situades entre el fons del barranc i la carena, a ser possible en diagonal positiva, per a facilitar l'extinció del flanc que es genera entre els dos punts esmentats. Ha d'anar complementada amb una parcel·la de nus de barranc per garantir la seva efectivitat. - facilitar l'accessibilitat: Crear camins per possibilitar el moviment de mitjans terrestres d'extinció entre conques hidrogràfiques (mínim secundari), amb zones segures cada 700 metres. Evitar preferentment vessants sud i oest per evitar que el camí es trobi situat en una zona on el foc pugui propagar amb plena alineació. En traçats paral·lels a la carena, <i>veure figura 132</i>, mantenir una distància entre la pista i la carena per a minimitzar els efectes de la radiació i convecció del foc que cremi en la conca adjacent.</p>

INCENDIS DE VENT	
Estratègia per limitar la propagació	<p>1. Atac directe des de la cua cap al cap, la cua i els flancs sovint estan dins la capacitat d'extinció aguantats pel propi vent general.</p> <p>2. Frenar o confinar el cap quan crema a favor de vent i atacar-lo quan perd alineació.</p> <p>3. L'atac paral·lel (crema d'eixamplament) és útil en comportaments de flanc i cua, doncs el propi vent n'afavoreix l'execució. Molt important cremar de cap en direcció la cua o, en tot cas, en contra de la direcció del vent a la zona, <i>veure figura 131</i>.</p> <p>4. L'ús de foc en atac indirecte (contrafoc) és complicat perquè el vent, factor principal, condiona la finestra d'actuació (lloc i moment) i limita la intensitat del contrafoc que pugui verticalitzar la columna. També és complicada la maniobra de redireccionament del cap ja que la interacció dels fronts queda limitada pel vent.</p>
Accessibilitat	<p>Camins de maniobra: De final de carena (mínim secundari), que transiti per la part del límit del contravent. - D'accés a les vessants, paral·lel a la carena principal i convergent cap al final de carena, per poder accedir als flancs des de la part baixa o, des del cap de l'incendi (final de carena) poder marxar cap a la cua perdent alçada i posant distància amb el flanc, amb zones segures cada 700m.</p> <p>Sentit de la progressió i accés: - l'atac directe de la cua cap al cap, maniobra de "flanqueig"; - l'atac paral·lel del cap a la cua, en contra de la direcció del vent.</p> <p>Trencament dels multiplicadors de la propagació o punts de canvi: mantenir les oportunitats de treball en les zones sotaventades, contravents, finals de carenes o abans de nusos de carenes alineades.</p>
Actuacions	<p>Limitar la intensitat del propi foc: reduint la distància de llançament de focus secundaris des de les parts altes de les carenes mitjançant la reducció del combustible sec més gruixut (10 i 100 HR), <i>veure figura 129</i>.</p> <p>Confinar la ignició: facilitar l'ancoratge dels flancs mantenint línies d'ancoratge en diagonal positiva respecte a la direcció del vent en la vessant.</p>



Figura 129. Crema prescrita al coll de Valleta 17/03/2005 per crear zones de baixa càrrega a les parts altes de les vessants, susceptibles d'enviar o rebre focus secundaris. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

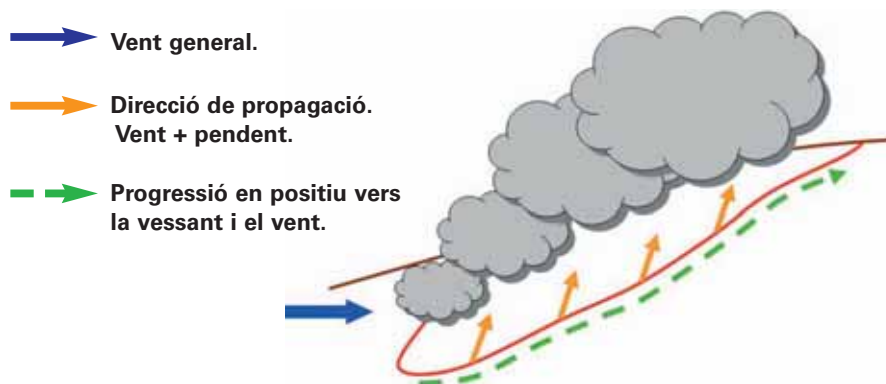


Figura 130. Progressió en positiu vers la vessant i el vent. El fum i les flames no cauen sobre l'avanç de la línia d'ancoratge. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

INCENDIS DE CONVECCIÓ	
Estratègia per limitar la propagació	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atac directe o paral·lel a la cua i als flancs per limitar la seva obertura i evitar noves carreres en direcció al cap de l'incendi, evitant que s'incrementi la longitud del front del cap. 2. Trencar la dinàmica de propagació del cap per llançament massiu de focus secundaris amb atac indirecte, o esperar o generar (amb atac paral·lel) discontinuïtats amb amplada superior a la distància de caiguda de focus secundaris. 3. Atac al cap per la seva estabilització allà on el cap perd alineació o es transforma en flanc degut a l'efecte de l'atac indirecte. 4. Esperar canvi de la situació Meteorològica.
Accessibilitat	<p><u>Camins de maniobra:</u> - De sotavent de propagació de front (mínim secundari), per tal de realitzar maniobra d'atac indirecte, que transiti perpendicularment a l'eix principal de propagació i ubicat al sotavent de la carena a una distància suficient per fer efectiu el contrafoc (generalment vessants nord i est). S'ha de dotar de franja auxiliar de 10 metres a banda i banda i zones segures cada 500 metres.- De confinament de flanc (mínim secundari), per tal de realitzar maniobres d'atac directe o paral·lel a la perifèria de les conques hidrogràfiques principals. Preferentment traçats paral·lels a la carena i a certa distància, amb zones segures cada 700 metres.</p> <p><u>Camins de trànsit:</u> Per a possibilitar el moviment de mitjans terrestres d'extinció en direcció sud-nord i oest-est (mínim secundari), amb zones segures cada 1000 metres. Evitar preferentment vessants sud i oest per evitar plena alineació de forces⁽ⁿ⁾, i en traçats paral·lels a la carena mantenir una distància de la mateixa per minimitzar els efectes de la radiació i convecció del foc que cremi la conca adjacent.</p>
Actuacions	<p><u>Trencament dels multiplicadors de la propagació o punts de canvi:</u> gestionar parcel·les en nusos de barrancs per tal d'evitar que l'incendi pugui cremar noves vessants i noves conques. L'actuació ha de garantir que el foc sigui de superfície podent ser atacat amb instal·lacions d'aigua o confinat amb eines manuals. La parcel·la ha de permetre l'emplaçament segur de mitjans terrestres. Prioritzar les actuacions en nusos de major ordre, així com les parcel·les situades al fons de barrancs perpendiculars a l'eix de propagació principal, per tal de contenir focus secundaris i fronts descendents.</p> <p><u>Limitar la intensitat del propi foc:</u> reduir la distància de llançament de focus secundaris des de les parts altes de les carenes mitjançant la reducció del combustible sec més gruixut (10 i 100 HR). Prioritzar les vessants que es troben plenament alineades amb els vents que dominen aquest tipus de foc. En el cas de Catalunya es tracta de les orientacions sud i oest.</p> <p><u>Confinar la ignició:</u> facilitar l'ancoratge dels flancs: gestionar parcel·les situades entre el fons del barranc i la carena, a ser possible en diagonal positiva, per a facilitar l'extinció del flanc que es genera entre els dos punts esmentats. Ha d'anar complementada amb una parcel·la de nus de barranc per garantir la seva efectivitat. <i>Veure figura 130.</i></p>



Figura 131. IF Alcover 5/08/2003. Utilització de pista (vermell) com a línia d'ancoratge per realitzar un atac paral·lel (groc) per confinar i definir el flanc. En blau zones segures. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

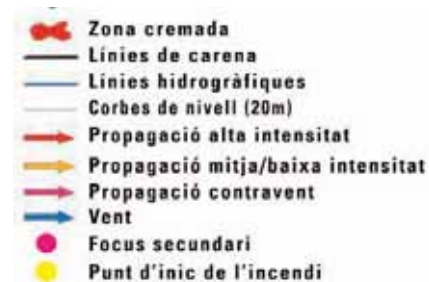


Figura 132. Massís de Prades. Pista auxiliar paral·lela a la carena i franja de baixa càrrega carenera. Font: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

3.b.4 Validació d'oportunitats predefinides

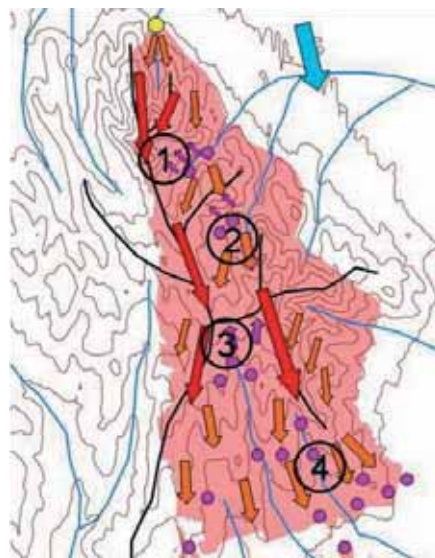
A continuació es comenten els aspectes operatius més destacats, els comportaments observats i les principals oportunitats d'extinció detectades, tant les utilitzades eficaçment com les fallides, com a procés necessari per a validar oportunitats per aquets tipus d'incendis.

S'utilitza la següent llegenda per identificar cada un d'aquests elements:



VALIDACIÓ D'OPORTUNITATS PREDEFINIDES EN INCENDIS CONDUITS PER VENT EN ZONES PLANES

Incendi forestal de Ventalló de 1011 ha del 04/08/2006



carena principal amb una vessant amb un contravent local. Aquesta oportunitat permet estretir el front, però els focus secundaris salten per sobre el contravent i agafen l'altra vessant, amb el vent general a favor.

Oportunitat 2: CONTRAVENT igual que la 1 però amb un contravent menys marcat, l'amplada de la vall permet treballar el flanc descendent però la manca d'accés i visibilitat n'impedeix l'actuació.

Oportunitat 3: CANVI DE DIRECCIÓ DE LA CARENA: Hi ha un nus de carenes, fet que obre el front que arriba per la única carena menys alineada. A partir d'aquí el foc inicia un descens de la velocitat però els focus secundaris i l'obertura en diverses carenes eixamplen el front.

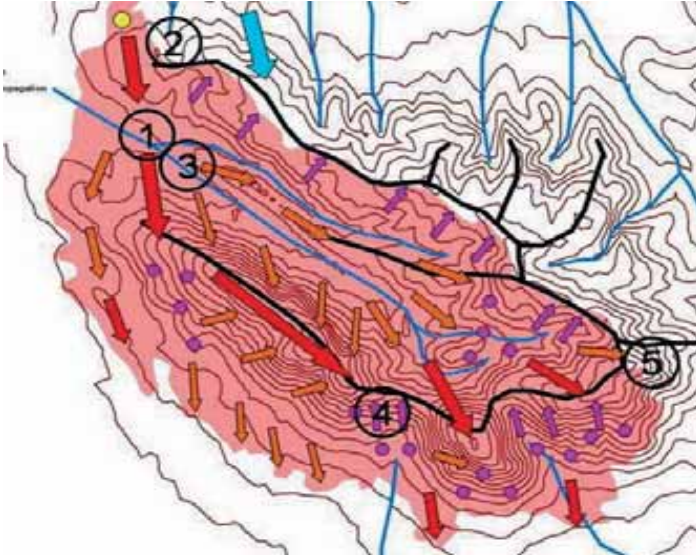
Oportunitat 4: FI DE CARENA: la discontinuïtat de combustible existent amb el mosaic agrícola-forestal permet treballar els diversos focus secundaris i limitar-ne la seva propagació.

Estratègia inicial: **TANCAR ELS FLANCS** per evitar la seva obertura.

Oportunitat 1: CONTRAVENT: el cap de l'incendi arriba a un estretament de la

VALIDACIÓ D'OPORTUNITATS PREDEFINIDES EN INCENDIS CONDUITS PER VENT EN ZONES AMB RELLEU

Incendi forestal de Montgrí de 671 ha del 26/09/2004



Estratègia inicial: **TANCAR ELS FLANCS** per evitar la seva obertura i **CONFINAR** l'incendi a les dues carenes.

Oportunitat 1: TANCAR CAP ABANS ENTRADA A LA SEGONA CARENA: existeix una oportunitat, molt reduïda per la continuïtat de combustible, d'intentar aturar el cap abans no entri dins la dinàmica de vents del massís, els flancs es tanquen però el cap s'escapa i afecta la vessant ascendent i amb vent a favor, i ràpidament també l'altre flanc.

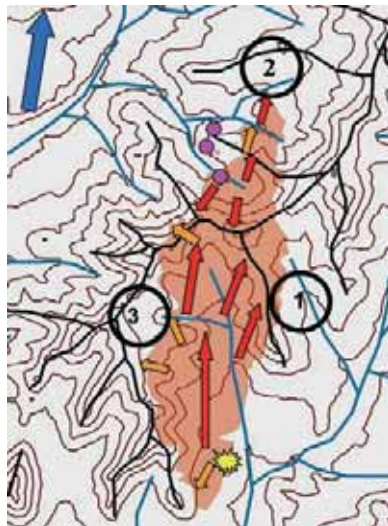
Oportunitat 2: TANCAR EL FLANC ABANS L'ENTRADA A L'ALTRA VESSANT: es treballa perquè el flanc esquerre no es recol·loqui i faci noves carreres alineades a la carena secundària.

Oportunitat 3: CONTRAVENT: El flanc esquerre s'obre per la influència de la vall en diagonal, on s'acanalava part del vent i es generen petits contravents que empenyen el flanc cap a l'interior.

Oportunitat 4: CONTRAVENT: coll entre dos carenes alineades, la desaceleració i el contravent permeten que la velocitat de les línies sigui equiparable al foc, però l'orografia, la continuïtat del combustible i el fum en limiten l'actuació.

Oportunitat 5: NUS DE CARENES: bifurcació de la carena secundària, el foc hi arriba mitjançant el contravent de la carena principal, es limita la seva propagació en el moment de menys velocitat de propagació.

VALIDACIÓ D'OPORTUNITATS PREDEFINIDES EN INCENDIS TOPOGRÀFICS



Incendi forestal de Sallent de 134 ha del 12/07/2007

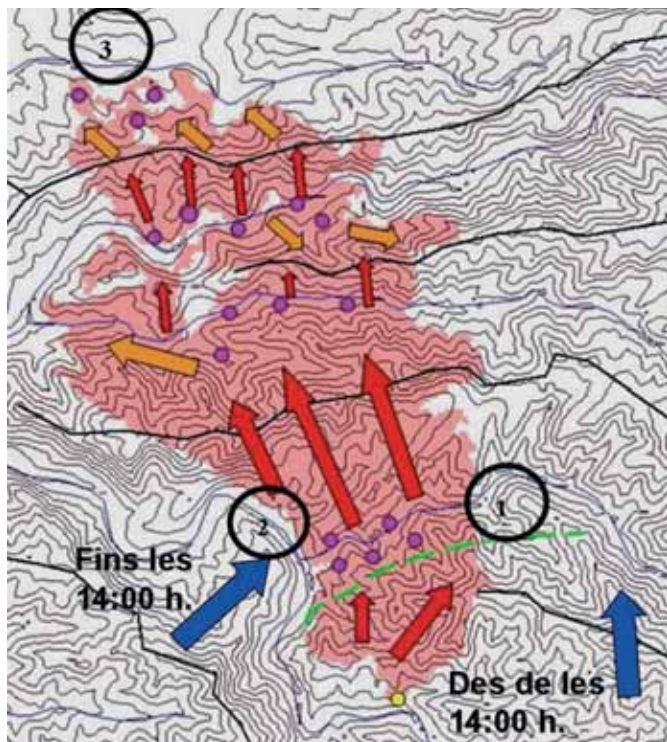
Estratègia inicial: **TANCAR FLANCS** sobretot el **DRET** abans que arribi al torrent situat a l'est.

Oportunitat 1: CAMPS LLAURATS. Torrent situat a l'est amb fons de vall amb camps llaurats. S'aprofita l'oportunitat tancant 2/3 del flanc dret en aquests camps evitant l'obertura a vessants en plena alineació.

Oportunitat 2: PÈRDUA D'ALINEACIÓ I CAMPS LLAURATS per l'estabilització del cap. Llançament de focus secundaris cap al nord a les carreres produïdes a la part alta de la primera conca. L'augment de la proporció de camps permet estretir el cap entre camps llaurats i alguna crema d'eixamplament ancorada en camí forestal.

Oportunitat 3: CAMPS LLAURATS I PÈRDUA D'ALINEACIÓ per tancar el flanc esquerre. Les instal·lacions d'aigua progressen ràpidament amb el recolzament de mitjans aeris a les zones amb poca alineació i l'ancoratge als camps llaurats.

VALIDACIÓ D'OPORTUNITATS PREDEFINIDES EN INCENDIS DE CONVECCIÓ SENSE VENT



Incendi forestal de Rocafort de 869 ha del 19/07/2005

Estratègia inicial: **ANCORAR CUA I TANCAR FLANC ESQUERRE** per evitar la seva obertura.

Oportunitat 1: FLANC ESQUERRE SURT D'ALINEACIÓ i comença el descens cap al barranc situat al nord. El gir del vent general, encara que de baixa intensitat canvia el comportament del foc amb creació de focus secundaris que travessen el barranc, iniciant carreres en plena alineació.

Oportunitat 2: EL NOU FLANC ESQUERRE PERD ALINEACIÓ i es pot ancorar en les discontinuïtats del fons del barranc principal, evitant que es pugui obrir a la següent vessant. S'aprofiten petits camps i una pedrera des de la cua fins a la part més al nord.

Oportunitat 3: DISCONTINUÏTAT DE CAMPS que permeten confinar els focus secundaris amb cremes d'eixamplament, estabilitzant el cap. Fins a aquesta vall el foc havia estat capaç de superar amb focus secundaris tots els fons de barranc, sense donar opció a cremes d'eixamplament i contrafocs. A la carena anterior es realitza un contrafoc que permet alentir la propagació durant 1 hora i limita la capacitat de salt del foc.

REFERÈNCIES

1. FINNEY, MA.; SAPSIS, DAVID B.; BAHRO, B. (2002). Use of FARSITE for simulating fire suppression and analyzing fuel treatment economics. In: Sugihara, Neil G.; Morales, Maria E.; Morales, Tony J., eds. Proceedings of the symposium: fire in California ecosystems: integrating ecology, prevention and management; 1997 November 17-20; San Diego, CA. Misc. Pub. 1. Berkeley, CA: Association for Fire Ecology: 121-136.



Glossari per termes

- a Ambient de foc
- b Temps de retard
- c Cremes prescrites
- d Extinció passiva
- e Extinció activa
- f Procés de preescalfament
- g Propagació per fons de barranc
- h Contravent
- i Punt de Canvi
- j Atac directe
- k Atac paral·lel
- l Atac indirecte
- m Classificació de camins i pistes forestals
- n Alineació de forces

Glossari per termes

a) Ambient de foc

condicions meteorològiques pròpies del front de foc que determinaran el procés de combustió com un sistema tancat quasi independent de les condicions meteorològiques generals. L'atmosfera que es crea al voltant de l'incendi i és directament afectada per aquest. És a dir, quan un incendi forestal ha crescut prou en extensió i intensitat, crea el seu propi "ambient de foc" on els components meteorològics es modifiquen (augment de la temperatura, disminució de la humitat relativa i, sobretot, la formació de vents convectius de més o menys força provocats per la succió del mateix incendi). L'ambient de foc i el seu comportament són paràmetres estretament relacionats. No tots els incendis, però, són capaços de crear el seu propi "ambient de foc", únicament aquells que tenen més intensitat.

b) Temps de retard

temps que triga el combustible mort en equilibrar el seu contingut d'humitat amb la humitat relativa ambiental. Aquest paràmetre es mesura en hores i, principalment, depèn de la forma i la grandària del combustible. Els combustibles poden ser d'1HR (hora de retard) (<6 mm de diàmetre), 10HR (6 mm-2,5 cm), 100HR (2,5 cm-7,5 cm), 1000HR (>7,5 cm)

Exemples:

- 1HR: herbes, pinassa i fulles
- 10 HR: branques petites (6 mm – 2,5 cm)
- 100 HR: branques més grosses (2,5 – 7,5 cm)
- 1000 HR: soques i troncs d'arbres (7,5 – 20 cm)

1 HR



10 HR



100 HR



1000 HR



c) Cremes prescrites

Ús del foc en unes condicions fixades de meteorologia, estat del combustible, de conducció de crema i de comportament del foc per tal d'assolir uns resultats de gestió de l'ecosistema definits prèviament.

d) Extinció passiva

Busca el tractament de punts concrets del paisatge, ja sigui amb foc tècnic, silvicultura, o altres mètodes, amb l'objectiu de preparar l'extinció dels incendis en base a les capacitats del sistema d'extinció.

e) Extinció activa

Són les maniobres que es duen a terme en el mateix instant de l'incendi, amb l'objectiu d'extingir-lo o canviar-li el comportament. Aquestes inclouen l'atac directe, atac paral·lel i atac indirecte.

f) Procés de preescalfament

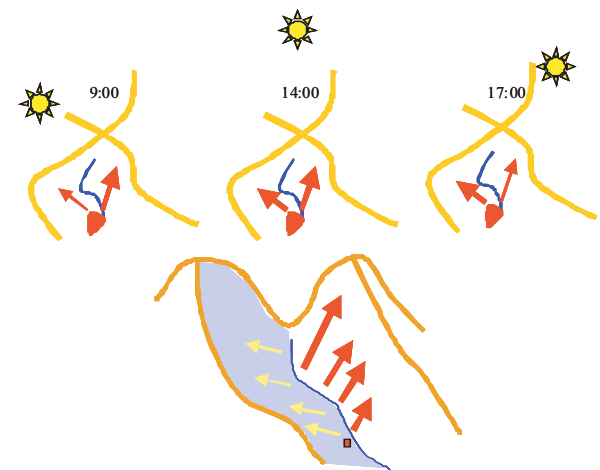
Fase del procés de combustió. L'augment de temperatura, propera al punt d'ebullició de l'aigua, provoca el dessecament de la fusta. Aquesta comença a despendre gasos poc inflamables, entre ells vapor d'aigua. Amb el continu augment de temperatura el procés de dessecació avança cap a l'interior de la fusta.

g) Propagació per fons de barranc

Es tracta de focs que propaguen topogràficament seguint les vessants més calentes.

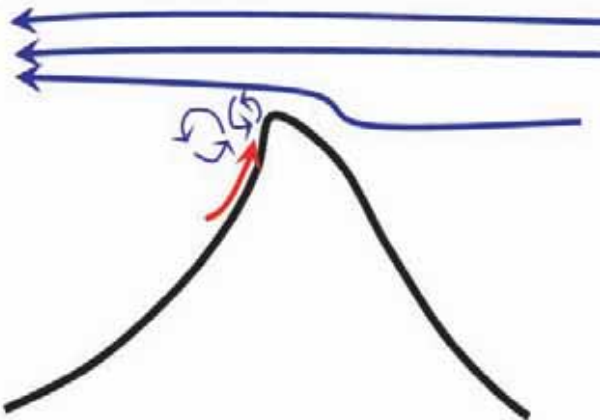
La variable més important en la propagació és l'hora del dia que determina l'escalfament de les vessants i per tant on el foc pot agafar més intensitat.

La dinàmica de vents locals i marinada/terral afectarà a el comportament podent convertir una cua en cap.



h) Contravent

Es tracta d'una corrent de vent en la mateixa direcció i en sentit contrari que el vent general, originat a partir de les turbulències que es donen a la vessant de sotavent, per la fricció d'aquest amb les serres abruptes perpendiculars a ell.



i) Punt de canvi

És un punt en el territori on l'incendi canviarà el seu comportament o potencial d'afectació. A partir d'aquest punt l'incendi pot anar a millor de cara a la seva extinció o pot anar a pitjor.

j) Atac directe

Estratègia emmarcada dins la extinció activa. Es tracta d'actuar directament sobre les flames i el seu combustible immediat amb aigua, eines manuals, maquinària pesada o bé retardants.

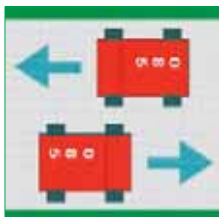
k) Atac paral·lel

Estratègia emmarcada dins la extinció activa. Es tracta d'un atac a l'incendi a distància. S'avança paral·lelament a ell, recolzant les actuacions en una línia de defensa, eliminant el combustible entre la línia.

l) Atac indirecte

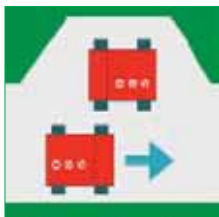
Estratègia emmarcada dins la extinció activa. Es tracta de crear un altre front de foc amb una intensitat igual o superior i amb capacitat de succió sobre aquest. Es crea a partir d'un punt crític i frontalment a ell amb l'objectiu d'aturar-ne l'avanç o disminuir la seva propagació.

m) Classificació de camins i pistes forestals



PRIMARI

Camí o pista per la qual dos camions BRP (Bomba Rural Pesant, dimensions: 2,45 metres d'amplada, 3,05 metres d'alçada, 6,7 metres de longitud) poden creuar-se en tot o quasi tot el recorregut.



SECUNDARI

Camí o pista per la qual dos camions BRP poden creuar-se en punts concrets. La distància entre punts d'encreuament no ha de ser superior a 200 metres.



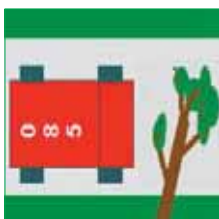
TERCIARI

Camí o pista que només admet la circulació en un sol sentit d'un camió BRP.



NO ACCESSIBLE

Camí o pista per la qual no hi passen els vehicles.



TALLAT

Camí o pista per la qual no hi passen camions en l'estat en que es troba però és fàcil arreglar el camí per permetre-hi el pas.

n) Alineació de forces

Entenem per alineació de forces el grau de coincidència dels tres factors bàsics de propagació del foc forestal, (pendent, orientació i vent), donant-nos una idea del comportament actual i futur, favorable o desfavorable del front de foc. S'usa l'expressió de plena, mitja o nul·la alineació.

En les darreres dècades, diverses àrees del continent europeu, particularment als països mediterranis, han estat marcades per canvis dràstics en l'ús del sòl. L'abandonament del món rural i la reducció d'activitats com la pascicultura han afavorit l'increment de les àrees forestals. Aquests canvis en el paisatge han facilitat la propagació més agressiva dels grans incendis forestals (GIF) a nivell europeu. En els últims anys, els episodis d'incendis forestals de comportament extrem han afectat diverses regions d'Europa: Portugal (2003 i 2005), sud-est de França (2003), Espanya (2006 i 2009) i Grècia (2000, 2007 i 2009).

En aquest context, l'objectiu principal de la guia que teniu entre les mans és la introducció de mètodes de treball en prevenció d'incendis com una eina per la pre-extinció. Aquesta guia inclou la integració i l'ús del foc en la planificació forestal per prevenir els incendis forestals. Aquest document pretén ser una eina de suport per a les polítiques forestals.

Aquest producte ha estat estructurat en dues parts. A la primera part, es presenten l'estat actual i l'evolució durant els últims cinquanta anys dels boscos europeus. Es presenten les causes de la proliferació dels grans incendis forestals, sobretot les relacionades amb els canvis del paisatge i amb les polítiques forestals basades en l'augment de la capacitat d'extinció. A més a més, s'introdueixen i es descriuen conceptes com Incendi Tipus i Patrons de Propagació, necessaris per planificar treballs forestals en punts estratègics de gestió.

La segona part del document està formada per tres annexes: (1) l'ús del foc com a eina de gestió, (2) estratègies de prevenció en funció de la generació d'incendi i (3) propostes d'actuació per a cada tipus de propagació.

