

# LA RECERCA EN EL COMPORTAMENT DELS INCENDIS FORESTALS I EL SEU IMPACTE SOBRE LA SOCIETAT I EL TERRITORI

E. Planas, A. Àgueda, R. Domènech, Y. Pérez, E. Pastor

Centre d'Estudis del Risc Tecnològic. Departament d'Enginyeria Química.  
Universitat Politècnica de Catalunya

## RESUM

Durant els darrers anys els incendis forestals han devastat greument Catalunya, ocasionant danys a nivell humà i al medi ambient, amb importants conseqüències econòmiques i socials. La tendència creixent en el nombre d'incendis ocorreguts es veu afavorida pel canvi climàtic, degut al qual es preveu que augmenti el risc d'incendi, ja que els períodes de sequera seran cada cop més llargs i intensos. La solució a aquesta situació és certament complexa i requereix l'esforç, en major o menor grau, de tots els agents socials implicats. En aquest treball es descriuen algunes de les aportacions que s'estan fent actualment a nivell de recerca bàsica en el comportament dels incendis forestals i que contribueixen al desenvolupament de nous models de predicció del comportament d'incendis i a la millora dels ja existents. Aquestes són eines fonamentals per a poder gestionar correctament el territori pel què fa a la disminució del risc d'incendi, per a planificar tasques de prevenció i sobretot com a eina de suport en les tasques d'extinció del cos de bombers.

*Paraules Clau:* incendis forestals, prevenció, risc, extinció, comportament del foc.

## 1. INTRODUCCIÓ

El foc ha estat un dels elements que més influència ha tingut en l'evolució de la humanitat des que fou descobert ara fa milers d'anys. Paradoxalment també ha estat i és a dia d'avui, en totes les seves formes no desitjades, el responsable de problemes ambientals, econòmics i socials molt importants.

Els incendis forestals són probablement l'exemple més evident d'aquesta paradoxa, ja que la dimensió de la problemàtica que comporten va creixent conjuntament amb el grau de desenvolupament de les societats i, estiu rere estiu, se'n fa palesa la seva gravetat, deixant en evidència l'enorme poder devastador de l'incendi i la feblesa de l'home per a combatre'l.

El nostre país és un exemple molt clar d'aquesta situació ja que durant els darrers anys els incendis forestals han devastat greument Catalunya, ocasionant danys a nivell humà i al medi ambient, amb importants conseqüències econòmiques i socials. Les estadístiques reflecteixen la magnitud d'aquesta problemàtica a Catalunya, però també mostren tendències que indiquen una evolució molt notable en les tasques de prevenció i extinció. A la Fig. 1 es pot observar que, si bé en el període comprès entre els anys 1970-1985 els petits i mitjans incendis eren els més freqüents, en aquests darrers vint anys la seva incidència ha estat considerablement menor, degut a una política en matèria d'extinció basada en la ràpida intervenció.

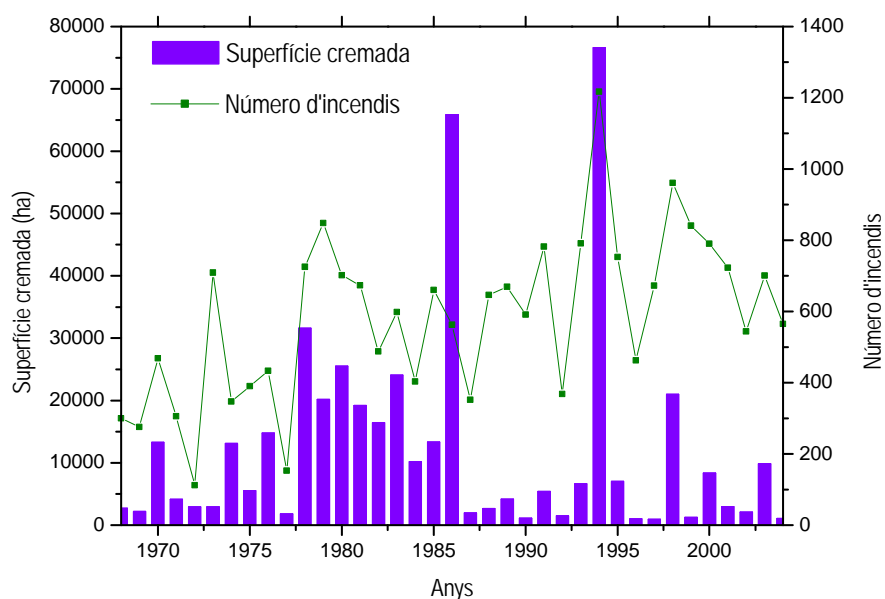


Fig. 1. Nombre d'incendis i superfície cremada a Catalunya (període 1968-2006).  
Font: Generalitat de Catalunya.

Paradoxalment, l'èxit assolit en aquest sentit és una de les causes que afavoreixen l'aparició d'incendis de grans superfícies, l'assignatura pendent a Catalunya i a tota l'Europa mediterrània. La Fig. 1 també fa palesa la tendència creixent en el nombre d'incendis ocorreguts, tendència que també es veu afavorida pel canvi climàtic, degut al qual es preveu que augmenti el risc d'incendi, ja que els períodes de sequera seran cada cop més llargs i intensos. Així, el règim d'incendis actual ha posat de manifest la necessitat de gestionar la problemàtica d'una manera global, és a dir, combatent els incendis des de diferents enfocaments i escenaris temporals d'aplicació. Les actuacions que es duen a terme en aquest sentit fan referència tant a la gestió dels combustibles –entès com el model de gestió del territori– com a la creació i manteniment d'infraestructures de prevenció –model de prevenció d'incendis– i a les activitats d'extinció –model d'extinció d'incendis– [1].

El paisatge català ha canviat en les darreres dècades. El fracàs del sector primari i l'abandonament de les zones rurals han derivat en la progressiva colonització natural d'antigues terres de conreu o pastures per formacions forestals. Actualment, prop del 65% de la superfície de Catalunya està catalogada com a forestal (Fig. 2) i prop del 40% com a forestal arbrada, és a dir, pràcticament la meitat del sòl el constitueixen boscos. A més, gairebé un 65% de la superfície arbrada es considera d'elevada inflamabilitat, un 18% d'inflamabilitat moderada i la resta de baixa inflamabilitat. Tots aquests aspectes incrementen la vulnerabilitat dels boscos davant dels incendis forestals. La planificació i la gestió sostenible d'aquests espais és fonamental per aconseguir estructures més resistents al foc i que alhora permetin aprofitaments més rendibles.

La prevenció dels incendis forestals és el conjunt d'activitats que tenen per objecte reduir o anular la probabilitat de que s'iniciï un incendi, així com limitar els seus efectes en cas que es produeixi. S'inclouen doncs, com a tasques preventives, el desenvolupament i millora d'infraestructures de protecció, l'anàlisi del risc d'incendi, les tasques de vigilància i detecció, la gestió del combustible, mesures legislatives i, finalment, la sensibilització ambiental de la societat.

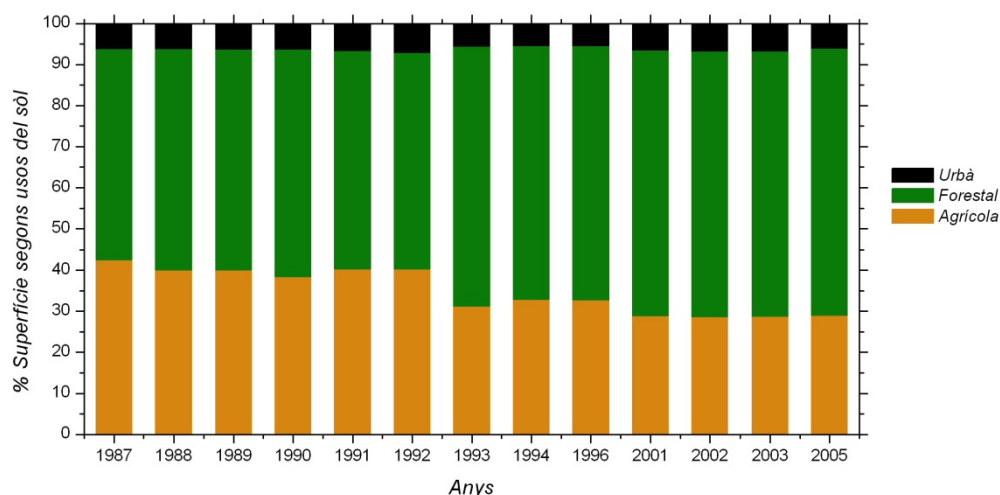


Fig. 2. Evolució dels usos del sòl a Catalunya (Font: Departament de Medi Ambient i Habitatge i Institut d'Estadística de Catalunya).

L'extinció d'incendis forestals és una tasca molt complexa i requereix la combinació adequada d'estratègies, mitjans i agents extintors, en funció de cada escenari. La posada en pràctica conjunta de diferents tècniques d'atac –directe sobre el perímetre de l'incendi o indirecte sobre les zones de combustible properes a les flames–, del treball dels diferents equips humans i materials –terrestres i aeris– i de la utilització dels diferents productes extintors disponibles, és francament costosa i presenta una gran diversitat de variants.

La solució a aquesta situació és certament complexa i requereix l'esforç, en major o menor grau, de tots els agents socials implicats. Pel què fa a les aportacions que es poden fer des del món de la recerca, són moltes i variades. Els incendis forestals han estat estudiats històricament per sociòlegs, geògrafs, biòlegs, ecòlegs i, òbviament, per enginyers de forest. Des de fa uns anys però, s'han anat incorporant nous perfils en l'estudi i la recerca de solucions als incendis forestals, sobretot de l'àrea de les enginyeries, ja que aquest tipus de recerca necessita un enfocament multidisciplinari.

A continuació es detallen algunes de les aportacions que s'estan fent actualment a nivell de recerca bàsica en el comportament dels incendis forestals i que contribueixen a la millora de les actuacions i els models que s'utilitzen tant per a la prevenció com per a la gestió de l'emergència, i que també poden ser utilitzats com a eina de gestió forestal.

## 2. RECERCA EN COMPORTAMENT D'INCENDIS

Les aportacions que es fan des de la recerca a nivell mundial en l'estudi dels incendis forestals són molt diverses i s'agrupen en diferents tòpics estretament relacionats entre ells:

- *prevenció d'incendis*, que inclou, entre d'altres, treballs per a la millora dels sistemes de detecció d'incendis i per a l'obtenció de mapes de combustible i perill acurats;
- *meteorologia d'incendis*, per a la detecció precoç de tempestes elèctriques, l'anàlisi de tendències de règims d'incendis i clima, i l'estudi de la relació entre les condicions ambientals i l'estat fisiològic dels combustibles forestals;

- *gestió d'incendis*, on s'hi engloben tots aquells treballs que pretenen incrementar i millorar la informació disponible per a la presa de decisions en la gestió de l'emergència d'un incendi. El desenvolupament de programaris per a la simulació d'incendis i per al control dels recursos disponibles durant l'emergència, i els estudis sobre les cremes prescrites com a eina de gestió són exemples d'aquest tipus de treballs;
- *efectes dels incendis*, que són treballs bàsicament d'ecologia per analitzar com es veuen afectats els ecosistemes, quina capacitat de regeneració tenen els boscos, quin és el grau d'afectació sobre la fauna, etc;
- *seguretat*, una àrea dedicada bàsicament a buscar millores en les tècniques d'extinció, però també en incrementar la seguretat de les persones, dels béns exposats a les flames i dels mateixos bombers.
- *comportament d'incendis*, aquest és el tòpic de la recerca bàsica, en tant que l'objectiu específic d'aquesta línia de recerca és entendre la propagació d'un incendi en funció de tots els paràmetres que l'afecten.

El comportament del foc és la manera com el combustible entra en ignició, la flama es desenvolupa i el foc es propaga, i la manera com s'exhibeixen altres fenòmens termodinàmics relacionats [2]. Les característiques que configuren el comportament d'un incendi forestal vénen determinades per un nombre molt extens de variables i per les complexes interaccions que es donen entre elles. La Fig. 3 il·lustra de manera esquemàtica la influència més rellevant que exerceixen diversos factors, agrupats en les categories de meteorologia, topografia i combustible, en l'inici i l'evolució d'un incendi forestal [3]. S'hi observa un gran nombre de connexions entre elements d'un mateix grup i entre grups diferents, fruit de les interrelacions existents entre els mateixos.

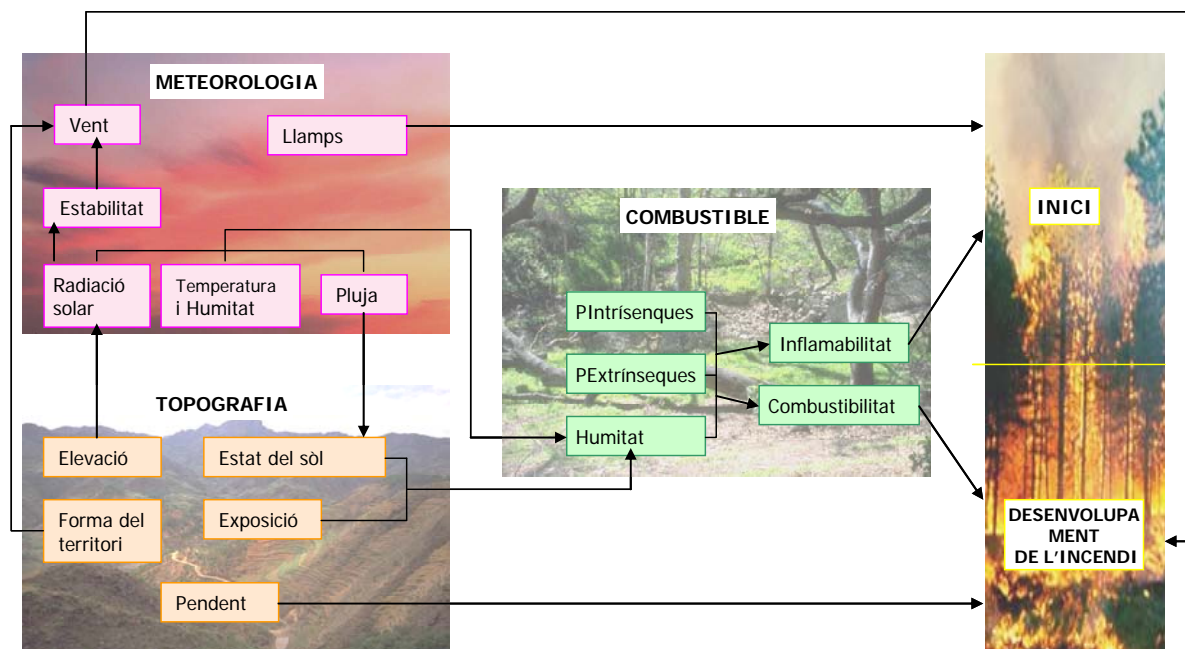


Fig. 3. Representació esquemàtica de la influència de la meteorologia, la topografia i el combustible en l'inici i l'evolució d'un incendi forestal.

L'objectiu darrer de l'estudi del comportament dels incendis forestals és el d'obtenir una sèrie d'eines de diverses tipologies (nomogrames, programes de càlcul,

simuladors...) que ajudin a predir el comportament dels incendis per tal de poder utilitzar aquesta informació amb finalitats d'extinció, prevenció o gestió forestal en general. Encara que aquestes eines tenen característiques i complexitats diverses, totes tenen un denominador comú, que és la inclusió d'un model matemàtic, és a dir, un conjunt d'equacions de diferent naturalesa (teòriques, empíriques o semi-empíriques) que expliquen les variables representatives del comportament del incendi en funció dels paràmetres que descriuen el combustible, la meteorologia o la topografia. Aquests models han estat tanmateix extrets o validats necessàriament amb una base de dades experimentals. En conseqüència, un requisit essencial per desenvolupar models acurats que descriguin tan bé com sigui possible la realitat és obtenir mesures igualment fiables i acurades.

Les variables d'estudi del comportament dels incendis s'agrupen genèricament en dues categories: variables de propagació i propietats físiques del front de flames. Pel que fa a les primeres, inclouen bàsicament la velocitat de propagació i la intensitat lineal de l'incendi. Pel que fa a les segones, comprenen d'una banda variables morfològiques, com ara l'altura de les flames, el seu gruix i la seva inclinació, i d'altra banda variables físiques, com ara el temps de residència, el poder emissiu i finalment la temperatura.

Els escenaris experimentals on prendre mesures d'aquestes variables són diversos i s'ubiquen en les diferents escales convencionals (analítica o micro, meso i macro). A escala analítica s'hi realitzen genèricament estudis per obtenir dades de fenòmens que s'observen i s'han d'explicar necessàriament a aquesta escala, com ara la ignició del combustible o la reacció de combustió. La meso escala es troba en dos escenaris ben diferenciats; d'una banda, en instal·lacions de laboratori dissenyades específicament per a simular petits fronts d'incendi i, de l'altra, en cremes a camp –realitzades o bé amb finalitats de gestió forestal o bé amb finalitats específiques de recerca– executades fora de la temporada d'incendis. Finalment, la macro escala es troba en emergències reals o en cremes experimentals d'alta intensitat.

### 3. LA TECNOLOGIA APLICADA A LA RECERCA

Els incendis forestals –simulats al laboratori, en condicions controlades a camp o en emergències reals–, en tant que línies de foc en moviment, presenten problemes molt particulars pel que fa a la mesura de les seves propietats. Les flames dels incendis són elements polsants, que oscil·len, que poden incrementar de volum vertiginosament, que emeten una gran quantitat de calor, que poden tenir comportaments eruptius, etc. Totes aquestes característiques cal tenir-les en compte a l'hora de dissenyar sistemes de mesura adequats i aquí és on s'intervé més clarament des de l'àmbit de les enginyeries, desenvolupant i implementant tecnologies de mesura que proporcionin el compromís entre la qualitat de la mesura –fiabilitat, precisió i densitat de les dades– i els costos –costos econòmics i costos d'implementació a nivell d'esforç, dificultat i hores de feina–, a banda d'altres aspectes, com ara la versatilitat i la capacitat d'extrapolació de les tècniques als diferents escenaris experimentals.

Les tecnologies utilitzades actualment van des d'instruments senzills, com marcadors metàl·lics, termoparells o radiòmetres, fins a les més avançades tecnologies de termografia infraroja. Les càmeres termogràfiques aplicades a l'estudi del comportament d'incendis forestals ofereixen la possibilitat d'obtenir dades de velocitat de propagació, geometria de flames, temperatures, poder emissiu i temps de residència a partir d'una mateixa seqüència d'imatges. És una tècnica molt versàtil i precisa, i en els darrers anys el seu cost econòmic ha deixat de ser prohibitiu.

#### 4. IMPACTE SOBRE LA SOCIETAT I EL TERRITORI

L'impacte que la recerca en el comportament d'incendis té sobre la societat i el territori és gran però, com en tota recerca bàsica, es produeix a mitjà o llarg termini i sovint la societat no n'arriba a ser plenament conscient.

El desenvolupament de nous models de predicció del comportament d'incendis o la millora dels ja existents és fonamental per gestionar correctament el territori pel què fa a la disminució del risc d'incendi, per planificar tasques de prevenció i sobretot com a eina de suport en les tasques d'extinció del cos de bombers.

Poder predir amb una bona fiabilitat cap a on evolucionarà un incendi, a quina velocitat i amb quina intensitat és fonamental a l'hora de planificar l'atac, així com per prendre les mesures necessàries de protecció de la població i dels béns que s'hi puguin veure involucrats.

Actualment, a Catalunya, ja s'estan utilitzant models de predicció del comportament dels incendis, però són models desenvolupats en altres països i adaptats a la vegetació típica d'aquests. Cal per tant realitzar un esforç important de validació i adaptació d'aquests models al nostre territori.

#### AGRAÏMENTS

La recerca que s'està duent a terme al CERTEC sobre el comportament d'incendis forestals ha estat recolzada pel Ministeri d'Educació i Ciència a través del projecte AGL2005-07269.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] E. Plana. "Anàlisi d'escenaris de prevenció i extinció d'incendis des de la perspectiva socioambiental" a Incendis forestals, dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc. Actes de les Jornades sobre incendis forestals i recerca de la xarxa ALINFO, 2004.
- [2] D.F. Merrill i M.E. Alexander. Glossary of forest fire management terms. National Research Council of Canada, Committee for Forest Fire Management, Ottawa, Canadà, 1987.
- [3] J. Arnaldos, X. Navalón, E. Pastor, E. Planas, L. Zárate. *Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales*. Ediciones Mundi-Prensa, 2003