



Mapa a escala 1:50 000 de l'incendi ocorregut al terme municipal de Tordera el dia 10-2-84. L'àrea ombrada correspon a la superfície afectada, segons el tractament digital de la informació enregistrada pel sensor TM del satèl·lit LANDSAT-5

DETECCIÓ I AVALUACIÓ DE LES SUPERFÍCIES FORESTALS CREMADES DURANT L'ANY 1984 A CATALUNYA, MITJANÇANT TÈCNIQUES DE TELEDETECCIÓ

Introducció

Els incendis forestals a Catalunya són un fet que es repeteix any darrere any, principalment durant els mesos d'estiu, i que afecta superfícies importants del territori. Només entre els anys 1979 i 1983, segons dades de la Direcció General de Medi Rural (DGMR), es cremaren un total de 109 022 ha d'espais forestals que vénen a suposar el 6,09% del total forestal de Catalunya.

Aquesta extensió afectada és suficientment important per dedicar-hi els esforços convenients en relació al coneixement de la seva localització exacta, igual com a la quantificació de la superfície afectada o destruïda, i al seguiment, en el temps, de l'evolució d'aquestes àrees, on els processos d'erosió poden devenir molt intensos. Fins avui en dia, aquesta informació s'obté amb mètodes convencionals basats en les sortides al camp i en el càlcul de superfícies sobre mapes o sobre fotografies fetes des d'avió. Les dificultats que presenten aquests mètodes, així com el temps que requereixen, determinen que finalment es tinguin dades aproximades afectades, de vegades, d'errors importants.

L'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), basant-se en la seva experiència en el tractament d'imatges digitals, s'incorpora a l'operació internacional "Proyectos Piloto 1984", promoguda per l'Agència Espacial Europea (ESA) i dirigida, en el nostre cas, per la Comisión Nacional de Investigación del Espacio (CONIE). Dins d'aquesta operació, diferents països realitzen estudis d'aplicació de la informació enregistrada pel satèl·lit LANDSAT-5 sobre camps variats. Concretament, l'estudi de l'ICC consisteix a usar-la per localitzar i quantificar les àrees forestals cremades a l'estiu de 1984.

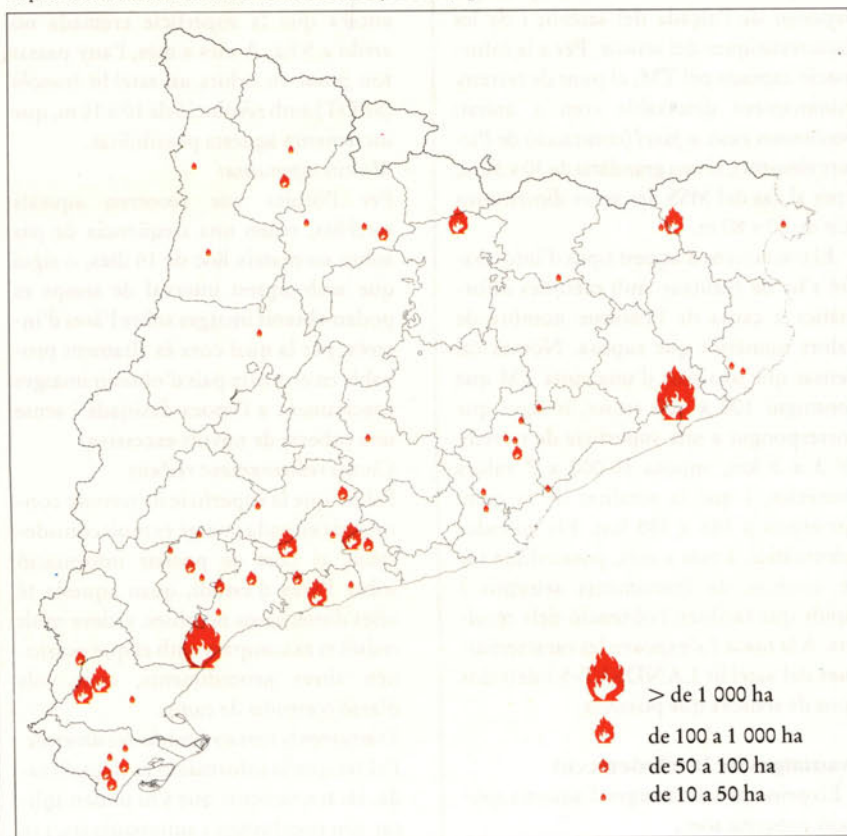
Característiques de la teledetecció

Amb aquest nom es fa referència tant al tipus d'informació emprada com a la manera de tractar-la. La informació utilitzada prové d'imatges captades per satèl·lits, principalment, encara que també es poden considerar les obtingudes des d'avió. Els satèl·lits principals que subministren informació adequada per fer estudis del territori i que són avui dia operacionals

són els de la sèrie LANDSAT, concretament els números 4 i 5.

Aquests satèl·lits recorren una òrbita polar i heliosíncrona, o sigui que les successives passades que realitzen sobre una mateixa àrea, tenen lloc a la mateixa hora solar. Capten la informació amb dos tipus de sensors, l'MSS (*Multispectral scanner*) i el TM (*Thematic mapper*), molt similars en el funcionament però amb característiques distintes. Bàsicament es poden defi-

Mapa de localització dels incendis forestals de Catalunya el 1984, a partir del satèl·lit LANDSAT-5



LANDSAT-5	MSS	TM
Altitud nominal 705 km	canal 1	0.45-0.52 μ 30 m
Òrbita heliosíncrona	canal 2	0.52-0.60 μ 30 m
Període d'òrbita 98.9 min	canal 3	0.63-0.69 μ 30 m
Cicle periòdic 16 dies	canal 4	0.5-0.6 μ 80 m
Òrbites per dia 14 9/16	canal 5	0.6-0.7 μ 80 m
Hora de pas sobre Catalunya 9.30 h	canal 6	0.7-0.8 μ 80 m
	canal 7	0.8-1.1 μ 80 m
		2.08-2.35 μ 30 m

Taula 1: Característiques del satèl·lit LANDSAT-5 i regions espectrals on són sensibles els canals espectrals dels sensors MSS i TM

nir com a sensors d'escombratge lateral, sensibles a determinades regions o bandes de l'espectre electromagnètic, i que quantifiquen la intensitat de radiació rebuda en cadascuna d'aquestes bandes en uns valors compresos entre 0 i 255, informació que un cop transmesa a terra és emmagatzemada en cintes magnètiques.

A cada cinta magnètica que correspon a una extensió de terreny de 185 x 185 km, la informació captada pel TM o per l'MSS esdevé un conjunt de números proporcionals a la intensitat de llum reflectida dins de cada banda espectral per cada punt del terreny. Lògicament aquest punt del terreny té unes dimensions físiques que depenen de l'alçada del satèl·lit i de les característiques del sensor. Per a la informació captada pel TM, el punt de terreny mínimament detectable com a unitat, denominat *escac* o *pixel* (contracció de Picture element), té una grandària de 30 x 30 m, i per al cas del MSS, les seves dimensions són de 80 x 80 m.

El tractament d'aquest tipus d'informació s'ha de realitzar amb mètodes informàtics a causa de l'enorme nombre de valors numèrics que suposa. Només cal pensar que una part d'una cinta TM que contingui 100 x 100 *escacs*, o sigui que correspongui a una superfície de terreny de 3 x 3 km, suposa 10 000 x 7 valors numèrics, i que la totalitat de la cinta correspon a 185 x 185 km. Els mètodes informàtics, a més a més, possibiliten tot un conjunt de tractaments selectius i ràpids que faciliten l'obtenció dels resultats. A la *taula 1* s'exposen les característiques del satèl·lit LANDSAT-5 i dels dos tipus de sensors que posseeix.

Avantatges de la teledetecció

Els principals avantatges d'aquesta aplicació concreta són:

– Fàcil discriminació entre les àrees cobertes de vegetació i desproveïdes de vegetació

Els canals espectrals dels sensors embarcats al LANDSAT són sensibles a bandes de l'espectre de la radiació on els vegetals es comporten d'una manera característica (*figura 1*). D'aquesta manera, tant les variacions de l'estat fenològic com les conseqüències dels incendis poden ésser detectades.

– Resolució acceptable

Si bé la que ofereix l'MSS és massa baixa per detectar amb prou fiabilitat els incendis de menys de 10 ha, la que ofereix el TM possibilita detectar-los encara que la superfície cremada no arribi a 5 ha. A més a més, l'any passat fou posat en òrbita un satèl·lit francès (SPOT) amb resolució de 10 x 10 m, que incrementa aquesta possibilitat.

– Multitemporalitat

Per l'òrbita que recorren aquests satèl·lits, tenen una freqüència de pas sobre un mateix lloc de 16 dies, o sigui que amb aquest interval de temps es poden obtenir imatges sobre l'àrea d'interès, per la qual cosa és altament probable en el nostre país d'obtenir imatges precisament a l'època desitjada i sense una coberta de núvols excessiva.

– Costos relativament reduïts

Pel fet que la superfície de terreny continguda en cada imatge és molt considerable, el cost de posseir informació sobre l'àrea d'estudi, quan aquesta té unes dimensions notables, esdevé molt reduït si es compara amb el que ocasionen altres procediments, com vols d'avió o estudis de camp.

– Tractaments variats i productes diversos

Pel fet que la informació és digitalitzada, els tractaments que s'hi poden aplicar són nombrosos i automatitzats, i es

poden generar sortides diverses, com taules estadístiques, mapes, etc.

Resposta espectral de la vegetació

Tal com pot observar-se en la *figura 1*, la resposta espectral dels vegetals és una corba caracteritzada per uns mínims i màxims de reflectància. Aquestes variacions tenen causes distintes segons la zona de l'espectre on es produeixen.

Al visible (fins a 700 nm), la vegetació posseeix una reflectància escassa, i concretament es produeixen dos mínims (en el blau i en el vermell) ocasionats per l'absorció de la clorofil·la, principalment. L'efecte d'un incendi determina la destrucció dels pigments, i per tant, un augment de reflectància en aquesta zona de l'espectre.

A l'infraroig proper (de 700 a 1 300 nm) es produeix una escassa absorció dels vegetals i una elevada reflexió, proporcional a l'activitat fotosintètica. La destrucció de la vegetació suposa, en aquesta zona, una disminució de la reflectància.

A l'infraroig mitjà (de 1 300 a 2 500 nm) és predominant l'absorció deguda a l'aigua continguda a les fulles. La seva sequedat determina un augment de reflectància.

A l'infraroig tèrmic (de 10 a 12 μ) es produeix una emissió d'energia i no pas una reflexió de l'originada pel sol. La vegetació, normalment, amorteix l'emissió del terreny, i en absència d'aquesta, es produeix una emissió més intensa.

Amb tot, hi ha d'altres factors que intervenen en la resposta espectral de les àrees forestals cremades. Per una banda, depenent del grau de destrossa, la resposta varia, però també s'ha de tenir present l'efecte que el sòl més o menys nu té en la seva reflectància captada pel sensor, igual com el relleu, l'acció de les pluges i sobretot el temps transcorregut entre la data de l'incendi i la d'enregistrament de la informació.

Objectiu de l'estudi

L'objectiu primari de l'estudi ha estat la localització geogràfica dels incendis forestals ocorreguts a Catalunya durant l'estiu de 1984, i l'avaluació de la superfície afectada. De manera secundària s'han assolit dos altres objectius, també prou interessants i encarats al futur. Per una banda s'han aconseguit els polinomis de correcció geomètrica per a totes les imatges, amb la qual cosa les noves imatges que es puguin obtenir podran ésser corregides

geomètricament d'una manera semiautomàtica. Per altra banda, amb aquest estudi s'ha aconseguit posseir una informació multispectral de tot Catalunya, enregistrada en dues estacions de l'any; aquestes dades podran ésser usades com a base de comparació en successius estudis, com per exemple, per a analitzar la progressió de l'erosió en les àrees cremades, o seguir fenòmens dinàmics com els de creixement de determinats usos del sòl.

Dades utilitzades

Dades multispectrals

Per efectuar l'estudi ha estat necessari utilitzar dos jocs de cintes, d'abans i de després de l'estiu. L'elecció de les cintes més convenients s'ha fet consultant la col·lecció de *quicklooks* que posseeix l'ICC. Aquesta col·lecció consisteix en fotografies en blanc i negre de totes les imatges del satèl·lit LANDSAT obtingudes sobre Catalunya des de l'any 1975. L'elecció s'ha basat en la data de registre i en la mínima presència de núvols. Aquest darrer fenomen ha resultat, de vegades, un inconvenient sobretot per a les imatges preses sobre Girona, i ha fet que s'usessin cintes de finals de juliol i de desembre, o sigui, d'un cop començada l'època d'incendis i d'una època on la reduïda altitud de sol provoca un augment d'ombres que fa difícil l'estudi de les àrees forestals. La limitació de treballar amb un nombre reduït de cintes ha determinat, finalment, que per a algunes àrees hagi estat impossible de tenir imatges sense núvols.

Per tal de minimitzar el problema dels núvols, la comanda no s'ha fet a partir d'imatges TM enteres, sinó de quarts d'imatge. Per cada joc de cintes de primavera i de tardor ha estat necessari d'escollir-ne 10 per recobrir tot el territori de Catalunya. Finalment han estat escollides les següents:

197/31	Quart n.º 3	03-06-84
198/31	Quarts n.º 3 i 4	10-06-84
198/32	Quart n.º 1	10-06-84
197/31	Quarts n.º 1 i 2	05-07-84
198/32	Quart n.º 1	28-07-84
198/31	Quart n.º 3	28-07-84
198/30	Quart n.º 3	01-11-84
198/31	Quarts n.º 1, 2, 3 i 4	01-11-84
198/32	Quart n.º 1	01-11-84
197/31	Quarts n.º 1, 2, 3 i 4	12-12-84
197/31	Quart n.º 2	26-11-84
198/31	Quart n.º 2	26-06-84

Dades de camp

Com a dades de camp s'han utilitzat els Comunicats d'Incendis Forestals de la DGMR, i a la vegada, per a la província de Barcelona, els de la Direcció General de Prevenció i Extinció d'Incendis i Salvaments. Aquesta informació s'ha usat per a situar, aproximadament, les superfícies cremades en les imatges de satèl·lit, a partir de les referències geogràfiques anotades per a cada incendi. A més a més, la valoració de les superfícies destruïdes ens ha servit per avaluar l'extensió dels incendis obtinguda amb el tractament digital de les imatges de satèl·lit.

D'altres dades que s'han utilitzat han estat els *Mapas de Cultivos y Aprovechamientos, del Ministerio de Agricultura*, realitzats a escala 1:50 000, i diverses imatges fotogràfiques en blanc i negre fetes des d'avió, a escales variades. Aquest tipus d'informació s'ha usat només en alguns casos, quan es presentaven confusions espectrals entre àrees cremades i zones de pastures seques, principalment, o quan la presència de núvols en les cintes de primavera impedia diferenciar els matolls cremats dels boscos cremats.

Equip utilitzat

L'equip d'instruments disponible en aquests moments a l'ICC per realitzar el treball present està constituït d'una unitat central de processament VAX11-780 amb 4MB de memòria central, amb el sistema operatiu VMS i les utilitats usuals. A la vegada es posseeixen dues unitats de cinta magnètica de 800/1 600 bpi i dues unitats de disc de 300 MB cadascuna. El sistema de representació i tractament és un COMTAL SYSTEM ONE 20 amb 512 x 512 x 28 bits de memòria per emmagatzemar gràfics i imatges. Excepte aquest darrer dispositiu, els restants han estat usats en temps compartit amb les altres necessitats de l'ICC.

El *software* de tractament està constituït d'uns 50 programes i 25 500 línies de codi FORTRAN desenvolupats al Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Catalunya (CCUPC), programes que han estat modificats i ampliat en el mateix ICC.

Plantejament de l'estudi

A causa que l'estudi es basava en dades multitemporals, és a dir, en dades enregistrades en èpoques diferents, es produí un període de temps entre l'adquisició del primer joc de cintes i la del segon, i aquest

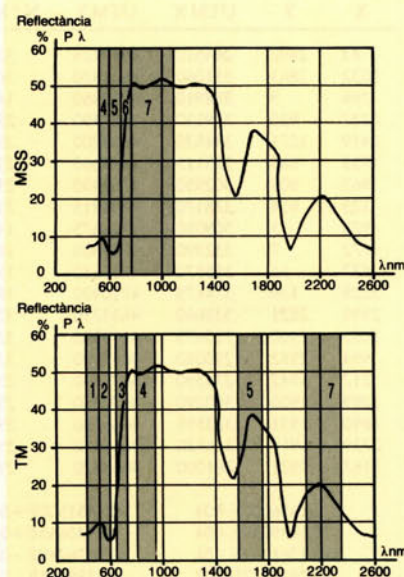


Fig. 1: Resposta espectral típica de la vegetació entre 400 i 2 600 nm i zones de l'espectre són sensibles els canals dels sensors TM i MSS del satèl·lit LANDSAT-5

interval de temps determinà el plantejament i la seqüència de les etapes d'actuació.

El treball fou estructurat en les etapes següents, de les quals les dues primeres es realitzaren abans d'aconseguir les imatges espectrals corresponents a la tardor:

- Etapa de recerca de punts de control per corregir geomètricament les imatges de satèl·lit al sistema de coordenades UTM.
- Etapa d'estudi radiomètric dels efectes dels incendis, analitzant els canals espectrals o combinacions d'aquests més adients per detectar-los.
- Etapa de formació dels arxius multitemporals.
- Etapa de detecció i quantificació de les superfícies afectades pels incendis, a partir dels arxius multitemporals.
- Discussió dels resultats.
- Edició dels resultats.

Etapa de correcció geomètrica

Qualsevol tipus d'imatge presa des de satèl·lit està afectada per una sèrie de factors (curvatura de la terra, moviments del satèl·lit, moviment del sensor, etc.) que determinen la seva distorsió geomètrica. És, doncs, necessari realitzar un procés de correcció de la seva geometria per tal d'obtenir, finalment, imatges que es puguin superposar als mapes. Com a sistema de coordenades de referència s'ha utilitzat el sistema UTM.

X	Y	UTM X	UTM Y	N.º MTN	LOCALITZACIÓ
83	2892	264510	4649725	326	Corba de la carretera a Castejón del Puente
3032	2863	351060	4631820	361	Bosc al S de Guardiola (Vilanova de l'Aguda)
286	9	288910	4732860	147	Barranc de Clarabide
3227	920	369130	4687490	253	Corba del riu Segre a Adrall
2419	1071	344520	4688200	252	Riera a NW de Sant Sebastià (Soriguera)
1733	965	325115	4695660	214	Unió del riu de Manyanet i el d'Avellanós
963	904	302950	4702400	213	Cruïlla de barrancs a E d'Espés
123	934	278170	4706815	212	Barranc dels Neis
973	3	309050	4728675	148	Estany a W del refugi d'Artiga de Lin
1772	7	332390	4723500	181	Estany de Pigader
2577	66	355570	4716680	182	Pont sobre el riu Lladorre a W d'Arrós
3229	139	374175	4710400	182	Cruïlla de riera amb camí a SW de Pal
2599	2821	338660	4635780	328	Corba de la carretera a S d'Artesa de Segre
1653	2900	310475	4639500	327	Corba del riu de Farfanya a N d'Os de Balaguer
954	2882	290080	4644490	326	Cruïlla de carreteres a NE del Campell
212	1942	274390	4676740	250	Cruïlla de camins a E de El Grado
1089	1900	300290	4672350	251	Corba del riu de Queixigar
1890	1931	323555	4666350	290	Barranc de l'Espona
2739	1915	348520	4661440	291	Barranc del Cerdanyès
3167	1921	361000	4658570	291	Cruïlla de la carretera d'Oliana amb una riera
0.1656000E+04		0.1451500E+04		0.3193425E+06	0.4682340E+07
0.1639039E+04		0.1440665E+04		0.3197699E+06	0.4681915E+07
0.3261961E-01		-0.7076249E-02		0.2927235E+02	-0.6355513E+01
-0.7103577E-02		-0.3259191E-01		0.6380064E+01	-0.2929723E+02

Taula 2: Arxiu de punts de control emprat per a la correcció geomètrica al sistema UTM d'una de les cintes enregistrades pel satèl·lit LANDSAT-5

En aquest estudi, amb motiu d'usar dos conjunts de cintes enregistrades en èpoques diferents, la fase de correcció esdevingué doble, car els dos jocs de cintes s'havien de tenir, finalment, corregits al sistema UTM. Per assolir-ho es podien usar dos procediments: corregir independentment cadascun dels dos jocs o corregir la geometria del segon joc a la del primer, aconseguint de manera indirecta la seva correcció al sistema UTM. Ja que aquest darrer procés pot ésser més automàtic que no pas el primer, i com que hi havia un període de temps entre l'arribada del primer joc de cintes i la del segon, s'optà pel segon mètode.

La metodologia emprada ha consistit, bàsicament, en la localització d'uns vint punts de control, uniformement distribuïts per cada superfície de terreny corresponent a cada quart d'imatge TM del primer joc de cintes, punts que s'havien de poder localitzar, a la vegada, en els mapes 1:50 000 i en les imatges de satèl·lit. A continuació s'extreien les coordenades LANDSAT i UTM de cada punt i aquests valors s'empraven per trobar els coeficients del polinomi de transformació de la geometria LANDSAT a la del sistema UTM. Un cop controlat que l'error de situació associat a cada punt de control, o sigui, l'error determinat del polinomi de transformació entre la localització real de cada punt i la que resultava després de la

transformació, era inferior a un *escac* (30 m), s'acceptava com a vàlid el polinomi constituït; en cas contrari es reiniciava la recerca de les coordenades d'altres punts i s'eliminaven els punts amb errors associats més grans d'un *escac*. Finalment, un cop assegurat que l'error mitjà era inferior a un *escac*, s'aplicava la transformació a tota la imatge i s'aconseguia la seva correcció al sistema UTM. A la *taula 2* es representa un arxiu de punts de control i els coeficients del polinomi de transformació de la geometria d'un dels quarts de cinta utilitzats.

Anàlisi radiomètrica dels efectes dels incendis

Durant el període de temps comprès entre l'arribada del primer joc de cintes i la del segon, s'inicià l'estudi dels efectes espectrals motivats pels incendis. Aquesta anàlisi es realitzà sobre àrees afectades per incendis que tingueren lloc als primers mesos de l'any i que quedaren enregistrats en el primer joc de cintes. El cas que serveix d'exemple és l'incendi de Tordera.

Aquest incendi es produí el dia 10 de febrer de 1984 i afecta més de 1 000 ha, majoritàriament de bosc. Fou l'incendi que destruï més superfície arbrada de Catalunya.

Les dades espectrals emprades en aquest estudi corresponen a les enregistrades el dia 3 de juny, i foren extretes de la

imatge TM 197/31. La finalitat del treball era estudiar els efectes radiomètrics que comportava la destrucció de la vegetació, en relació a la resposta espectral de les superfícies forestals no afectades, usant dades unitemporal.

La visualització d'aquesta àrea en les imatges corresponents a la radiació captada pels set canals per separat evidencià que mentre en els dos primers canals no es diferenciava l'àrea cremada de la no cremada, aquella quedava molt ben definida en els canals de l'infraroig (canals 4, 5, 7), i que en els canals corresponents a la radiació vermella i al tèrmic (canals 3 i 6) la detecció era bastant innexacta perquè es presentaven coincidències espectrals amb d'altres superfícies no cremades.

Les combinacions en fals color generades per superposició de les tres imatges corresponents a les enregistrades per tres canals, representades en blau, verd i vermell, ressaltaven l'àrea cremada amb tota claredat quan hi intervenien els canals 4, 5 i 7. Això era degut, principalment, al fet que la resposta espectral de l'àrea d'incendi en el canal 4 era del tot oposada en els altres canals. Aquest fet era del tot d'esperar car, precisament, és en el canal 4 on la vegetació en bon estat reflecteix més radiació (*figura 1*).

A la *imatge 1* es representa l'àrea d'estudi en fals color generat a partir dels canals 4, 5 i 7; és clarament observable l'extensió de l'incendi. Podem deduir, doncs, que després de quatre mesos les conseqüències de l'incendi eren encara fàcilment detectables a la informació captada des de satèl·lit.

El següent pas fou estudiar l'efecte espectral de l'incendi. Per això es situaren tres subescenes (A, B i C) que contenien a la vegada àrees afectades i àrees no afectades (*imatge 1*). Per a cadascuna d'elles es va extreure la resposta espectral, *escac* a *escac*, de dues línies veïnes, en els set canals, i es generà la *taula 3* amb aquesta informació.

La *taula 3-a* correspon a la finestra que comença sobre l'àrea de bosc no cremat i acaba sobre l'àrea afectada; la *taula 3-b*, a la que comença a l'àrea cremada i finalitza sobre la no afectada, i la *3-c* correspon a la que tot situant-se sobre l'àrea cremada és travessada per una banda estreta de bosc de ribera que se salvà de l'incendi. En els tres casos és prou clar que l'efecte de l'incendi es pot resumir com un augment de la reflectància en tots els canals excepte en el

CALENDARI 1987

**EDICIÓ LIMITADA DE 1000
EXEMPLARS NUMERATS**



1987



Generalitat de Catalunya
Institut Cartogràfic de Catalunya

12 láminas en color 44 x 54 cm corresponents a mapes i plànols històrics de Catalunya reunits sota la temàtica el Litoral Català i separables del full del calendari per a poder emmarcar. Edició trilingüe (català, castellà i anglès).

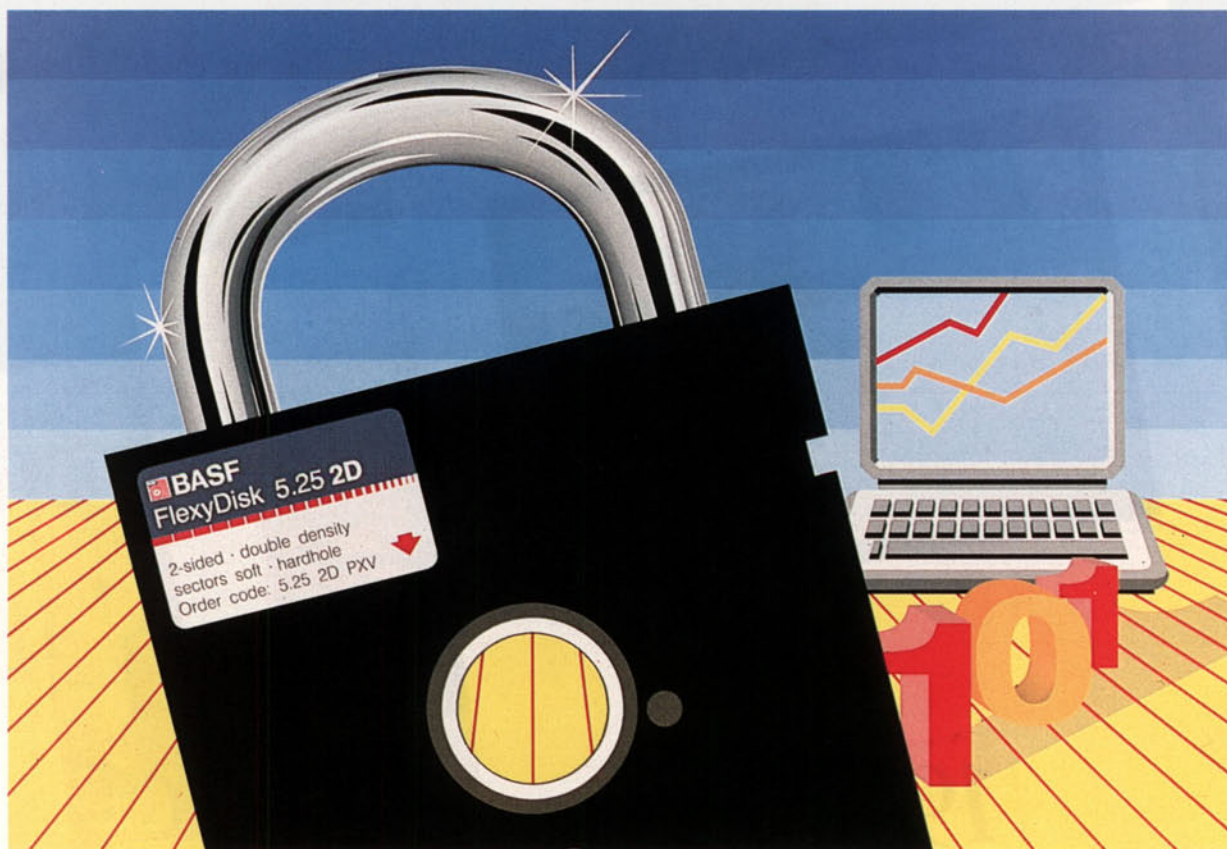


Generalitat de Catalunya
**Institut Cartogràfic
de Catalunya**

A la venda a la botiga de l'ICC
(Balmes, 209-211. Tel. 218 87 58. Barcelona)
i a les llibreries especialitzades

BASF FlexyDisk®

Máxima seguridad para sus datos



BASF FlexyDisk
5.25", 5.25" HD, 8"

Absoluta seguridad de datos y funcionamiento con una duración muy superior: un promedio de 35 Mill. de pasadas por pista.



BASF FlexyDisk Science
5.25", 5.25" HD

La máxima calidad para condiciones de aplicación difíciles. Estable a la temperatura hasta 70 °C. Comprobación de la superficie al cien por cien. Duración de uso: un promedio de 70 Mill. de pasadas por pista.



BASF FlexyDisk
3.5"

El FlexyDisk con muy alta densidad de grabación para la nueva generación de mini sistemas.

Si Ud. registra y consulta en su empresa millones de datos, necesita un disquete de máxima seguridad, ya que el más pequeño error le puede acarrear las más graves consecuencias.

BASF, empresa de vanguardia mundial en tecnología, le ofrece la seguridad de datos que Ud. necesita: BASF FlexyDisk.

En favor del BASF FlexyDisk hablan:

- La utilización de los materiales más modernos.
- Una avanzada tecnología de elaboración.
- Métodos de prueba y control científicos. Una verificación final al 100%.
- Y una duración casi ilimitada.

Si Ud. exige máxima seguridad, póngase en contacto con nosotros.

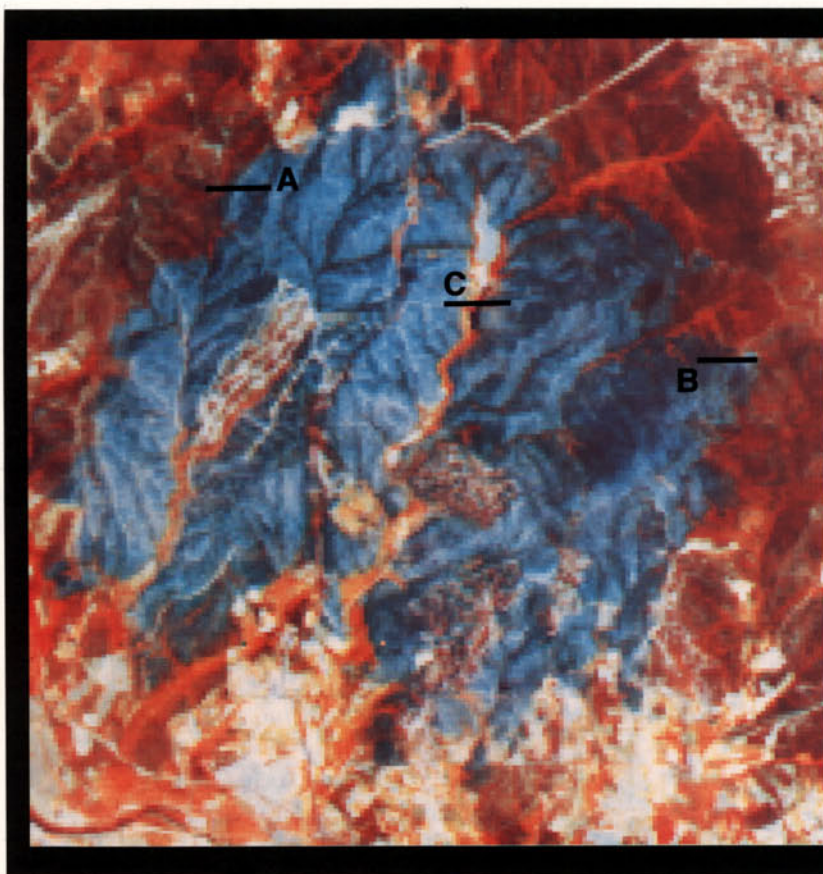


canal 4, on la vegetació en bon estat presenta un màxim. És evident, doncs, que l'incendi es pot estudiar espectralment perquè elimina els màxims d'absorció corresponents als pigments i fulles (canals 1 i 3), però també l'elevada reflectància captada a l'infraroig proper (canal 4), igual com fa augmentar la resposta en els canals situats a la zona de l'infraroig mitjà (canals 5 i 7), condicionada per la concentració d'aigua en els vegetals en bon estat.

Ja que en definitiva l'estudi dels incendis es pot comparar a una detecció de l'absència de la vegetació, s'ideà fer una classificació radiomètrica de l'àrea d'interès, o sigui, una separació de manera automàtica de les superfícies amb una resposta espectral distinta, a partir de combinacions de canals usades com a índexs de vegetació. La idea, doncs, fou reduir el nombre de variables a tenir present, des de les set originals, corresponents als set canals espectrals, fins a dues o tres constituïdes per combinacions de canals adjacents que ressaltessin la manca de vegetació. A la vegada, com que es reduïen el nombre de variables, el procés de tractament s'accelerava intensament.

Per conèixer amb més exactitud els millors canals i combinacions de canals a utilitzar, s'intentà en primer lloc obtenir una bona mostra del comportament espectral de les àrees cremades, en relació a les ocupades per bosc en bon estat. Amb aquest motiu es generà un conjunt de subescenes de 5 x 5 *escacs*, homogènies i situades sobre àrees ocupades per aquestes dues categories i es classificaren independentment per obtenir dues o tres classes espectrals en cadascuna. Els centres de les classes espectrals trobades s'han representat a la figura 2 on fàcilment s'observa que l'efecte de l'incendi és recollit pels canals 3, 4 i 5, especialment.

A conseqüència d'aquests resultats es consideraren com a índexs per diferenciar les dues categories, bosc cremat-bosc no cremat, les dues combinacions C4/C3 i C5/C4. Amb el primer índex, el bosc cremat apareix en tonalitats fosques respecte a la vegetació no afectada quan es visualitza la imatge resultant pel sistema de representació, mentre que amb el segon índex, apareix en tonalitats clares, confonent-se, però, amb àrees corresponents a sòls nus. La classificació radiomètrica a partir d'aquestes dues combinacions esdevenia, doncs, un procediment per diferenciar les àrees amb vegetació de les despro-



Imatge 1: Imatge de l'incendi ocorregut a Tordera el 10 de febrer de 1984, segons una combinació en fals color generada pels canals 4, 5 i 7 del sensor TM del satèl·lit LANDSAT-5. Les àrees cremades apareixen en tonalitats blaves (ICC)

veïdes de vegetació, però per identificar, a més a més, les àrees cremades, era clar que hi mancava més informació.

La creació de noves subescenes sobre els camps nus ens permeté conèixer les seves respostes espectrals. Aquesta informació evidencià que, si bé les combinacions emprades ocasionaven la seva confusió amb les àrees cremades, presentaven una reflectància més elevada en alguns canals, i per tant existia la possibilitat de diferenciar-les. Fou així que es considerà oportú afegir la informació captada per un canal, concretament pel canal 3, a les dues combinacions escollides, i d'aquesta manera es classificà l'àrea d'estudi amb les tres variables següents: C5/C4, C4/C3, i C3 original.

La classificació s'ha fet amb una classificador basat en la distància euclidiana i donà un conjunt de 19 classes espectrals (taula 4), de les quals, quatre identifiquen àrees de bosc cremat i una identifica els matolls cremats. Les àrees forestals no afectades són recollides per cinc classes

espectrals, i les restants classes corresponen als altres usos, principalment conreus i àrees urbanes que no es van poder diferenciar clarament perquè presentaven una resposta espectral coincident a l'època en què s'enregistrà la imatge. La imatge 2 representa el resultat de la classificació i s'hi han diferenciat les quatre categories anteriors en colors diferents.

Finalment s'ha realitzat una quantificació aproximada de l'àrea detectada amb aquest procediment com a superfície afectada per l'incendi. Aquesta avaluació s'ha fet basant-nos en la superfície de 900 m² que correspon a un *escac*. A la taula 5, s'indiquen les hectàrees cremades, de bosc i de matolls, detectades a partir de la informació captada pel sensor TM, i es comparen amb les dades oficials de la DGMR.

La conseqüència directa d'aquest estudi és que mitjançant les tècniques de percepció remota es poden detectar i quantificar les superfícies forestals cremades a partir de la seva resposta espectral captada pel sensor TM del satèl·lit LANDSAT-5.

LÍNIA 282
COLUMNA
CANAL

	3021	3022	3023	3024	3025	3026	3027	3028	3029	3030	3031
1	113	117	115	114	115	116	119	122	123	120	119
2	45	46	46	45	46	46	49	52	50	49	49
3	44	45	45	44	49	51	53	59	56	55	52
4	71	69	68	65	58	57	57	61	59	57	55
5	68	66	68	65	73	80	81	97	103	94	94
6	98	98	98	98	105	105	105	105	110	110	110
7	27	30	29	30	37	42	45	54	59	55	55

LÍNIA 283
COLUMNA
CANAL

	3021	3022	3023	3024	3025	3026	3027	3028	3029	3030	3031
1	111	112	116	110	116	121	119	125	121	118	119
2	45	46	46	44	48	49	50	53	50	48	49
3	43	43	46	41	49	53	53	61	55	52	52
4	67	67	66	63	59	56	58	63	59	56	57
5	66	68	75	69	67	82	82	99	101	91	86
6	98	98	98	98	104	104	104	104	107	107	107
7	30	31	36	28	35	46	47	58	59	54	54

Taula 3-a: Resposta espectral dels escacs de la subescena A. L'àrea cremada comença aproximadament a partir de la columna 3025

LÍNIA 327
COLUMNA
CANAL

	3141	3142	3143	3144	3145	3146	3147	3148	3149	3150	3151
1	116	116	112	110	112	111	110	110	112	111	106
2	47	44	45	46	47	46	45	45	47	46	44
3	51	49	49	50	51	48	45	45	47	48	42
4	60	55	56	59	58	62	66	69	70	73	73
5	95	83	79	82	83	82	75	73	76	81	72
6	105	105	105	105	105	105	105	105	102	102	102
7	48	45	41	43	47	40	33	32	35	33	31

LÍNIA 328
COLUMNA
CANAL

	3141	3142	3143	3144	3145	3146	3147	3148	3149	3150	3151
1	117	117	115	115	114	115	111	109	107	108	108
2	50	49	47	49	48	49	45	45	46	46	45
3	52	52	51	52	51	49	45	44	45	44	43
4	64	59	62	61	54	61	68	69	71	74	72
5	91	83	85	85	83	82	74	67	72	72	71
6	103	103	103	103	101	101	101	101	100	100	100
7	45	41	45	45	45	39	28	28	30	29	31

Taula 3-b: Resposta espectral dels escacs de la subescena B. L'àrea cremada acaba aproximadament a la columna 3146

LÍNIA 310
COLUMNA
CANAL

	3077	3078	3079	3080	3081	3082	3083	3084	3085	3086	3087
1	129	129	127	126	123	119	115	118	123	131	137
2	54	54	54	54	54	49	45	48	52	53	56
3	64	61	60	57	55	49	45	49	55	58	63
4	68	66	67	75	104	81	49	60	65	66	70
5	107	106	105	105	104	98	65	65	88	99	102
6	110	110	101	101	101	101	98	98	98	98	98
7	62	59	60	53	47	38	27	41	49	54	57

LÍNIA 311
COLUMNA
CANAL

	3077	3078	3079	3080	3081	3082	3083	3084	3085	3086	3087
1	128	128	132	127	132	126	118	116	125	134	138
2	55	53	54	55	60	55	45	46	54	58	59
3	60	59	60	59	62	56	46	51	59	65	66
4	62	63	65	77	106	99	54	58	65	69	71
5	104	95	99	98	100	107	75	64	90	98	102
6	110	110	101	101	101	101	98	98	98	98	98
7	62	54	55	53	49	45	35	37	46	57	55

Taula 3-c: Resposta espectral dels escacs de la subescena C. El bosc de ribera passa aproximadament per les columnes 3081 i 3082

Queda per estudiar si les diferents classes espectrals trobades en l'àrea cremada identifiquen diversos graus d'intensitat de la destrossa produïda per l'incendi. Amb les dades disponibles, però, no ha estat possible intentar cap correspondència.

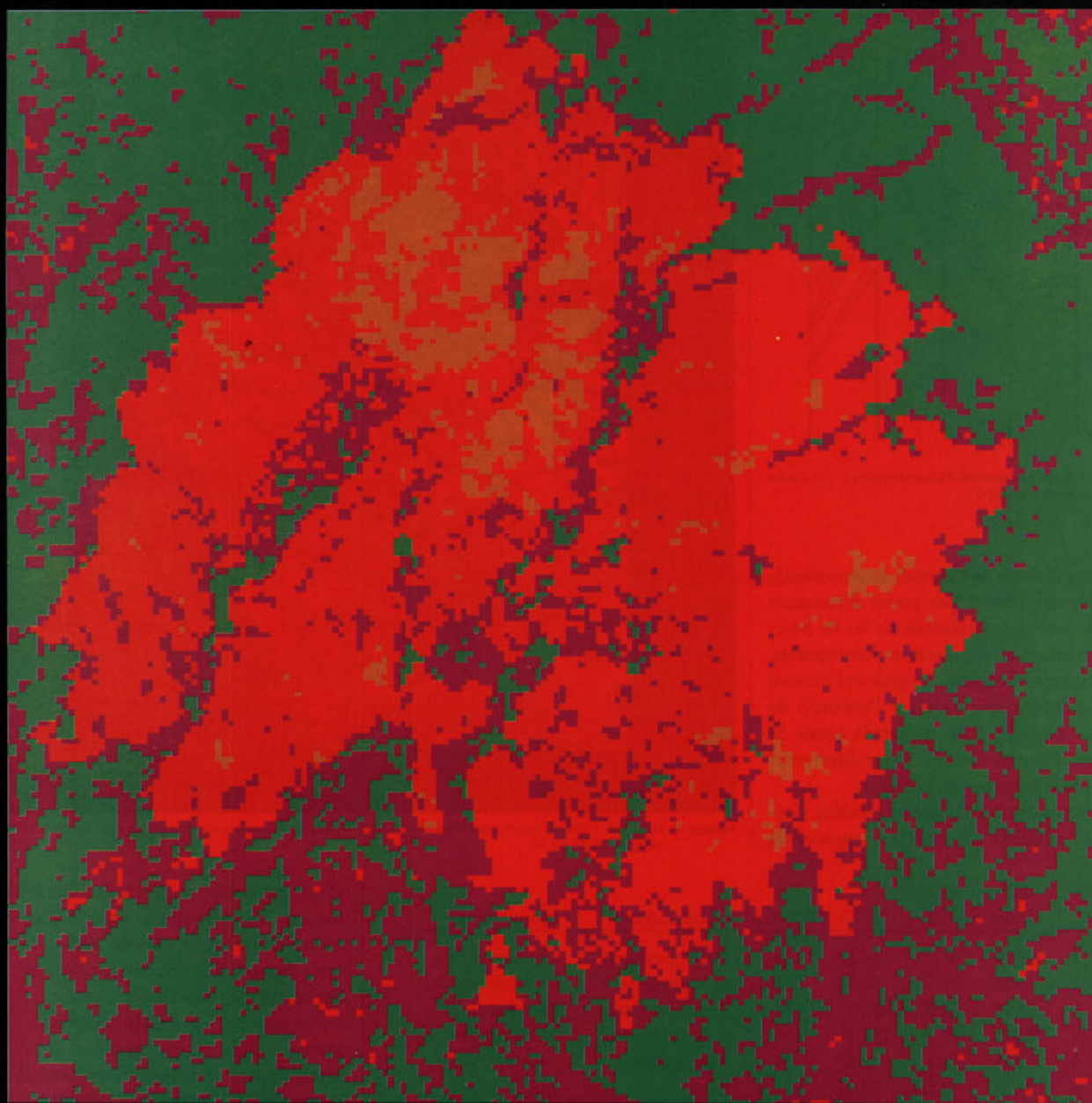
D'altres proves realitzades sobre incendis diversos, ocorreguts als primers mesos de l'any, confirmaren la utilitat d'emprar les combinacions dels canals 3, 4 i 5 com a mètode de detecció de les àrees cremades, sense necessitat de conservar tota la informació espectral enregistrada en els set canals.

Formació dels arxius multitemporals

Per realitzar aquesta fase cal que les imatges del segon joc de cintes tinguin la mateixa geometria que les del primer joc. S'ha d'efectuar, doncs, la segona fase de correcció geomètrica.

Mentre que per construir l'arxiu de punts de control que feia possible la transformació de la geometria de cada cinta del primer joc al sistema de coordenades UTM s'havien de poder localitzar tots els punts sobre mapes, o sigui, havien de correspondre a estructures amb prou entitat perquè fossin plasmades en els mapes, tals com encreuament de carreteres, meandres de rius, cruïlles importants, etc, quan s'ha de corregir la geometria d'una imatge segons la d'una altra, aquests requeriments no són tan restrictius. En aquest segon cas sols és necessari que el mateix punt de control aparegui a les dues imatges, i, per tant, es poden usar d'altres estructures que no es representen en els mapes, tals com límits agrícoles, entrants de boscos, rierols, etc. És, doncs, un procediment molt més ràpid, aquest segon, i fins i tot pot realitzar-se d'una manera semiautomàtica deixant que el mateix ordinador trobi les coordenades d'un mateix punt en les dues imatges, basant-se en el reconeixement d'estructures.

Després d'un procés de supervisió sobre els errors associats a cada punt de control pels set polinomis de transformació de la geometria de les imatges de la tardor a la de la primavera, s'eliminaren els punts amb error superior a un escac i se'n localitzaren de nous. Finalment, doncs, es tingueren set polinomis que corregien la geometria del primer joc de cintes al sistema UTM, i set més que corregien la geometria del segon joc de cintes a la del primer joc.



Imatge 2: Resultat de la classificació radiomètrica realitzada sobre l'àrea de Tordera. A la taula 4 s'indiquen les categories destriades

(ICC)

D'aquesta manera, per cada incendi ocorregut, es creaven en primer lloc dos arxius amb la informació enregistrada en les dues èpoques, i a continuació, es corregia la geometria del construït amb les dades de la tardor a la geometria de l'altre, usant el polinomi corresponent. Quan els dos arxius tenien la mateixa geometria, es podien ajuntar en un sol arxíu multitemporal, i seguidament amb el polinomi de transformació a UTM, corresponent a la

imatge de la primavera, es corregia la geometria a aquest sistema.

Detecció dels incendis en els arxius multitemporals

A mesura que es començaren a rebre les cintes corresponents a la tardor, es realitzà també una primera anàlisi amb la finalitat de minimitzar la informació necessària en els arxius multitemporals per poder detectar els incendis. En principi, pel fet que el

sensor TM té set canals, en els arxius multitemporals hi podien haver catorze variables, i aquest nombre resultava excessiu i podia alentir els processos de tractament. Encara que es coneixen diversos procediments per reduir el nombre de variables, s'optà per usar les conseqüències de la primera fase de l'estudi, això és, per mantenir només les combinacions entre els canals 3, 4 i 5 com a informació útil de després de l'incendi, i estudiar quins canals de la

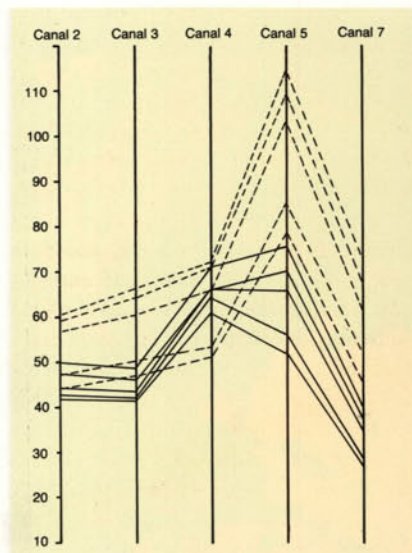
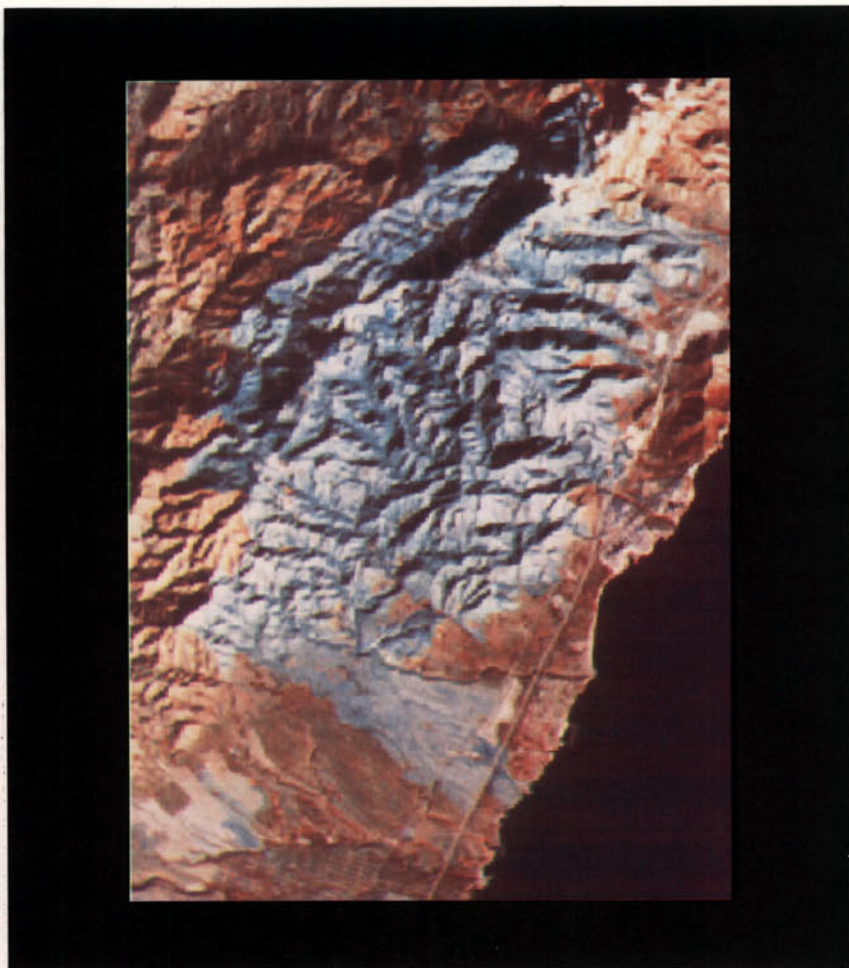


Fig. 2: Resposta espectral d'àrees cremades (---) i d'àrees sense cremar (-)

imatge d'abans de l'incendi conservaven la millor informació per poder diferenciar les superfícies de matolls de les de bosc. En principi, en els arxius multitemporals, la informació captada després de l'incendi ens possibilitaria conèixer l'extensió de l'àrea afectada, i l'enregistrada abans de l'incendi ens havia de permetre diferenciar el tipus d'espai forestal destruït.

Com a exemple d'aquesta anàlisi s'exposa l'estudi de l'incendi ocorregut el dia



Imatge 3: Imatge de l'incendi ocorregut a Vandellòs el 15-9-84, segons la combinació dels canals 4, 5 i 7 del sensor TM, enregistrada l'1-11-84 (ICC)

	N.º escacs	C3	C5/C4	C4/C3	Ocupació sòl	Identificació
1	2550	47.3	67.8	172.2	Bosc no cremat	13 color verd
2	1883	48.7	53.4	240.0	D'altres usos	14 color morat
3	2649	50.9	80.2	142.4	Bosc no cremat	13 color verd
4	2225	59.8	104.1	125.1	Bosc no cremat	13 color verd
5	1985	58.5	142.6	96.1	Bosc cremat	4 color taronja
6	2724	51.0	93.4	157.9	Bosc no cremat	13 color verd
7	4360	56.0	174.7	80.0	Bosc cremat	4 color taronja
8	4200	57.6	197.4	78.1	Bosc cremat	4 color taronja
9	1901	55.3	120.9	132.4	D'altres usos	14 color morat
10	510	68.9	88.7	108.1	D'altres usos	14 color morat
11	1375	75.3	125.1	96.3	D'altres usos	14 color morat
12	1126	73.3	170.0	78.6	D'altres usos	14 color morat
13	2189	49.5	72.8	194.7	Bosc no cremat	13 color verd
14	1267	57.0	225.5	76.6	Matolls cremats	22 color marró clar
15	1474	56.2	164.1	100.1	Bosc cremat	4 color taronja
16	995	57.7	112.7	159.8	D'altres usos	14 color morat
17	582	52.5	87.6	214.2	D'altres usos	14 color morat
18	1161	66.4	141.5	123.1	D'altres usos	14 color morat
19	172	55.5	132.5	174.5	D'altres usos	14 color morat

Taula 4: Característiques espectrals de les classes. El n.º d'identificació les refereix al color amb què queden representades a la imatge 2

15 de setembre a l'àrea de Vandellòs. Aquest incendi afecta unes 4 250 ha, majoritàriament de matolls amb pi blanc molt dispers, i finalment resultà ésser el que afectà més superfície.

Les dades espectrals emprades en aquest estudi foren captades en dues dates, els dies 10 de juny i 1 de novembre, i corresponen a les imatges TM 198/32. La visualització pel sistema de representació de la imatge en fals color, generada amb els

	Segons la informació LANDSAT	Segons les dades oficials
Àrea de bosc cremada	12 033 escacs 1 082,97 ha	900 ha
Àrea de matolls cremada	1 167 escacs 105,03 ha	142 ha
TOTAL	1 188 ha	1 042 ha

Taula 5: Resum de les superfícies cremades a l'incendi de Tordera



Imatge 4: Imatge de la mateixa àrea obtinguda a partir de la combinació C3/C4, C5/C4 de l'escena de l'1-11-84 i del canal 4 de l'escena del 10-6-84

canals 4, 5 i 7, de després de l'incendi posà clarament de manifest la seva extensió, tal com es pot veure a la *imatge 3*.

La conseqüència espectral de l'incendi pot observar-se a la *figura 3* on es mostra la resposta espectral de sis *escacs* en les imatges d'abans i de després de l'incendi, havent-ne estat afectats per la cremada només tres. D'aquest resultat es considerarà oportú conservar la informació enregistrada pels canals 4 i 5 de l'arxiu d'abans de l'incendi per construir l'arxiu multitemporal. Finalment, doncs, aquest arxiu quedà constituït per quatre variables, corresponents a les divisions entre els canals 3 i 5 pel canal 4, tots de la imatge de després de l'incendi, i pels canals 4 i 5 enregistrats abans que es produís. A la *imatge 4* es representa la imatge en fals color originada per les tres primeres variables, o sigui, amb informació multitemporal.

Per quantificar les superfícies afectades per l'incendi es procedí, a continuació, a classificar l'arxiu multitemporal amb un classificador basat en la distància euclidiana, i s'obtingueren 22 classes espectrals, 9 de les quals pertanyien a àrees cremades i la resta, a d'altres categories.

A la *taula 6* s'indiquen les característiques espectrals de les classes trobades i la categoria o tipus de coberta del sòl que els correspon. Com es pot observar, es discrimina entre dues àrees cremades segons la densitat de recobriment arbori. Per manca de més informació de camp ha estat impossible, però, d'investigar la probable relació entre el grau de destrossa i les diferents classes espectrals obtingudes. Amb tot, s'ha fet un cert control visual entre la distribució espacial de cada classe i fotografies aèries realitzades dos anys abans de l'incendi i es podria establir alguna relació en quant al grau de recobriment vegetal existent amb anterioritat a la cremada.

A la *taula 7* es comparen les avaluacions de les superfícies cremades que foren detectades amb aquest procediment digital, amb les contemplades en les dades de la DGMR. Cal fer notar que s'ha considerat la grandària de l'*escac* igual a 900 m².

A la *imatge 5* es representa el resultat de la classificació espectral de l'àrea d'estudi. Els diferents colors identifiquen les diverses categories destriades que s'indiquen a la *taula 6*.

Un cop demostrada la viabilitat del projecte així com de la metodologia decidida, s'inicià l'estudi exhaustiu de tots els incen-

	C3/C4	C5/C4	C4	C5	Tipus de coberta	Identificació
1	78.7	102.6	83.0	96.4	Vegetació no cremada	13 color verd fluix
2	71.3	74.5	69.0	67.9	Bosc no cremat	5 color verd fort
3	87.0	116.9	89.7	118.2	Vegetació no cremada	13 color verd fluix
4	94.0	127.3	96.4	140.8	Vegetació no cremada	13 color verd fluix
5	122.8	76.3	73.5	77.5	Bosc no cremat	5 color verd fort
6	101.6	127.6	78.2	96.2	Urbà i aflor. rocosos	22 color groc
7	129.3	183.1	84.8	112.3	Matolls cremats	2 color granat
8	189.5	83.8	66.4	61.7	Bosc cremat	9 color vermell
9	143.4	138.6	71.4	72.0	Bosc cremat	9 color vermell
10	130.4	202.3	83.7	96.5	Matolls cremats	2 color granat
11	131.8	174.8	78.1	84.9	Matolls cremats	2 color granat
12	132.6	152.1	110.0	193.1	Camps nus	15 color gris
13	136.7	223.3	79.3	81.3	Matolls cremats	2 color granat
14	219.1	46.9	12.1	6.2	Aigua	8 color blau
15	246.5	51.5	11.7	6.3	Aigua	8 color blau
16	112.9	144.0	86.5	117.2	Camps nus	15 color gris
17	117.9	144.1	99.5	160.8	Camps nus	15 color gris
18	190.3	126.6	65.1	61.6	Matolls cremats	2 color granat
19	146.6	129.6	84.7	122.6	Urbà i aflor. rocosos	22 color groc
20	157.0	183.0	68.1	67.4	Matolls cremats	2 color granat
21	152.3	75.8	50.7	47.4	Bosc no cremat	5 color verd fort
22	127.2	165.1	87.8	126.3	Matolls cremats	2 color granat

Taula 6: Característiques espectrals de les 22 classes trobades a l'àrea de Vandellòs, i ús del sòl que els correspon



dis produïts a Catalunya durant l'any 1984, principalment el dels ocorreguts a l'estiu.

Bàsicament la línia que s'ha seguit per a cada incendi ha començat amb la creació, a partir de les dades multispectrals captades a la tardor, d'un arxiu que contingués l'àrea cremada; com a informació per a la seva localització s'usava la referència geogràfica anotada en els comunicats de la DGMR.

Un cop visualitzat aquest arxiu amb la combinació construïda amb els canals 4, 5 i 7 es podia localitzar exactament l'àrea cremada i conèixer les seves coordenades LANDSAT, amb les quals, conjuntament amb l'ús del polinomi de transformació corresponent, es podien calcular les seves coordenades a la imatge de la primavera i seguidament es construïa el segon arxiu, corresponent a l'àrea cremada abans d'ésser afectada per l'incendi.

El pas següent consistia a corregir la geometria de l'arxiu de la tardor respecte a la de la primavera, i a continuació se'n creava un altre només amb les combinacions C3/C4 i C5/C4 de després de l'incendi, i amb els canals C4 i C5 d'abans de l'incendi. Aquest darrer arxiu, amb només quatre variables, constituïa l'arxiu multitemporal, i es procedia a la seva correcció geomètrica al sistema UTM abans d'iniciar el procés de classificació basat en la distància euclidiana.

Per a la formació de grups espectrals, això és, per poder identificar cada classe com a un tipus d'ús de sòl, s'estudiava la distribució espacial dels *escacs* de cada classe espectral mitjançant la seva visualització per la pantalla del sistema de representació, així com les seves característiques espectrals. Amb aquest procediment es podien establir les correspondències entre cada classe i un tipus de cobertura i, per tant, agrupar totes les que pertanyien a un mateix tipus d'ús del sòl, el qual era representat en un sol color.

La darrera etapa es limitava a calcular les hectàrees corresponents a les diferents superfícies cremades, a partir del nombre d'*escacs* continguts en cada grup espectral, i considerant com a unitat de superfície la d'un *escac*, aproximadament igual a 900 m². Un cop comptabilitzades les àrees afectades, es procedia finalment a comparar les superfícies amb les dades oficials.

Per a alguns termes municipals es realitzà l'estudi de forma global. Aquest fou el cas del TM de Castellar del Vallès, on es produïren bastants incendis el mateix any. A les *imatges 6 i 7* es representa una part d'aquest terme amb dades espectrals del mes de juny i de setembre, respectivament. Amb tota claredat es pot veure un incendi que ocorregué entre les dues dates. A la *taula 8* es mostra la relació d'incendis produïts a Castellar del Vallès,

	Segons la informació LANDSAT	Segons les dades oficials
Àrea de bosc cremada	4 859 <i>escacs</i> 437,30 ha	560 ha
Àrea de matolls cremada	37 403 <i>escacs</i> 3 366,20 ha	3 690 ha
TOTAL	3 803,50 ha	4 250 ha

Taula 7: Quantificació de les superfícies de bosc i de matolls afectades per l'incendi del 15-9-84 a Vandellòs

	Data incendi	Localització	Grandària
A	24-1-84	Casamada	2,5 ha
B	27-6-84	Can Salient	3,5 ha
C	02-8-84	Puig de la Creu	30,0 ha
D	10-10-84	Can Borrell	1,0 ha
E	23-9-84	Can Borrell	5,0 ha
F	28-9-84	Turell	15,0 ha
G	23-9-84	Can Moragues	80,0 ha

Taula 8: Característiques dels incendis produïts a Castellar del Vallès, segons les fonts de la DGMR. El G correspon a un incendi que afectà el terme municipal de Sabadell

constant-hi les hectàrees afectades segons les fonts de la DGMR.

Una vegada es tingué construït l'arxiu multitemporal es classificà la imatge i s'obtingueren set classes espectrals corresponents a superfícies cremades. La visualització de la seva distribució espacial mostrà que es concentraven en quatre àrees concretes que es van poder identificar sobre els mapes de la zona. A la *taula 9* s'indiquen les coordenades UTM aproximades dels seus centres, el nombre d'*escacs* i la superfície en hectàrees derivada del seu tractament digital.

De la comparació entre les *taules 8 i 9* s'originaren les conseqüències següents:

L'incendi identificat per E correspon al detectat com a àrea 2, l'identificat per F, a l'àrea 1, i el G correspon a l'àrea 4, tot i que realment pertany al terme municipal de Sabadell. No hi ha, doncs, una correspondència total, però es poden explicar les divergències. Per exemple, l'incendi identificat per A es produí al mes de gener, i en classificar l'arxiu multitemporal, no fou destriat com a superfície cremada car en les dues dates ja estava cremat.

L'identificat per B ha estat impossible de detectar, i a més a més, la seva localització geogràfica anotada en els comunicats oficials resultà introbable a la cartografia usada de referència. L'incendi identificat

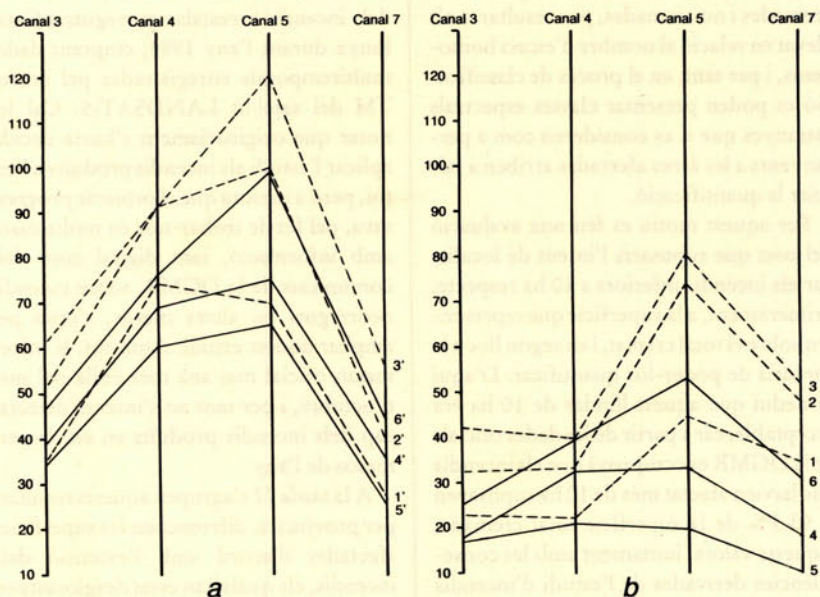


Fig. 3: Respostes espectrals de sis *escacs*, enregistrades als canals TM 3, 4, 5 i 7. A a corresponen a la imatge prèvia a l'incendi, i a b, a la de després de l'incendi. Els *escacs* 1, 2 i 3 es localitzen a àrees que foren cremades, mentre que els *escacs* 4, 5 i 6, a àrees no afectades per l'incendi

per C, en realitat es va produir a cavall d'altres termes municipals, i la major part afectada quedà fora de l'àrea estudiada. Els incendis restants sí que s'han detectat, però la quantificació de les superfícies afectades ha donat extensions no coincidents amb les dades oficials.

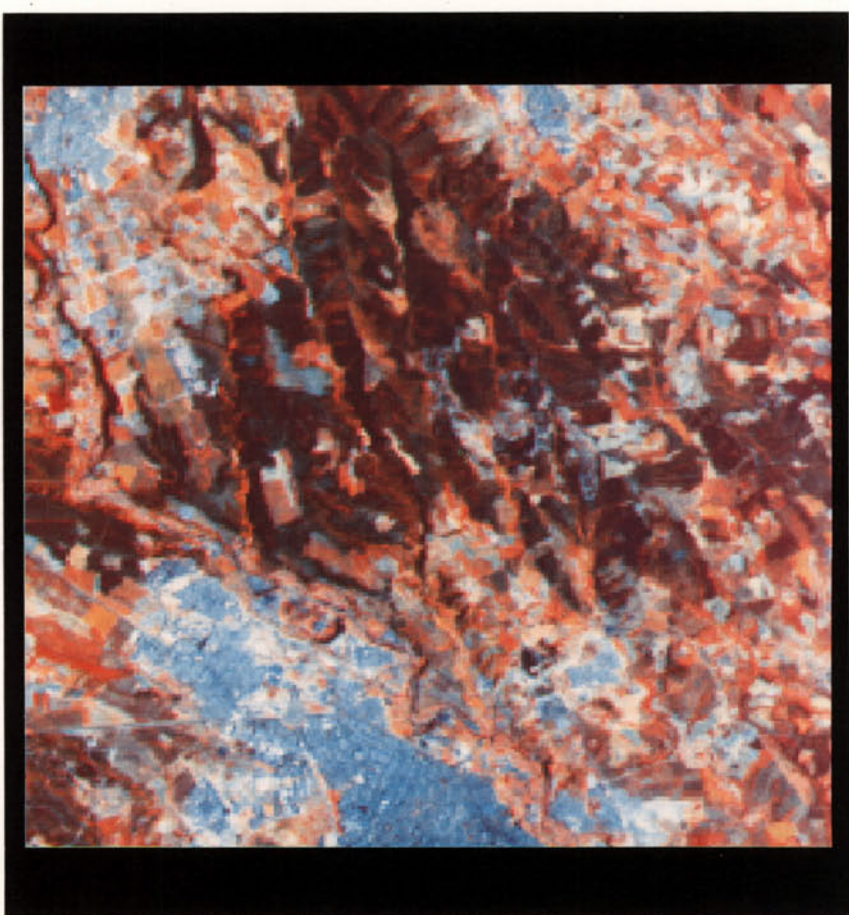
L'incendi detectat com a àrea 3 correspon a una àrea propera a Can Borrell però no en teníem cap referència oficial. De moment no hem intentat esbrinar-ne les causes.

Com a conclusió resulta evident que, en aquest cas, la majoria dels incendis foren detectats i es varen poder avaluar les superfícies afectades. Amb tot quedà per estudiar els motius de les disconformitats trobades amb les dades oficials.

Si bé la metodologia de treball exposada anteriorment fou la bàsica, en bastants casos s'ha hagut d'actuar de manera diferent, principalment quan els incendis havien ocorregut a les àrees pirinenques de pastures i matolls. En aquests casos, a causa que en la segona data d'enregistrament de la informació la vegetació es trobava molt seca, es produïa una coincidència espectral entre la seva resposta i la dels incendis. Quan això succeïa, si la referència geogràfica de l'incendi resultava suficientment adequada per poder-los identificar en les combinacions en fals color, es procedia a una segmentació o creació d'una *màscara* a partir de la imatge de després de l'incendi. Aquest mètode consistia a digitalitzar l'àrea cremada i construir-ne un arxiu independent del seu entorn, i cadascun d'ells es classificava de manera separada, amb la qual cosa se solucionava el problema de la coincidència espectral.

Abans d'exposar la taula resum dels resultats obtinguts, cal justificar el llinar de superfície cremada que hem usat de partida en la detecció dels incendis. Com s'ha dit anteriorment, la resolució espacial del sensor TM és de 30 x 30 m. Amb aquesta resolució, no tots els incendis es poden detectar, sinó només aquells que sobrepassen una superfície mínima i que presenten certes característiques. Així, per exemple, si bé la majoria dels incendis més grans de 5 ha es podien detectar, alguns que tenien una superfície aproximada de 5 ha quedaven desdibuixats per la presència d'un entorn poc contrastat.

Per altra banda, la simple detecció no significa que es pugui realitzar la seva quantificació, car, depenent de la seva superfície i del seu contrast, el nombre



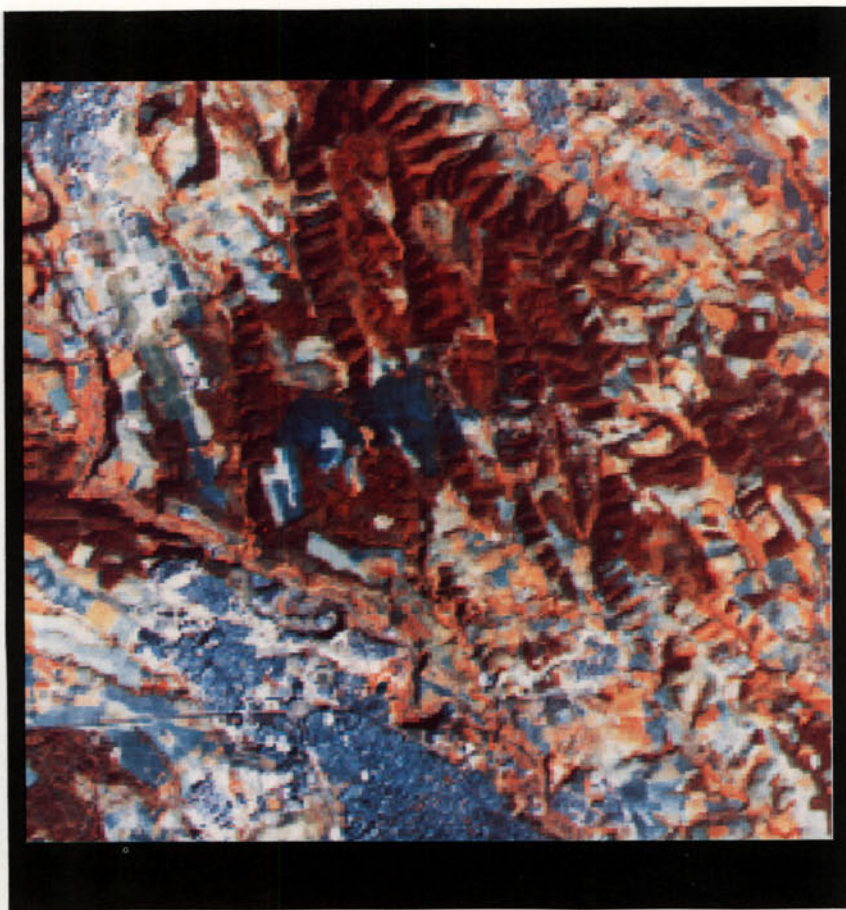
Imatge 6: Imatge de la serra de Palau (Castellar del Vallès-Sabadell) segons la combinació dels canals 4, 5 i 7 de l'escena del satèl·lit LANDSAT-5 enregistrada el dia 10-6-84 (ICC)

d'*escacs* localitzats en els límits de l'incendi, *escacs* que contenen a la vegada àrees cremades i no cremades, pot resultar molt elevat en relació al nombre d'*escacs* homogenis, i per tant, en el procés de classificació es poden presentar classes espectrals estranyes que si es consideren com a pertanyents a les àrees afectades arriben a falsejar la quantificació.

Per aquest motiu es féu una avaluació del cost que suposaria l'intent de localitzar els incendis inferiors a 10 ha respecte, primerament, a la superfície que representen sobre el total cremat, i en segon lloc a la garantia de poder-los quantificar. D'aquí es deduí que aquest llinar de 10 ha era acceptable, car a partir de les dades oficials de la DGMR es comprovà que els incendis que havien afectat més de 10 ha suposaven el 93.3% de la superfície total cremada. Aquests valors, juntament amb les conseqüències derivades de l'estudi d'incendis més petits de 10 ha, ens decantà a considerar aquell llinar com a punt de partida dels incendis que havíem d'estudiar.

A la *taula 10* es resumeixen els resultats de l'estudi sobre la detecció i quantificació dels incendis forestals ocorreguts a Catalunya durant l'any 1984, emprant dades multitemporals enregistrades pel sensor TM del satèl·lit LANDSAT-5. Cal fer notar que originàriament s'havia decidit aplicar l'estudi als incendis produïts a l'estiu, però a mesura que el projecte progressava, pel fet de trobar-nos en molts casos amb informació, tant digital com dels comunicats de la DGMR, sobre incendis ocorreguts en altres mesos, s'optà per ampliar aquest estudi. Amb tot, la informació oficial mai anà més enllà del mes d'octubre, i per tant no s'intentà detectar cap dels incendis produïts en els darrers mesos de l'any.

A la *taula 11* s'agrupen aquests resultats per províncies, diferenciant les superfícies afectades d'acord amb l'extensió dels incendis, els quals han estat desglossats en els quatre grups següents: incendis de més de 1 000 ha, de 100 a 1 000 ha, de 50 a 100 ha, i de 10 a 50 ha. A la vegada es comparen



Imatge 7: Imatge de la mateixa àrea anterior captada l'1-11-84. Pot observar-se clarament l'incendi ocorregut el dia 23-9-84 que apareix en color blau al centre de la imatge (ICC)

amb les superfícies considerades en els comunicats oficials del incendi estudiat i, finalment, amb les superfícies globals cremades de Catalunya.

Cal fer notar que quan un mateix incendi ha donat lloc a dos comunicats perquè afectava províncies, termes municipals o propietaris distints, les dades digitals corresponents a l'incendi no han estat desglossades, sinó considerades com a una sola unitat, la qual cosa ha determinat alguns problemes a l'hora d'intentar construir aquesta taula. L'exemple més clar és l'incendi de Torreda del qual hi hagueren dos comunicats, un per la província de Barcelona que notificà 1 042 ha afectades, i un altre, per la de Girona, que anotà 365 ha, mentre que fou detectat com un sol incendi de 1 188 ha i hom el considerarà dins de la província de Barcelona, que fou la més afectada.

Com es pot deduir de la comparació entre aquestes avaluacions i les detectades, malgrat no haver estudiat tots els incendis

produïts, s'ha tractat el 93.3% de les superfícies afectades.

Discussió dels resultats

Com es pot comprovar a la taula 10, dels 68 incendis que complien les condicions o limitacions exposades a l'apartat anterior, se n'han pogut estudiar 59. Els nou restants han estat introbables, ja sigui perquè quedaven coberts de núvols a les dues imatges multispectrals (incendis n.º 46 i 50), o per d'altres causes que es comenten en aquest mateix apartat.

D'entre els incendis localitzats, s'han donat situacions diverses. Alguns d'ells, pel fet d'afectar províncies, termes municipals o fins i tot perquè afectaven propietaris distints (incendis n.º 1 i 4, 32 i 33, 18 i 60, respectivament), posseïen dos comunicats diferents, però en realitat hi havia només una sola àrea cremada. També s'ha donat el cas d'incendis reproduïts d'un anterior (incendis n.º 17 i 65, 67 i 68) i que donaven lloc, a la imatge multispectral, a una sola àrea afectada. Un cas semblant es

presentava quan hi havia dos comunicats referents al mateix lloc i a una mateixa causa, en aquest cas, la crema d'escombraries, encara que es produïssin en dies diferents (incendis n.º 51 i 52). En aquests dos darrers casos és evident que si no es té una imatge enregistrada entre els dos esdevinents, la detecció correspon a la unió de les superfícies afectades pels dos incendis.

Referent a l'estudi de discriminació entre els tipus de vegetació destruïda pels incendis, han intervingut diversos factors que han condicionat els resultats obtinguts. En principi aquesta identificació es basava en la informació multispectral enregistrada amb anterioritat als incendis, la qual informació havia de permetre aquesta diferenciació un cop construït l'arxiu multitemporal. És clar que de bon començament això no fou possible d'aplicar als incendis ocorreguts abans de les dates d'enregistrament del primer joc de cintes.

En relació a aquests incendis produïts als primers mesos de l'any, en alguns casos ha estat possible diferenciar dues categories afectades, o sigui, s'han pogut destriar les àrees de bosc de les de matolls. Això ha estat factible quan en el procés de formació de grups espectrals, la informació deduïda dels *Mapas de Cultivos y Aprovechamientos* ens permetia identificar les diferents classes espectrals com a pertanyents a aquestes categories (incendis n.º 1, 3, 8). Normalment, però, a causa que en aquests mapes sovint incorporen àrees mixtes en una sola unitat, hom no les ha pogut diferenciar (incendis n.º 7, 26, 48). Amb tot, si l'àrea cremada pertanyia tota ella a una sola categoria, així s'ha identificat el grup espectral (incendis n.º 5, 6, 13).

Quant als incendis ocorreguts entre les dues dates de registre, quan afectaven una sola categoria, segons els comunicats de la DGMR, el grup espectral era identificat per aquesta (incendis n.º 12, 21, 22). Normalment, si afectaven a la vegada bosc i matolls, es podien identificar els dos grups (incendis n.º 2, 9, 10) per la seva resposta espectral, essent més elevada a l'àrea de matolls que a la de bosc. Amb tot, no ha estat sempre factible diferenciar aquestes dues categories car, en determinats casos, per efecte que les imatges de la segona data corresponien a l'hivern i, doncs, presentaven moltes ombres, era difícil detectar exactament el perímetre de l'incendi i encara més intentar aquesta diferenciació (incendis n.º 17, 58, 64). En d'altres casos,



Imatge 8: Imatge en fals color creada a partir dels canals 4, 5 i 7 del sensor TM, corresponent a part del terme municipal de Naut Aran, on es produí un incendi (nº 14) el dia 20-4-84. L'incendi resultà indetectable per les confusions espectrals (imatge de l'esquerra corresponent a l'estiu), i per la presència d'ombres (imatge de la dreta, de l'hivern) (ICC)

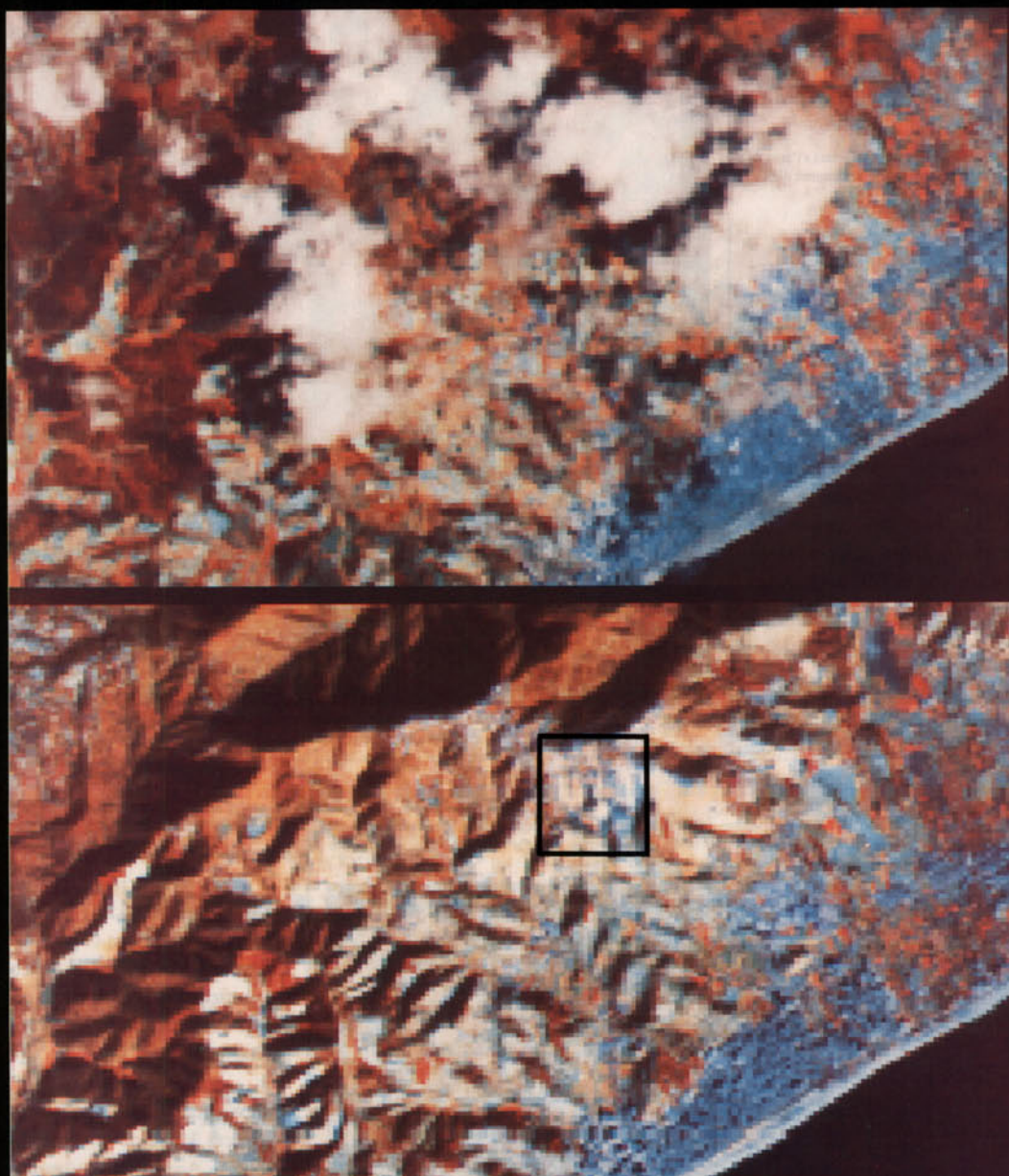
pel fet que una de les categories afectava poca superfície, no s'intentava identificar-la espectralment a causa dels problemes associats amb la resolució de 30 x 30 m del sensor TM, car els resultats obtinguts no haurien estat gens fiables, com s'ha exposat anteriorment (incendis n.º 20, 39, 48). Finalment tampoc s'ha diferenciat la categoria cremada quan en els comunicats oficials no s'identificava (incendis n.º 25, 28, 30).

Respecte als incendis no localitzats, s'exposen a continuació les seves causes i una petita descripció:

Incendi de Naut Aran. N.º 14

Afectà 64 ha de matolls i es produí el 20-4-84, o sigui, amb anterioritat a l'enregistrament del primer joc de cintes, la qual cosa determinà que no es pogués detectar directament per comparació entre les dues imatges multispectrals. A més a més, amb

motiu de correspondre a una àrea de muntanya, la imatge d'hivern presentava moltes ombres i es va haver de rebutjar. A la imatge de primavera s'observaven diverses àrees amb resposta espectral similar a la dels incendis, a causa de posseir una cobertura de pastures i matolls secs. Pel fet que la referència geogràfica continguda en el seu comunicat no era gaire concreta, no es va poder localitzar exactament, i finalment fou considerat com a no detectat.



Imatge 9: Fals color (canals 4, 5, 7) corresponent a part del terme municipal de Pineda de Mar on es produí l'incendi n° 29. En negre s'ha emmarcat l'àrea aproximada on tingué lloc i no fou detectat per la presència de núvols a la imatge de la primavera (superior) i per confusions espectrals a la d'hivern (inferior) (ICC)

Incendi de Pineda de Mar. N.º 29

Afectà 30 ha i es produí el dia 1-8-84. La imatge de primavera presentava núvols sobre aquesta àrea i resultà, doncs, intractable. L'ús exclusiu de la imatge d'hivern no fou suficient per detectar-lo perquè hi havia confusions espectrals entre l'àrea urbanitzada, àrees agrícoles sense vegetació i àrees forestals degradades, confusions que no es varen poder solucionar per la manca de concreció geogràfica al comunicat oficial.

Incendi de Vilanova de l'Aguda. N.º 37

Afectà 10 ha de pi blanc i es produí l'1-8-84. La referència UTM present en el seu comunicat el situava a cavall d'altres termes municipals, i a més a més en un lloc on no existia aquest tipus de bosc. La seva extensió no gaire gran feia possible, que quedés camuflat per les ombres captades a la imatge de després de l'incendi. La manca d'informació geogràfica concreta sobre la seva localització,

ens determinà, finalment, considerar-lo com a no detectat.

Incendi de Pont de Suert. N.º 42

Afectà 15 ha de matolls i es produí el dia 23-4-84, o sigui, abans de l'enregistrament de les primeres imatges. La imatge d'hivern no es va poder usar perquè presentava massa problemes d'ombres. A la imatge de primavera es produïen confusions espectrals entre les àrees de pastures

	UTMX	UTMY	N.º escacs	ha
Àrea 1	422515	4609875	72	6,5
Àrea 2	423835	4609035	35	3,1
Àrea 3	425395	4609035	155	13,9
Àrea 4	425455	4604415	916	82,4

Taula 9: Característiques dels incendis detectats a l'àrea de Castellar del Vallès, mitjançant tractament digital

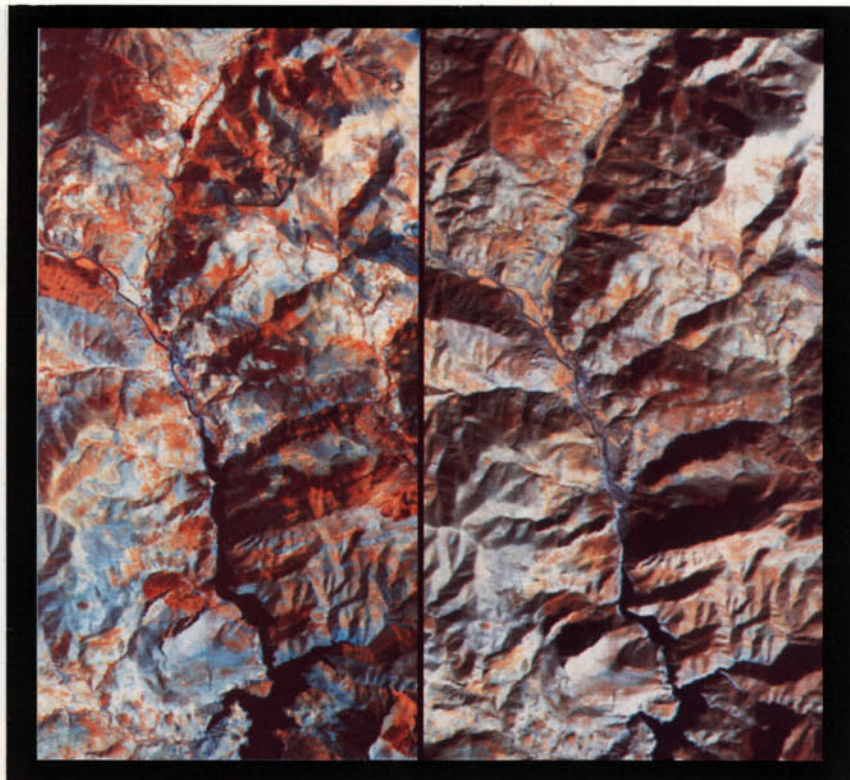
i de matolls secs i les possibles àrees cremades. Pel fet de tenir unes referències geogràfiques insuficients, fou considerat com a no detectat.

Incendi de Tremp. N.º 43

Afectà 20 ha de matolls i es produí el dia 19-9-84. Els motius que determinaren la seva consideració de no detectat foren, principalment, la manca d'una referència geogràfica concreta, i que afectà àrees rugoses de matolls que tenien problemes d'ombra a la imatge d'hivern, i també una resposta espectral equívoca.

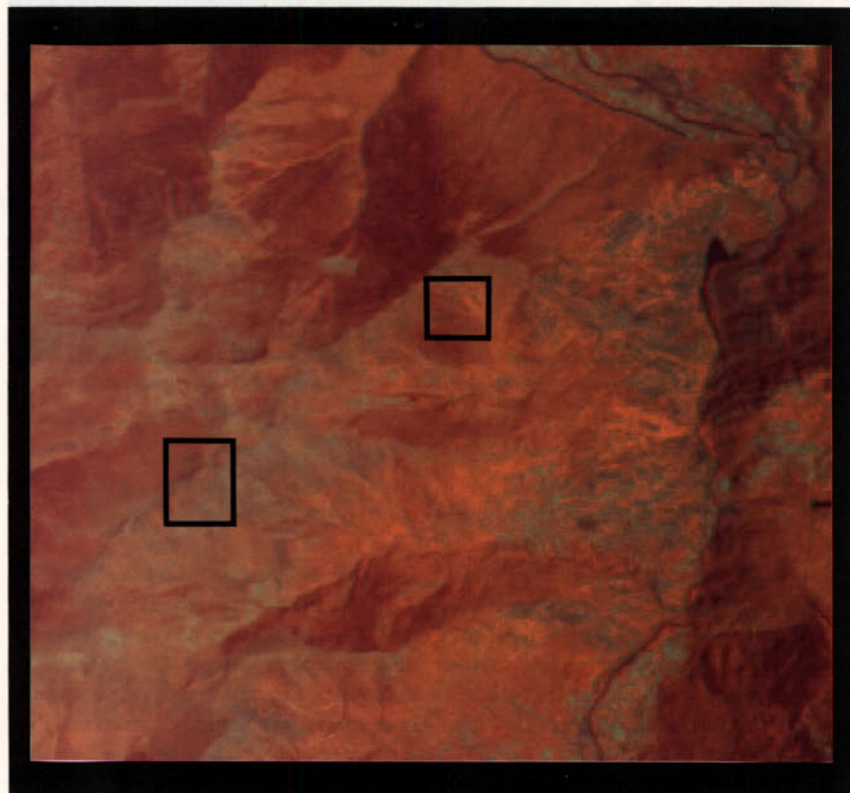
Incendi de Bausen. N.º 45

Afectà 30 ha de roures i freixes i es va produir el dia 20-4-84. La seva referència



Imatge 10: Imatge en fals color (canals 4, 5, i 7) corresponent a part del terme municipal de Pont de Suert, on es produí l'incendi n.º 42. L'incendi resultà indetectable a causa de confusions espectrals a la imatge de primavera (a l'esquerra) i per la presència d'ombres a la de l'hivern (a la dreta) (ICC)

Imatge 11: Imatge en fals color (canals 4, 5 i 7) corresponent a part del terme municipal de Bausen. S'han emmarcat les àrees on, segons dades oficials, tingué lloc l'incendi n.º 45. A la superior no se'n localitzà cap, i a la inferior s'observaren confusions espectrals entre camps nus i la possible àrea cremada (ICC)



UTM continguda al comunicat oficial el situava en una àrea clarament no cremada, i la seva referència geogràfica no resultà prou concreta. Al terme municipal de Canejan, just al seu costat, es detectà una àrea cremada, i ja que no es tenia cap comunicat que l'esmentés, ens féu sospitar que tal vegada hi havia un error en el seu comunicat.

Incendi de Vilademuls. N.º 46

Afectà 30 ha de bosc i es produí el dia 10-2-84. Aquest terme municipal quedà afectat per una coberta de núvols a les dues dates d'enregistrament multispectral. Resultà, doncs, intractable.

Incendi de Portbou. N.º 50

Afectà 15 ha de matolls i es produí el dia 26-7-84. No es va poder detectar perquè presentava el mateix problema de núvols que el cas anterior.

Incendi de les Piles. N.º 61

Afectà 6 ha de pi blanc i 12 ha de matolls i es produí el dia 25-8-84. Es van presentar moltes confusions espectrals amb àrees agrícoles sense coberta vegetal a la segona data d'enregistrament. La seva referència

Incendis de més de 1000 ha

	Terme municipal	Data	ha cremades					
			Segons dades de DGMR			Segons dades de satèl·lit		
			Bosc	Matolls	Total	Bosc	Matolls	Total
BARCELONA								
1 Maresme	Tordera	10-02-84	900	142	1 042	1 082,97	105,03	1 188,00
TARRAGONA								
2 Baix Camp	Vandellòs	15-09-84	560	3 690	4 250	437,3	3 366,2	3 803,58
					5 292			4 991,58

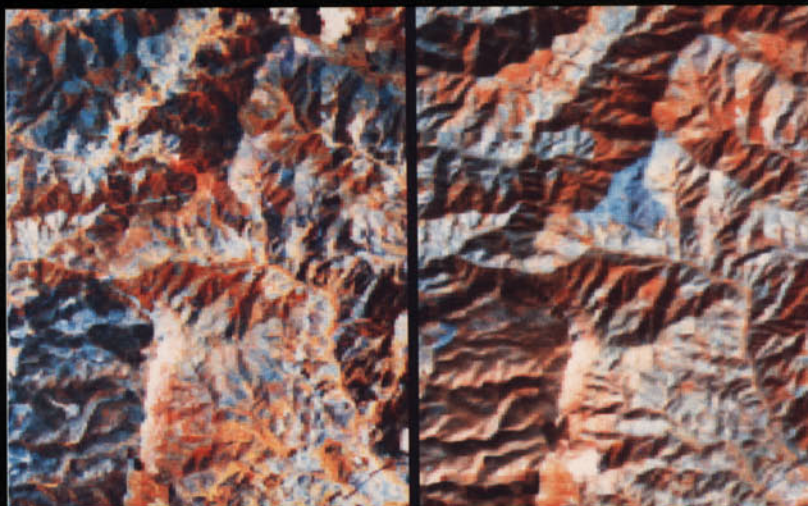
Incendis de 100 a 1000 ha

	Terme municipal	Data	ha cremades					
			Segons dades de DGMR			Segons dades de satèl·lit		
			Bosc	Matolls	Total	Bosc	Matolls	Total
BARCELONA								
3 Berguedà	Bagà	09-02-84	179	50	229	126,99	83,07	210,06
GIRONA								
4 Selva	Maçanet de la Selva	10-02-84	365		365	-és el mateix que el n.º 1-		
5 Alt Empordà	Cabanelles	09-03-84	167		167	181,26		181,26
LLEIDA								
6 Alt Urgell	la Vansa	08-03-84	100		100	52,65		52,65
TARRAGONA								
7 Alt Camp	la Riba	08-02-84	250	50	300			248,13
8 Baix Penedès	Montmell	09-03-84	40	190	230	45,18	144,45	189,63
9 Baix Ebre	Alfara de Carles	18-09-84	5	355	360	14,49	291,15	305,64
10 Baix Ebre	Alfara de Carles	19-09-84	84	216	300	44,19	230,58	274,77
11 Tarragonès	Tarragona	18-09-84	55	55	110	62,55	65,79	128,34
					2 161			1 590,48

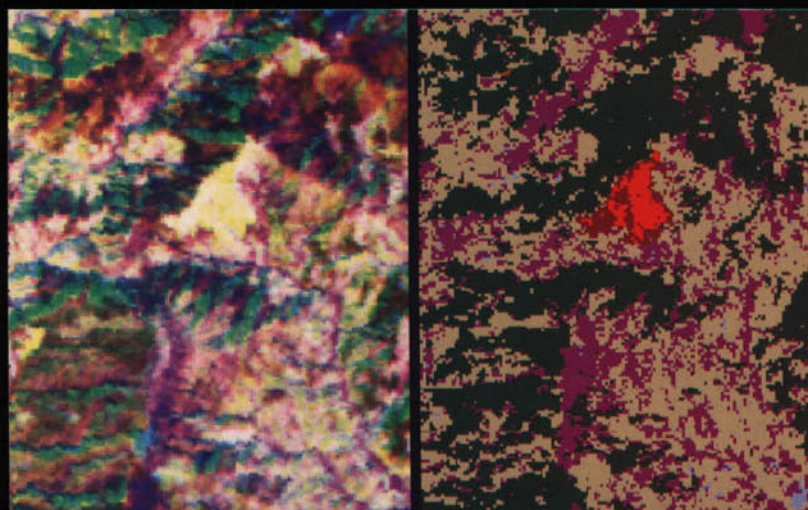
Incendis de 50 a 100 ha

	Terme municipal	Data	ha cremades					
			Segons dades de DGMR			Segons dades de satèl·lit		
			Bosc	Matolls	Total	Bosc	Matolls	Total
BARCELONA								
12 Vallès Occidental	Sabadell	23-09-84	80		80	68,04		68,04
LLEIDA								
13 Pallars Sobirà	Soriguera	05-01-84	65		65	63,90		63,90
14 Vall d'Aran	Naut Aran	20-04-84		64	64		-no localitzat-	
TARRAGONA								
15 Baix Penedès	la Bisbal del Penedès	10-03-84	15	35	50	24,30	29,97	54,27
16 Terra Alta	Horta de Sant Joan	23-07-84	78		78	82,44		82,44
17 Baix Camp	les Borges del Camp	01-08-84	50	10	60	79,11		79,11
18 Baix Camp	Duesaigües	11-08-84	40	10	50	24,66	31,59	56,25
19 Baix Camp	Vilanova d'Escorn.	26-08-84	40	10	50	27,18	6,12	33,30
20 Priorat	Torroja del Priorat	07-10-84	2	48	50		53,55	53,55
21 Tarragonès	el Morell	13-07-84		85	85		61,02	61,02
22 Montsià	Alcanar	18-09-84		90	90		58,68	58,68
23 Montsià	Ulldecona	04-10-84		50	50		70,02	70,02
24 Montsià	Ulldecona							62,55
					772			743,13

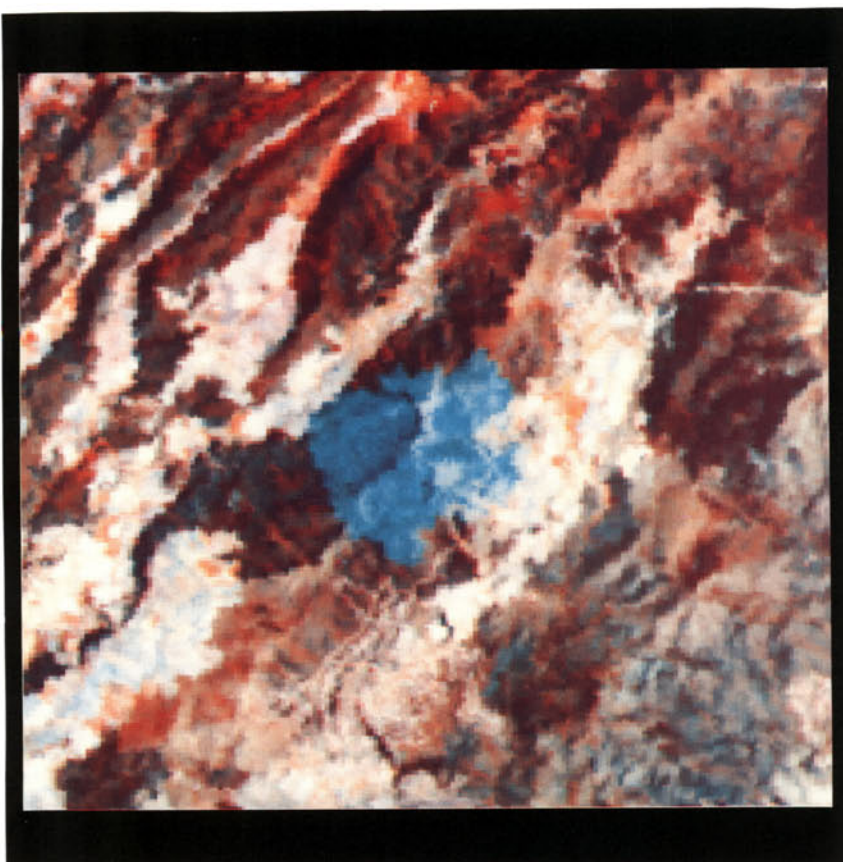
Imatge 12: Imatges en fals color (canals 4, 5 i 7) corresponents a part del terme municipal de Duesaigües on es produí l'incendi n° 18. La figura de l'esquerra s'obtingué amb dades de primavera d'abans de l'incendi, i la de la dreta, amb dades posteriors que el detectaren clarament en tonalitats blaves (ICC)



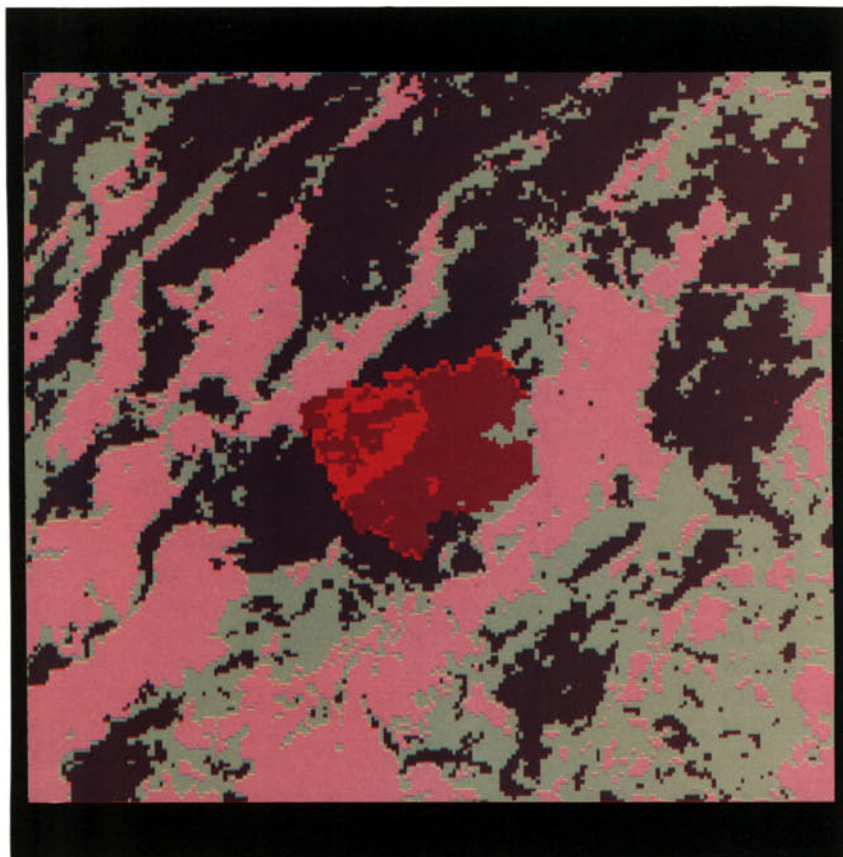
Imatge 13: Imatges corresponents al mateix incendi de la imatge 12. A l'esquerra es representa el fals color creat a partir dels canals 3/4 i 5/4 de la imatge d'hivern i del canal 4 de la d'abans de l'incendi. A la dreta s'indica el resultat de la classificació radiomètrica on es diferencien les àrees afectades de bosc i de matolls en granat i en vermell, respectivament (ICC)



Imatge 14: Imatge en fals color (canals 4, 5 i 7) corresponent a l'incendi n° 8 ocorregut al terme municipal de Montmell. L'extensió de l'àrea cremada es fàcilment observable en tonalitats blaves, al centre de la imatge (ICC)



Imatge 15: Resultat de la classificació radiomètrica de la imatge anterior. Les àrees afectades de bosc i de matolls han estat diferenciades en granat i en vermell, respectivament (ICC)



Incendis de 10 a 50 ha

				ha cremades					
				Segons dades de DGMR			Segons dades de satèl·lit		
		Terme municipal	Data	Bosc	Matolls	Total	Bosc	Matolls	Total
BARCELONA									
25	Ripollès	Sta. Maria de Besora	07-03-84			17			19,60
26	Vallès Occidental	Gallifa	08-03-83	30	10,5	40,5			44,19
27	Vallès Oriental	St. Quirze Safaja	22-04-84	26	10,5	36,5	26,01	14,76	40,77
28	Barcelonès	Badalona	20-07-84			18			17,55
29	Maresme	Pineda de Mar	01-08-84			30	—no localitzat—		
30	Vallès Occidental	Castellar del Vallès	02-08-84			30			13,50
31	Baix Llobregat	Pallejà	14-08-84			10			23,04
32	Anoia	Jorba	23-09-84			10	—junt amb el n.º 33—		
33	Anoia	Copons	23-09-84			25			35,37
34	Vallès Occidental	Castellar del Vallès	28-09-84			15			6,80
35	Vallès Occidental	Castellbisbal	26-09-84			10			11,43
LLEIDA									
36	Noguera	Artesa de Segre	20-08-84	22	12	34	10,71	11,97	22,68
37	Noguera	Vilanova de l'Aguda	01-08-84	10		10	—no localitzat—		
38	Alt Urgell	la Vansa i Fòrnols	17-04-84	30		30	26,19		26,19
39	Alt Urgell	Valls d'Aguilar	20-07-84	6	4	10			11,16
40	Pallars Sobirà	Llavorsí	03-09-84	20		20			13,95
41	Pallars Jussà	el Pont de Suert	07-03-84		20	20		16,20	16,20
42	Pallars Jussà	el Pont de Suert	23-04-84		15	15	—no localitzat—		
43	Pallars Jussà	Tremp	19-09-84		20	20	—no localitzat—		
44	Pallars Jussà	Tremp	18-04-84		25	25	12,69	19,98	32,67
45	Vall d'Aran	Bausen	20-04-84		30	30	—no localitzat—		
GIRONA									
46	Gironès	Vilademuls	10-02-84	30		30	—amb núvols—		
47	Baix Empordà	Sta. Cristina d'Aro	11-02-84	14,5		14,5	24,12		24,12
48	Garrotxa	Beuda	09-03-84	28	2	30			30,42
49	Baix Empordà	Castell d'Aro*	28-07-84	9	1	10	8,28	1,71	9,99
50	Alt Empordà	Portbou	26-07-84		15	15	—amb núvols—		
51	Alt Empordà	Roses	28-07-84		15	15	—junt amb el n.º 52—		
52	Alt Empordà	Roses	09-08-84		15	15		38,61	38,61
TARRAGONA									
53	Baix Ebre	Xerta	09-02-84	25	5	30	9,99	8,55	18,54
54	Tarragonès	Roda de Barà	29-03-84	16	6	22	19,08	5,4	24,48
55	Conca de Barberà	Sta. Perpètua de Gaià	23-03-84	15	25	40			72,99
56	Priorat	Ulldemolins	24-06-84	10	1	11			9,63
57	Priorat	Porrera	17-07-84	1	11	12			11,34
58	Conca de Barberà	Vimbodí	31-07-84	25	15	40			36,09
59	Baix Ebre	Tortosa	10-08-84	10		10	14,13		14,13
60	Baix Ebre	Duesaigües	11-08-84	3	15	18	—junt amb el n.º 18—		
61	Conca de Barberà	les Piles	25-08-84	6	12	18	—no localitzat—		
62	Montsià	Ulldecona	15-09-84	1	18	19	—junt amb el n.º 23—		
63	Alt Camp	Aiguamúrcia	16-09-84	6	6	12	17,46	3,69	21,15
64	Priorat	la Bisbal de Falset	24-09-84	13	4	17			23,04
65	Baix Camp	Maspujols	08-08-84		10	10	—junt amb el n.º 17—		
66	Montsià	Godall	18-09-84		12	12		13,23	13,23
67	Montsià	Amposta	24-09-84		15	15	—junt amb el n.º 68—		
68	Montsià	Amposta	07-10-84		10	10		28,98	28,98
						881,5			711,84

* Castell-Platja d'Aro

Taula 10: Resum de l'estudi dels incendis forestals de 1984. En primer lloc hi consten dades provinents dels comunicats d'incendis de la DGMR, seguides dels resultats originats amb el tractament digital de les dades captades pel sensor TM del satèl·lit LANDSAT-5. En aquesta relació només hi han els incendis produïts a Catalunya d'una grandària superior a 10 ha

geogràfica resultà insuficient per localitzar-lo clarament.

Com a resum d'aquesta discussió dels resultats podem dir que la majoria dels incendis han estat localitzats i s'han pogut diferenciar, dins de les superfícies forestals afectades, les àrees ocupades per bosc i per matolls.

Quant als incendis no detectats, o aquells en què, havent-ho estat, no s'ha arribat a diferenciar aquestes dues categories, els motius es poden resumir en aquests tres factors:

- referència UTM o geogràfica en els comunicats oficials incompleta o inexacta;
- coincidència espectral entre les àrees agrícoles sense vegetació, o les àrees de pastures o matolls secs, o per altra banda, emmascarament de l'incendi a causa de les ombres existents a la imatge d'hivern;

- presència de núvols sobre les àrees afectades.

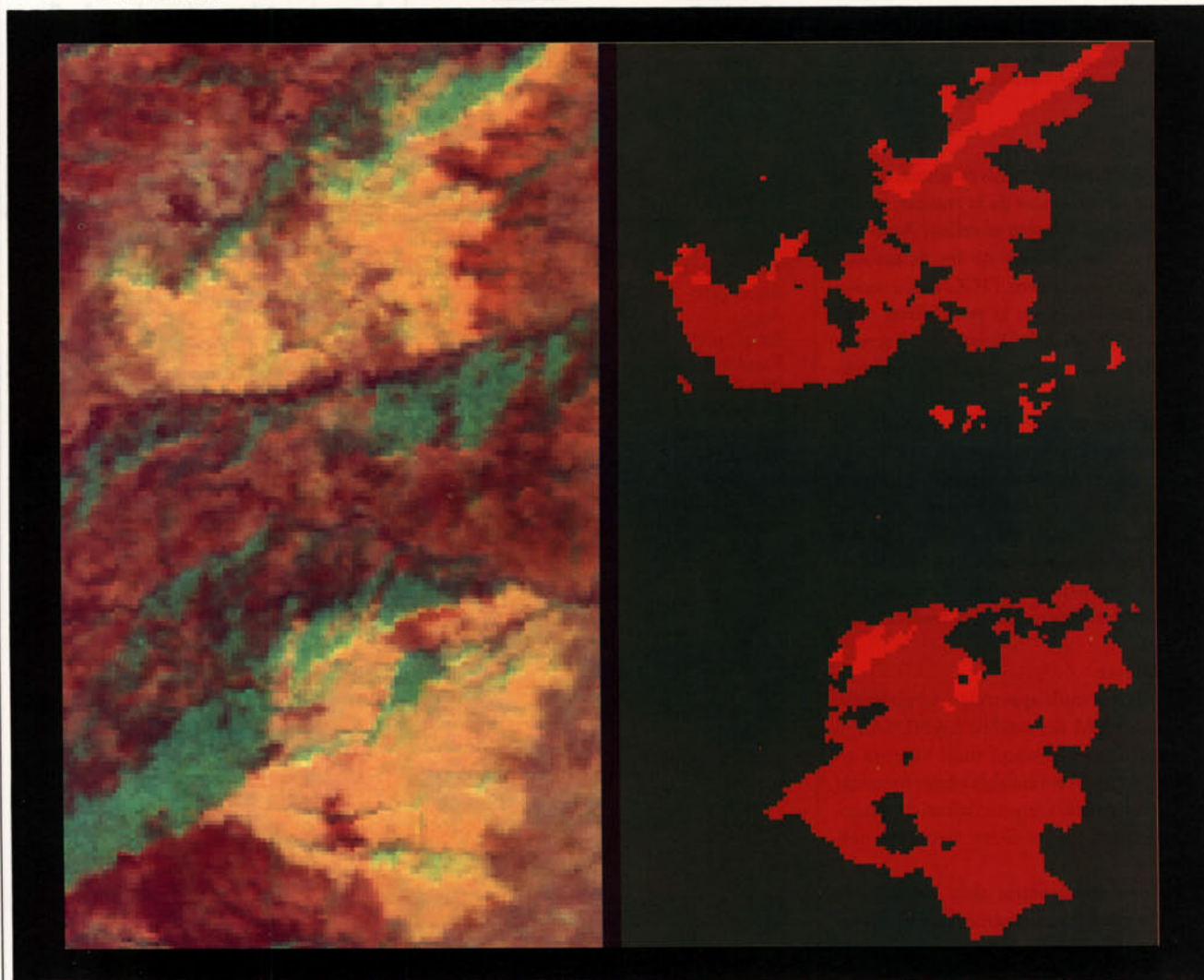
D'aquests tres factors, els dos darrers estan directament relacionats amb les dates d'enregistrament de les imatges. En aquest estudi concret, pel fet de treballar amb imatges d'hivern, era d'esperar que el segon factor hi actués d'una manera important, pertorbant el procés de classificació. Amb tot, aquest no és un problema de les tècniques o de la metodologia emprada, sinó que fins i tot amb el mateix procediment es podria solucionar, usant d'altres dates d'enregistrament de la informació multispectral. Especialment, un cop aconseguides les imatges corresponents a la primavera de 1984, es podrien fer d'altres estudis sense necessitat d'usar imatges d'hivern, les quals presenten aquest greu inconvenient de les ombres,

sinó usant només imatges de les noves primaveres dels anys vinents.

Referent al primer factor, és clar que, amb una referència geogràfica completa i amb unes referències UTM correctes, s'haurien estalviat moltes pèrdues de temps de localització dels incendis a les imatges multispectrals, i fins i tot, els incendis no detectats per problemes de coincidències espectrals s'haurien pogut detectar mitjançant el procediment de generació de *màscares*.

Un darrer punt que queda per comentar sobre els resultats obtinguts està en relació a la quantificació de les superfícies cremades. Cal fer notar que les extensions en hectàrees s'han deduït a partir del nombre d'*escacs* continguts als grups espectrals identificats com a categories cremades, i considerant la superfície aproximada d'un

Imatge 16: Incendis n° 9 i 10 produïts el mes de setembre de 1984 al terme municipal d'Alfara de Carles. La figura de l'esquerra correspon al fals color format pels canals 3/4 i 5/4 de la imatge posterior a les cremades, i pel canal 4 de la d'abans de l'incendi. La figura de la dreta es el resultat de la classificació radiomètrica, i en ella es representa en vermell la superfície cremada de matolls (ICC)



	Informació DGMR incendis estudiats	Segons tractament dades de satèl·lit	Informació DGMR sobre tots els incendis
BARCELONA			
Incendis de més de 1 000 ha	1 407,0	1 188,00	
de 100 a 1 000 ha	229,0	210,06	
de 50 a 100 ha	80,0	68,04	
de 10 a 50 ha	242,0	212,25	
Total	1 958,0 ha	1 678,35 ha	1 806,0 ha
GIRONA			
Incendis de més de 1 000 ha	—	—	
de 100 a 1 000 ha	167,0	181,26	
de 50 a 100 ha	—	—	
de 10 a 50 ha	129,5	103,14	
Total	296,5 ha	284,40 ha	754,0 ha
LLEIDA			
Incendis de més de 1 000 ha	—	—	
de 100 a 1 000 ha	100,0	52,65	
de 50 a 100 ha	129,0	63,90	
de 10 a 50 ha	214,0	122,85	
Total	443,0 ha	239,40 ha	616,0 ha
TARRAGONA			
Incendis de més de 1 000 ha	4 250,0	3 803,58	
de 100 a 1 000 ha	1 300,0	1 146,51	
de 50 a 100 ha	563,0	611,19	
de 10 a 50 ha	296,0	273,60	
Total	6 409,0 ha	5 834,88 ha	6 588,0 ha
TOTAL CATALUNYA	9 106,5 ha	8 037,03 ha	9 764,0 ha

Taula 11: Resum de les superfícies forestals afectades pels incendis de 1984. Es comparen les hectàrees detectades mitjançant el tractament de dades del sensor TM amb les considerades, per als mateixos incendis, per la Direcció General de Medi Rural. S'inclou també el total de la superfície afectada de Catalunya

una disminució. Concretament, els millors canals per registrar-los són els canals 3, 4, 5 i 7.

Les combinacions formades per les divisions C3/C4 i C5/C4 detecten amb tota claredat les àrees cremades. La combinació en el fals color originat per la representació dels canals 4, 5 i 7 en els colors vermell, verd i blau, respectivament, evidencia amb molt de detall el perímetre i l'extensió dels incendis.

La diferenciació entre les superfícies afectades de matolls i de bosc pot fer-se per tractament informàtic a partir d'un arxiu multitemporal construït per les quatre variables següents: C3/C4, C5/C4 provinents d'una imatge posterior a l'incendi, C4 i C5 provinents d'una altra imatge anterior a l'incendi.

L'ús d'imatges de finals de la tardor o de l'hivern no resulta gaire adequat pel fet d'haver-hi, principalment a les àrees forestals, extenses superfícies emmascarades per les ombres originades pel relleu i per la reduïda altura que té el sol sobre l'horitzó en aquestes èpoques de l'any. A més a més, molts espais de vegetació natu-

escac igual a 30 x 30m. Els resultats, doncs, són una aproximació de la realitat, car no s'ha tingut en compte el relleu. Amb tot, l'esmena que s'hauria de fer és un dels punts que actualment l'ICC està investigant, i consisteix en la possibilitat d'incorporar el Model Digital del Terreny (DTM) a aquest tipus de dades enregistrades des de satèl·lit.

Finalment s'ha de dir que, fins ara, no s'ha realitzat cap campanya de verificació dels resultats sobre el terreny. De totes maneres, les mateixes dades derivades dels comunicats oficials dels incendis poden considerar-se com una primera aproximació, car en teoria provenen d'estudis realitzats amb les metodologies tradicionals.

Conclusions

Les dades multispectrals enregistrades pel sensor TM del satèl·lit LANDSAT-5 aporten una informació molt valuosa en relació al coneixement dels espais forestals i, concretament, a la possibilitat de detectar i quantificar les àrees afectades pels incendis.

L'efecte radiomètric dels incendis es pot resumir com un augment de la reflectància en tots els canals del sensor TM, excepte en el canal 4, en el qual es produeix

Comarca	Incendis existents	Incendis detectats	Superfícies en ha
Alt Camp	2	2	269.28
Alt Empordà	4	4	219.87
Alt Urgell	3	3	90.00
Anoia	2	2	35.37
Baix Camp	6	6	3 496.59
Baix Ebre	5	5	860.58
Baix Empordà	2	2	34.33
Baix Llobregat	1	1	23.04
Baix Penedès	2	2	234.90
Barcelonès	1	1	15.48
Berguedà	1	1	210.06
Conca de Barberà	3	2	109.08
Garrotxa	1	1	30.42
Gironès	1	0	—
Maresme	2	1	866.97
Montsià	7	7	233.46
Noguera	2	1	22.68
Pallars Jussà	4	2	48.87
Pallars Sobirà	2	2	77.85
Priorat	4	4	97.56
Ribera d'Ebre	1	1	154.35
Ripollès	1	1	19.60
Selva	1	1	321.03
Tarragonès	3	3	213.84
Terra Alta	1	1	82.44
Vall d'Aran	2	0	—
Vallès Occidental	5	5	143.96
Vallès Oriental	2	2	42.84
TOTAL	71	63	7 963.23

Taula 12: Superfície comarcal afectada pels incendis forestals esdevinguts l'any 1984. Tant la superfície com el nombre d'incendis fan referència als que a les de la DGMR comprenien 10 o més ha

ral i agrícola es presenten secs o descoberts de vegetació, i donen una resposta espectral semblant a la dels espais forestals cremats. És preferible, doncs, usar imatges de primavera enregistrades en anys successius per realitzar els estudis amb una seqüència anual.

La detecció de diverses classes espectrals dins d'una mateixa àrea cremada fa suposar l'existència de correlacions entre el grau de destrossa produït i la seva conseqüència espectral, correlació que ens

queda per confirmar amb estudis de camp.

Havent aconseguit tota la coberta de Catalunya amb dades multispectrals de l'any 1984, els propers estudis que es volguessin realitzar en els anys vinents, es podrien efectuar d'una manera molt més directa pel fet de posseir ja una referència espectral i haver construït els diversos polinomis de transformació de les coordenades LANDSAT al sistema de coordenades UTM.

Igualment, a partir d'aquest moment, es poden contemplar estudis de seguiment

de fenòmens dinàmics actius als espais forestals com són els d'erosió i els de regeneració de les superfícies afectades pels incendis.

Romà Arbiol i Beltran

Llicenciat en Ciències Físiques i Informàtica

Joan Romeu i Ripoll

Llicenciat en Geografia

Oriol Viñas i Folch

Llicenciat en Biologia

BIBLIOGRAFIA

- H. C. HITCHCOCK i R. M. HOFFER, 1974: *Mapping a recent forest fire with ERTS-1 MSS data*. LARS Information Note 032674.
- A. HUDSON, 1980: *Télédétection des incendies de forêts en région méditerranéenne*. Les cahiers de l'OPiT, 3e. trimestre. ISSN 01 81-533.
- Ph. FOURNIER, G. SELLERON, 1980: *L'apport de la télédétection à la connaissance de la forêt*. Les

- cahiers de l'OPiT, 3e. trimestre. ISSN 01 81533.
- G. R. MINICK i W. A. SHAIN, 1981: *Comparison of satellite imagery and conventional aerial photography in evaluating a large forest fire*. Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium.
- S. TANAKA i H. KIMURA, 1983: *Preparation of a 1:25 000 Landsat map for assessment of burnt*

area on Etajima Island. Int. J. Remote Sensing, vol. 4, No. 1.

- A. HUDSON, 1983: *Télédétection des incendies de forêt en Corse entre 1973 et 1980*. Méditerranée. 1.2-1985.
- LUMBERING, G. SELLERON, G. SAINT i J. RIOM, 1983: *Use of Landsat data for multitemporal analysis of landes forest*. Adv. Space Res. Vol. 2, No. 8.

Líder Mundial en Cartografía Automática

Durante los últimos diez años, INTERGRAPH es el líder mundial con los sistemas más avanzados de gráficos interactivos en todas las aplicaciones de Cartografía Automática.

Con su potente estructura de base de datos, los sistemas de Cartografía INTERGRAPH le permiten construir unos mapas bases con la precisión exacta —mediante técnicas de restitución fotogramétrica, mapas anteriores u otras bases de datos existentes—, utilizando la tecnología más avanzada.

Los sistemas más sofisticados de gráficos interactivos y de bases de datos le permiten editar, presentar, manipular y analizar los datos para extraer la información que usted necesite.

Por todo esto, Ingenieros, Cartógrafos, Ayuntamientos y Compañías de Utilidades en todo el mundo han elegido los sistemas Cartográficos de INTERGRAPH.

Si piensa en Sistemas Gráficos, piense en INTERGRAPH.

INTERGRAPH

Si piensa en CAD/CAM, piense en INTERGRAPH

Pza. Carlos Trías Bertrán, 4-Planta 2ª-Of. 3-28020 Madrid
Tel. (91) 455 64 46. Telex 47013 ICG E

Avda. Diagonal, 427 Bis-429-08036 Barcelona
Tel. (93) 200 52 99. Telex 97137 ICG E

