

# ESTUDI DE LA SIMULACIÓ SPOT SOBRE CATALUNYA

La possibilitat d'usar imatges digitals captades des de satèl·lit per fer estudis sobre els usos del sòl ha estat àmpliament confirmada arreu del món. Actualment, l'Institut Cartogràfic de Catalunya acaba de publicar el mapa d'usos del sòl de Catalunya a escala 1:250.000, generat a partir d'informació multispectral i multitemporal enregistrada l'any 1981 pel sensor MSS del satèl·lit LANDSAT-2, on cada quadre del terreny d'un quilòmetre quadrat és representada segons l'ús predominant que ha estat detectat per tractament informàtic.

L'adequació de la informació enregistrada des de satèl·lits, de tota manera, és directament condicionada per la relació existent entre la resolució que ofereixen i les dimensions de les unitats d'estudi. Així, mentre els satèl·lits LANDSAT de la primera generació, amb una resolució aproximada de 80 m, han permès de realitzar estudis agrònomicos als EUA, el Canadà i l'URSS, principalment, no han resultat prou adequats per a aplicacions semblants en d'altres països on l'heterogeneïtat del terreny és molt acusada i on es dona una forta parcel·lació agrícola. Aquest és, precisament, el cas de Catalunya, on el 42,7% de les parcel·les agràries tenen una grandària de 1,5 ha i només el 10,5% superen aquesta superfície.

Això ha comportat que, en l'estudi abans esmentat, les extensions agrícoles només van ésser diferenciades en dues unitats, segons que fossin de secà o de regadiu, sense que hom pogués arribar a determinar la classe de cultiu que suportaven.

D'ençà l'any 1982 s'han obert noves perspectives amb el llançament del satèl·lit LANDSAT-4, el qual incorpora el sensor TM, que ofereix una resolució espacial de 30 m. Actualment, l'ICC està avaluant aquesta informació, i els primers resultats confirmen els seus avantatges sobre les imatges captades pel MSS, tot i que aquesta resolució no sembla ésser del tot suficient per poder diferenciar, per mitjà de tractament digital de dades, els conreus en camps inferiors a 150 m. de costat, molt nombrosos a Catalunya.

D'ací el gran interès del satèl·lit SPOT que ha d'ésser llançat a l'espai la primavera vinent, ja que la resolució espacial, que oferirà 20 m en multispectral i 10 m en pancromàtic, ha de possibilitar la detecció de la majoria dels camps i, per tant, la realització d'importantes aplicacions agrícoles que queden, de moment, fora de l'abast dels sensors MSS i TM, avui dia operacionals.

## Realització de la simulació SPOT i plantejament de l'estudi

Dins els marcs d'aplicació de la informació enregistrada des de satèl·lit que es realitza actualment a Catalunya, ben aviat es féu evident la necessitat de disposar d'imatges de simulació SPOT per tal d'avaluar i d'estudiar aquesta nova font d'informació, i a la vegada, per complementar el sistema de tractament que utilitzem, desenvolupat al Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Catalunya, amb nous programes, d'acord amb les característiques de les noves imatges.

Per tal d'obtenir aquestes imatges es concretaren dues operacions a diferent alçada per simular les dues resolucions que oferirà el satèl·lit SPOT, i es van situar dues àrees d'estudi que foren enregistrades el dia 4 de juny de 1983 (fig. 1).

La primera operació es va situar en el litoral de l'Empordà i el vol es va realitzar a 3.500 m d'alçada per simular la resolució de 10 m. L'àrea d'estudi comprèn una superfície aproximada de 23 km de llargada per 5 km d'amplada, i correspon al litoral entre Roses i l'Escala. És una àrea molt interessant ja que inclou la regió dels aiguamolls de l'Empordà, d'elevat interès ecològic, així com una àrea residencial important molt parcel·lada que pot ésser usada com a test respecte a la resolució oferta. La resta de la superfície és dedicada a conreus. A la vegada que es registrava la informació multispectral es va fotografiar amb pel·lícula d'infraroig en color, que va donar una sèrie de 13 fotogrames amb una superposició longitudinal del 60%, comprnent cadascun d'ells una superfície de 5 x 5 km, aproximadament.

El segon vol es va realitzar a una alçada de 7.000 m per simular la resolució de 20 m. Correspon a un corredor de 10 km d'amplada per uns 70 km de llargada que va des de Sant Feliu de Guíxols, al litoral, fins a Olot, en direcció SE-NW. Comprèn àrees molt interessants, com la regió volcànica i les fagedes d'Olot, les serres del Corb i de Finestres, la ciutat de Girona, amb diferents tipus de vegetació que van des de la típicament mediterrània fins als boscs caducifolis. També es fotografià l'àrea amb pel·lícula d'infraroig en color, comprnent 20 fotogrames d'un 60% de superposició longitudinal que abasten àrees de 10 x 10 km, aproximadament.

Per avaluar aquestes imatges hom determinà de fer, en primer lloc, una anàlisi de la informació original enregistrada, i seguidament, un estudi de classificació radiomètrica segons els usos del sòl presents. Per a aquesta segona etapa fou necessària una campanya de recollida de dades sobre el terreny que permetés de comparar els resultats del tractament digital i avaluar la qualitat de la informació original. Finalment, si els resultats ho permetien, es generaria un mapa d'usos del sòl a partir de la classificació radiomètrica d'aquestes dades de simulació SPOT.

## Estudi sobre el terreny

Hom va concertar la col·laboració de tècnics especialitzats en agronomia i en vegetació natural, i després d'un primer examen de les fotografies d'infraroig se seleccionaren les àrees a controlar. En el primer cas, l'estudi fou realitzat per enginyers agrònoms de Lleida, que recol·lant-se en llur coneixement van elegir, com a més representatives, les àrees dels fotogrames A-3 i A-10 (de la sèrie), enregistrades amb una resolució de 10 m, i les dels fotogrames B-3, B-7, B-10, B-13, B-15 i B-17 (de la sèrie B) de 20 m de resolució.

Cal fer notar que no fou possible de realitzar l'estudi de camp d'una manera simultània amb l'enregistrament digital, sinó mesos després; això obligà a fer una

enquesta directa als propietaris de les parcel·les elegides i a una anàlisi de restes vegetals. Aquest fet determinà, a la vegada, que no es poguessin esbrinar les causes de les tonalitats diferents en què apareixia un mateix conreu en les fotografies, ni que tampoc no es pogués informar de les característiques fenològiques dels cultius elegits que podrien haver explicat algunes de les coincidències i barreges espectrals observades en el procés de classificació.

Per a cada fotograma hom va identificar un conjunt aproximat de 50 parcel·les representatives dels usos agrícoles, i l'elecció es realitzà amb dues condicions: la majoria de les parcel·les havien de tenir més de 100 m de costat i, a més, havien d'aparèixer en una tonalitat homogènia en les fotografies d'infraroig, car les heterogeneïtats presents, pel temps transcorregut des del registre de la informació, no haurien pogut ésser explicades i només haurien perjudicat l'estudi.

Per facilitar la localització de les parcel·les en les sortides al camp, es van generar còpies, en blanc i negre sobre paper, de les fotografies seleccionades i s'ampliaren fins a unes dimensions de 50 x 50 cm. La identificació de cada parcel·la s'expressà amb símbols establerts prèviament i es dibuixaren sobre transparències.

L'estudi de la vegetació natural fou encomanat a un botànic de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona i es realitzà a partir de la informació continguda en el mapa d'escala 1:50 000 de vegetació de Catalunya, corresponent al full de Banyoles (IGN núm. 295). L'àrea continguda en aquest mapa registra una subscena de 25 x 10 km de la passada a 7 000 m d'alçada, concretament la recollida en els fotogrames B-11 i B-13. Hom emprà també com a font d'informació els mapes de *Cultivos y aprovechamientos* a escala: 1:50 000, editats pel Ministerio de Agricultura i tot plegat fou complementat amb diverses sortides de camp. La interpretació es realitzà fonamentalment a partir de les fotografies d'infraroig i es manifestà sobre transparències.

#### **Anàlisi de la informació original**

D'una primera anàlisi de les imatges d'infraroig i de les combinacions en fals color generades a partir de la informació multispectral, hom va obtenir una sèrie d'observacions que en definitiva van determinar les possibilitats i l'execució de l'estudi.

1. La resolució de 10 m permet d'individualitzar els camps i registra petites heterogeneïtats dins els conreus i àrees forestals, inobservables amb d'altres sensors. Es detecten les vies de comunicació i fins i tot petites edificacions aïllades. L'elevada resolució fa necessari l'ús de classificadors texturals per poder considerar com a una sola unitat la gran heterogeneïtat detectada dins determinades parcel·les, principalment les ocupades per arbres i vinyes.

2. La resolució de 20 m no sembla suficient per a registrar clarament els camps d'amplada inferior a 50 m, havent-hi en aquests casos una forta dependència de llur orientació respecte a la direcció de captació. (fig. 2).

3. Les imatges d'aquesta simulació no són radiomètricament homogènies, sinó que hom pot observar fàcilment un augment de lluminositat a la meitat orientada cap al nord en totes les escenes de la sèrie B (fig. 4).

4. Existeix una elevada distorsió geomètrica en els laterals de les superfícies enregistrades que no es pot corregir amb els tractaments normals. Això fa difícil la representació dels resultats sobre cartografia d'escala superior a 1:50 000.

5. A causa de la data de registre, al començament d'estiu, moltes cobertes de sòl apareixen en una mateixa tonalitat malgrat de correspondre a usos del sòl ben diferents. A més, determinats conreus són en fase de creixement, cosa que fa que la informació enregistrada no correspongui a l'espècie vegetal, sinó al terreny que la suporta.

Les tres darreres observacions podien tenir una gran influència en la planificació i en les possibilitats del projecte d'estudi, i hom intentà, en primer lloc, una correcció radiomètrica de les imatges. Per aconseguir-ho hom creà un programa específic que, a partir del càlcul del valor mitjà d'intensitat per a cada una de les columnes de la imatge, realitzava, en un segon pas, una compensació radiomètrica per a cada *pixel* de manera que totes les columnes adoptessin un valor mitjà semblant. Els resultats obtinguts, però, desaconsellaren l'intent de correcció radiomètrica, car, tot i que s'apreciava una millora notable en les imatges, aquesta només era zonal, o sigui, no era completa.

Un cop decidit l'ús de la informació original, hom realitzà un primer procés

de classificacions radiomètriques per esbrinar la separabilitat entre classes corresponents a usos diferents. Els resultats d'aquestes primeres classificacions van evidenciar la impossibilitat de tractar, com a unitats d'estudi, àrees de la grandària dels fotogrames, així com la de crear un arxiu comú de signatures espectrals per aplicar-lo a tota la superfície enregistrada. El principal motiu era la il·luminació diferent que determinava que classes separables en una zona es barrejessin en àrees veïnes i que una mateixa signatura caracteritzés usos molt diferents en funció de la lluminositat de l'àrea on eren.

Una altra conseqüència greu fou que, per raó d'aquest efecte, el nombre de parcel·les interpretades, que a l'origen del treball semblà prou representatiu i suficient per a recollir tota la varietat, resultà inadequat i escàs, car no quedaven recollides totes les variacions ocasionades pel diferent grau d'il·luminació. D'aquesta manera, per a cada imatge tractada, s'hagué d'usar el conjunt de parcel·les interpretades per tal d'assolir classificacions acceptables i fins i tot gairebé sempre resultà informació escassa. Així, doncs, fou impossible de conservar un cert nombre de parcel·les interpretades per a realitzar el control de les classificacions, i aquest es féu amb totes elles. A la vegada, es posà de manifest que en moltes àrees era del tot necessari partir d'una resolució de 10 m si hom volia diferenciar les espècies vegetals conreades en els camps d'amplades inferiors a 50 m. En cas contrari, amb una resolució de 20 m, el nombre de *pixels* impurs impedié de trobar una signatura específica i, a més, originaven confusions amb d'altres signatures.

Com a conseqüència d'aquesta primera avaluació, hom decidí de centrar l'estudi en les àrees corresponentes a tres fotogrames per a cada sèrie i no intentar la classificació de tot el territori enregistrat. A la vegada, cada imatge elegida hauria d'ésser considerada independent, segmentada en subimatges més homogènies, i cada subimatge hauria d'ésser tractada com a una unitat d'estudi.

#### **Tractament de les dades**

La informació digital del litoral ha estat pre-tractada abans de procedir a la classificació, de manera que, usant la resolució de 10 m del pancromàtic, hom ha pogut referir a aquesta mateixa reso-

lució de 10 m del pancromàtic, hom ha pogut referir a aquesta mateixa resolució la informació multispectral. La forta correlació entre els canals 1 i 2 i el pancromàtic ha permès d'obtenir la resolució de 10 m usant mètodes clàssics d'interpolació; hom ha considerat el valor del *pixel* en el canal 1 o 2 i els dels quatre *pixels* corresponents del canal pancromàtic. Pel canal 3 hom ha aconseguit la resolució de 10 m sense usar informació del pancromàtic, sinó només els valors radiomètrics dels setze *pixels* envoltant

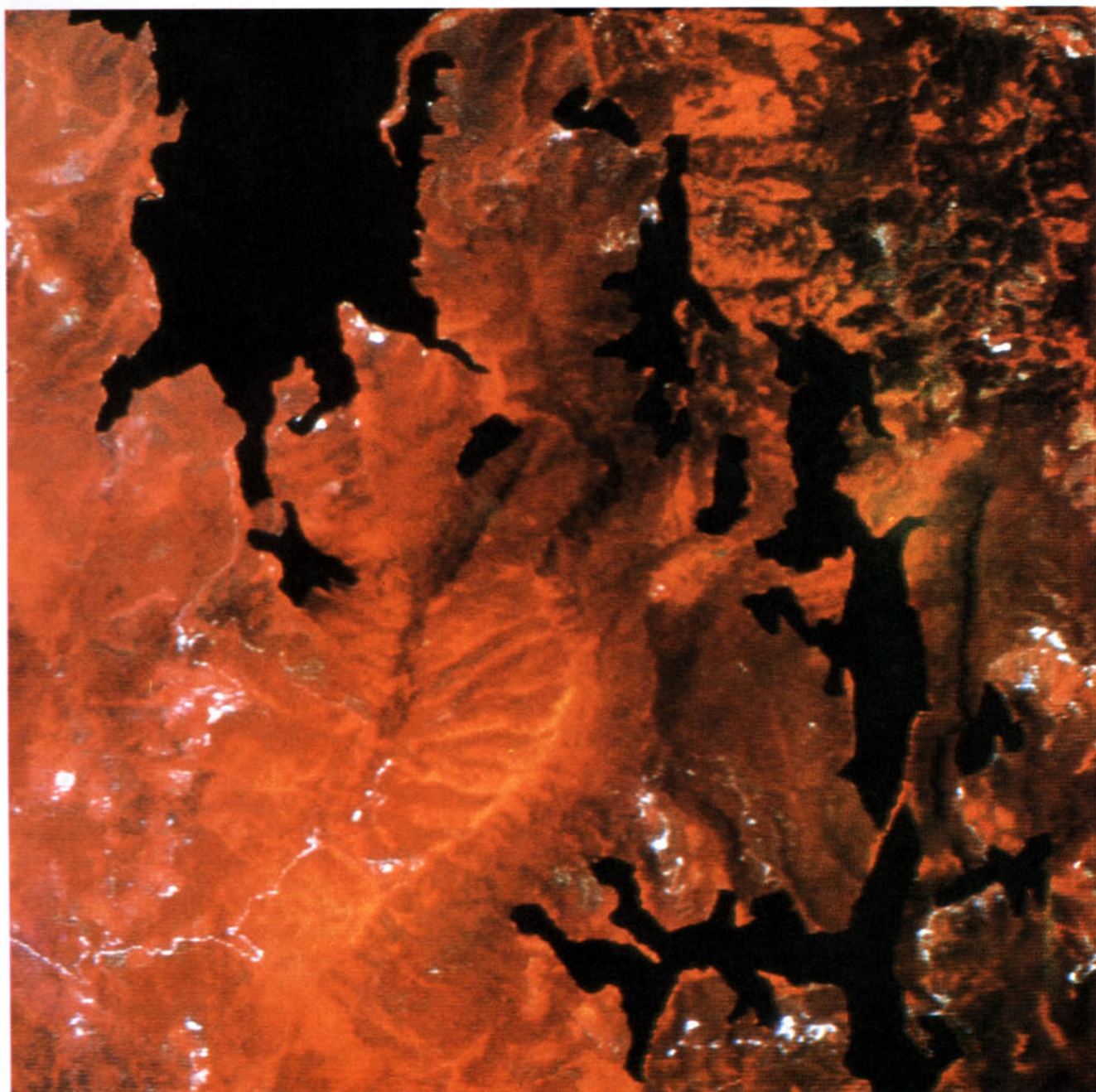
cadascun d'ells i emprant un mètode d'interpolació cúbica.

Un segon procés de pre-tractament realitzat en totes les imatges ha estat la generació de màscares, o sigui la seva segmentació en diverses subimatges més homogènies, en definitiva les unitats d'estudi. Aquest procés ha estat del tot necessari per a compensar, en part, la il·luminació diferent que determinava que les classes espectrals trobades perdessin gradualment significació.

D'altra banda, en no disposar d'infor-

mació multitemporal, la generació de les màscares ajudava a evitar confusions espectrals entre usos molt diferents, però d'un mateix estat fenològic o d'identica resposta espectral momentània en l'època en què foren registrades les imatges. El procés de generació de màscares ha estat fet de manera interactiva amb el sistema de representació, usant un programa que assigna a tots els *pixels* situats fora de l'àrea digitalitzada el valor d'intensitat zero, conservant però, els dels *pixels* localitzats dins les àrees encerclades;

Fig. 4: Representació de l'àrea forestal de la imatge FB-11 en fals color. Les superfícies negres corresponen a l'àrea agrícola que ha estat separada per constituir un arxiu independent de l'arxiu de boscos



hom generà així tants arxius independents com màscares considerades més una, la qual correspon a la resta de la imatge no continguda en cap màscara (fig. 4). D'aquesta manera, el procés de classificació ha pogut ésser fet d'una manera independent per a cadascuna de les màscares, minimitzant les confusions espectrals; un cop assolits els arxius classificats, han estat reunits en un de sol per a reconstruir la imatge de partida.

Generalment, en les imatges corresponents a la sèrie B, les màscares s'han fet coincidir amb les grans unitats presents en el terreny, això és, s'han diferenciat en arxius independents les zones agrícoles de les urbanes i dels espais coberts amb vegetació natural i boscs. En algun cas, però, ha calgut fer una segmentació longitudinal de l'escena. El procés de segmentació no resulta gaire idoni en la majoria dels casos, car hom només pot fer màscares d'àrees ben definides, denses i prou representatives, mentre que el problema de la il·luminació actua de manera gradual, la qual cosa ocasiona problemes de mosaic en les representacions finals de les escenes classificades.

Després de generar les màscares convenients, hom s'inicià el procés de classificació considerant-les per separat. En primer lloc, hom recercà les possibles signatures espectrals per mitjà de programes basats en la mínima distància euclidiana. Anàlisis successives de les característiques espectrals de les classes trobades, el càlcul de les desviacions i de les distàncies entre centres, així com l'estudi de llur representativitat per mitjà de visualitzacions del resultat de classificació, han determinat l'eliminació, la unió o la disgregació de determinades classes, així com la incorporació d'altres de trobades amb mètodes supervisats. Sovint la semblança espectral entre dues classes de cultius diferents ha determinat que, tot i que en algunes àrees arribessin a diferenciar-se, en d'altres, per causa de la lluminositat diferent, es confonguessin totalment, i això ha conduït a establir associacions de classes. Un cop assolit l'arxiu d'estadístiques definitiu hom ha procedit, finalment, a la classificació de la màscara usant programes basats en la màxima versemblança.

En alguns casos, l'arxiu d'estadístiques generat per una de les màscares ha pogut ésser utilitzat com a base per a classificar d'altres màscares, eliminant o



Fig. 5: Representació del resultat de la classificació de l'àrea agrícola de la imatge FA-3 (fig. 2). La relació entre els colors i els usos del sòl detectats s'indica en la taula 2

(Foto: ICC)

incorporant algunes classes espectrals; així i tot, però, s'ha donat el cas d'haver de canviar la signatura d'una mateixa classe, ja que una mateixa signatura podia representar dos usos diferents en dues màscares.

Un cop generats els arxius de classificació de cada màscara, ha estat realitzada l'assignació definitiva de cada classe espectral a l'ús de sòl o associació respectiva i finalment s'ha procedit a la reunió d'aquests arxius en un de sol per a regenerar l'àrea de partida corresponent al fotograma elegit.

### Control i discussió dels resultats

L'avaluació numèrica de la qualitat de les classificacions únicament ha estat feta per dues de les escenes elegides, car en les de la sèrie B, amb resolució de 20 m, hom no ha pogut diferenciar clarament els cultius. Per a les escenes A-3 i A-10, hom ha procedit, en primer lloc, a crear un arxiu a partir de la digitalització de les parcel·les interpretades, amb la qual cosa era emmagatzemat per a cada *pixel* con-

tingut en aquestes parcel·les l'ús del sòl que li corresponia. Seguidament, hom realitzà una comparació automàtica entre aquesta interpretació i l'assignació determinada per la classificació radiomètrica, i el resultat fou representat com a matriu de confusions. Aquesta matriu informà sobre el nombre de *pixels* que, interpretats com d'un ús de sòl determinat, foren classificats en les diferents classes o associacions espectrals; dóna idea, doncs, de la possibilitat de destriar els usos del sòl considerats, usant processos de classificació radiomètrica sobre dades unitemporals de simulació SPOT.

Per causa dels problemes ja exposats, per a classificar tota l'àrea enregistrada, l'estudi es va centrar en sis imatges de 512 x 512 *pixels*. De cadascuna de les sèries A i B, captades a 3 500 m i 7 000 m d'alçada, s'han escollit tres àrees (fig. 1) i s'han fet coincidir amb la superfície corresponent a un fotograma. Les de la sèrie A s'han transformat a la resolució de 10 m i representen àrees de 5 x 5 km, mentre que les de la sèrie B, de 20 m de

INSTRUMENTOS Y SISTEMAS  
PARA GEODESIA, TOPOGRAFIA,  
FOTOGRAMETRIA Y MEDICIONES  
INDUSTRIALES Y MILITARES



## INGEO SA

Gran Vía Corts Catalanes, 289  
E-08014 BARCELONA

### DELEGACION MADRID

INGEO SA  
Príncipe de Vergara, 112-3.º E.  
E-28002 MADRID  
Tel. 91/411 00 12 - Telex 48913 elin

Teléfono 93/431 50 00  
Telex 98828 igeo

### SERVICIO TECNICO

INGEO SA  
Miguel Yuste, 12  
E-28037 MADRID  
Tels. 91/204 89 07 - 204 40 70





## SISTEMA FUJI GSL

**Los beneficios de las prestaciones  
del revelado "Lith" y acceso rápido  
en un nuevo sistema.**

*Superior calidad con revelado super rápido !*

### Características del Sistema FUJI G S L

1. **Superior calidad de imagen.** El sistema FUJI GSL proporciona excelente calidad de imagen al nivel de los sistemas de procesado "Lith".
2. **Revelado de alta velocidad.** El sistema FUJI GSL procesa las películas en un tiempo standard de 30 segundos, sin pérdida de calidad.
3. **Fácil control del químico.** El revelador GSL produce excelentes resultados con gran estabilidad, sin necesidad de controles.
4. **Sistema "equipo abierto."** Pueden usarse indistintamente procesadoras de acceso rápido o "lith", sin necesidad de ninguna modificación.

### Componentes del Sistema FUJI G S L

|           |                        |          |                                                                |
|-----------|------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|
| PELICULAS | Fujilith Ortocromática | GO - 100 | Recomendada para línea y trama.                                |
|           | Fujilith Contactos     | KR - 100 | Recomendada para contactos, con luz de seguridad amarilla.     |
|           | Fujilith Duplicating   | DR - 100 | Recomendada para duplicados, con luz de seguridad amarilla.    |
| QUIMICOS  | Revelador              | GS - 1   | Revelador y regenerador concentrado para procesadora y cubeta. |
|           | Fijador                | GF - 1   | Fijador y regenerador concentrado para procesadora y cubeta.   |

Representante exclusivo para España:



Costa Rica, 11 • Tels. 458 82 50 · 458 83 50 • Madrid 28016  
Caspé, 118 y 120 4º 2ª • Tels. 231 85 12 · 231 84 01 • Barcelona 08013  
San Juan, 5 5º Cº • Tel. 437 69 69 • Baracaldo (Bilbao)

resolució, engloben una superfície de 10 x 10 km, aproximadament.

Seguidament, hom fa una descripció breu de les escenes escollides i del procés de tractament, així com una discussió dels resultats. Cada escena és identificada pel nom de la població més important que conté o per alguna característica geogràfica notable i pel número de la fotografia d'infraroig en color que coincideix amb la seva representació.

1) Empuriabrava (FA-3). L'examen directe de la fotografia d'infraroig en color (fig. 2) manifesta la presència de tres grans unitats: Una àrea urbana, una d'agrícola i una de vegetació natural.

L'àrea urbana correspon a la urbanització moderna d'Empuriabrava, on hi ha una parcel·lació elevada. Conté un gran nombre de canals d'aigua de 10 m i 20 m d'amplada, disposats de forma ordenada i que emmarquen cossos de dues fileres de cases unifamiliars separades per una carretera.

L'àrea agrícola té dos tipus de parcel·lació; un de molt regular amb camps de 50x300 m disposats de manera ordenada i situats al N d'Empuriabrava i entre les dues àrees urbanitzades, i l'altre, de camps irregulars de grandàries diverses que arriben fins a les 5 ha.

L'àrea de vegetació natural comprèn la superfície que voreja antics aiguamolls que avui dia s'estan reconvertint en àrees agrícoles. Són extensions en clar retrocés.

Després de transformar la resolució a 10 m hom procedí a la generació de dues màscares per construir tres arxius independents corresponents a les tres unitats anteriors. En l'arxiu de l'àrea agrícola s'han trobat 29 classes espectrals per a 12 cobertes presents, de les quals 9 pertanyen a usos agrícoles i vegetació natural, i les restants representen l'aigua, l'urbà i l'improductiu (sorres, carreteres i roques, principalment). L'estudi de l'agrícola diferencià 10 espècies vegetals en 45 parcel·les identificades en aquesta àrea, tal com s'indica en la taula 1.

D'aquests usos del sòl, les classes espectrals corresponents al blat de moro, gira-sol i melca farratgera foren indesitjables, car en aquesta època de l'any es troben en la fase de plàntula, en les primeres setmanes de creixement, i la resposta espectral correspon més al sòl que les suporta que no pas a les mateixes espècies. Com a conclusió d'aquest fet, les tres espècies han estat considerades

|                                  |
|----------------------------------|
| 7 parcel·les d'alfals            |
| 9 parcel·les de blat de moro     |
| 2 parcel·les de presseguers      |
| 5 parcel·les d'ordi              |
| 9 parcel·les de blat             |
| 4 parcel·les de gira-sol         |
| 2 parcel·les de faves            |
| 1 parcel·la de sorgo farratger   |
| 5 parcel·les de prades polífites |
| 1 parcel·la de platanars         |
| total: 45 parcel·les             |

Taula 1. Espècies vegetals identificades en l'estudi de camp de les parcel·les escollides de la imatge FA-3

com un sol grup com a associació denominada plàntula. Igualment, la resposta espectral de l'àrea de platanars situada a la riba de la Mugueta, en el terç superior del lateral esquerre de la figura 2, és idèntica a la de determinats camps d'alfals, i ha calgut considerar-los dins una mateixa associació. Finalment, la correspondència definitiva entre els usos del sòl presents i interpretats i els grups o associacions espectrals considerades ha estat establerta en la taula 2.

La figura 6 representa la màscara agrícola un cop classificada. S'hi reflecteixen les principals confusions entre determi-

nats usos del sòl i alguns grups i associacions espectrals. Així, per exemple, com a *plàntula* són classificades les bandes més humides de les sorres i els molls del port, a causa fonamentalment que la seva amplada és insuficient per a donar *pixels* purs, i la informació enregistrada és pertorbada per la dels voltants, principalment aigua. També són inclosos en aquesta associació alguns camins i carreteres i el marge sorrenc de la Muga. El grup *ordi* s'emporta també algunes àrees de blat i la majoria dels contorns dels camps, constituïts per *pixels* impurs. El grup o associació espectral corresponent a *fruiters* inclou, a la vegada, àrees de camps abandonats on creix vegetació natural, així com erms on hom ha construït alguna indústria. També incorpora àrees amb vegetals en plàntula i superfícies d'ordi esclarissat. En tots aquests casos la resposta espectral resulta idèntica a la dels fruiters situats al SW de la urbanització.

El grup *blat* identifica també algunes àrees d'ordi o d'altres tipus de cereals així com un gran nombre de parcel·les situades entre les dues àrees urbanitzades i localitzades vora l'abocament del canal, la major part d'elles abandonades. Dins l'associació *vegetació de ribera*, conjuntament amb les fileres de pollancres i d'altres arbres que segueixen el riu, apareixen algunes extensions cobertes de

| Classes reals                           | Grups espectrals      | Nº de grup | Color          |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------|----------------|
| Userda                                  | Alfals                | 9          | Vermell        |
| Platanars                               |                       |            |                |
| Blat de moro                            |                       |            |                |
| Gira-sol                                | Plàntula              | 15         | Gris fosc      |
| Sorgo farratger                         |                       |            |                |
| Ordi                                    | Ordi                  | 13         | Verd clar      |
| Presseguers                             | Fruiters              | 2          | Marró fosc     |
| Blat                                    | Blat                  | 10         | Verd blavós    |
| Faves                                   | Faves                 | 7          | Blau fosc      |
| Prades polífites amb userda             | Pr. políf. amb alfals | 4          | Marró fluix    |
| Urbà                                    | Urbà                  | 6          | Ocre fluix     |
| Improductiu (sorres, carreteres)        | Improductiu           | 16         | Gris metàl·lic |
| Aigua                                   | Aigua                 | 8          | Blau           |
| Vegetació de ribera                     | Vegetació de ribera   | 3          | Rosa           |
| <i>Presentes en les altres màscares</i> |                       |            |                |
| Prats halòfils                          | Prats halòfils        | 5          | Verd fosc      |
| Prats helofítics                        | Prats helofítics      | 12         | Granat         |
| Erms                                    | Erms                  | 14         | Morat          |

Taula 2. Correspondència definitiva entre els usos del sòl identificats en l'estudi de camp de la imatge FA-3 (fig. 2) i els grups espectrals constituïts

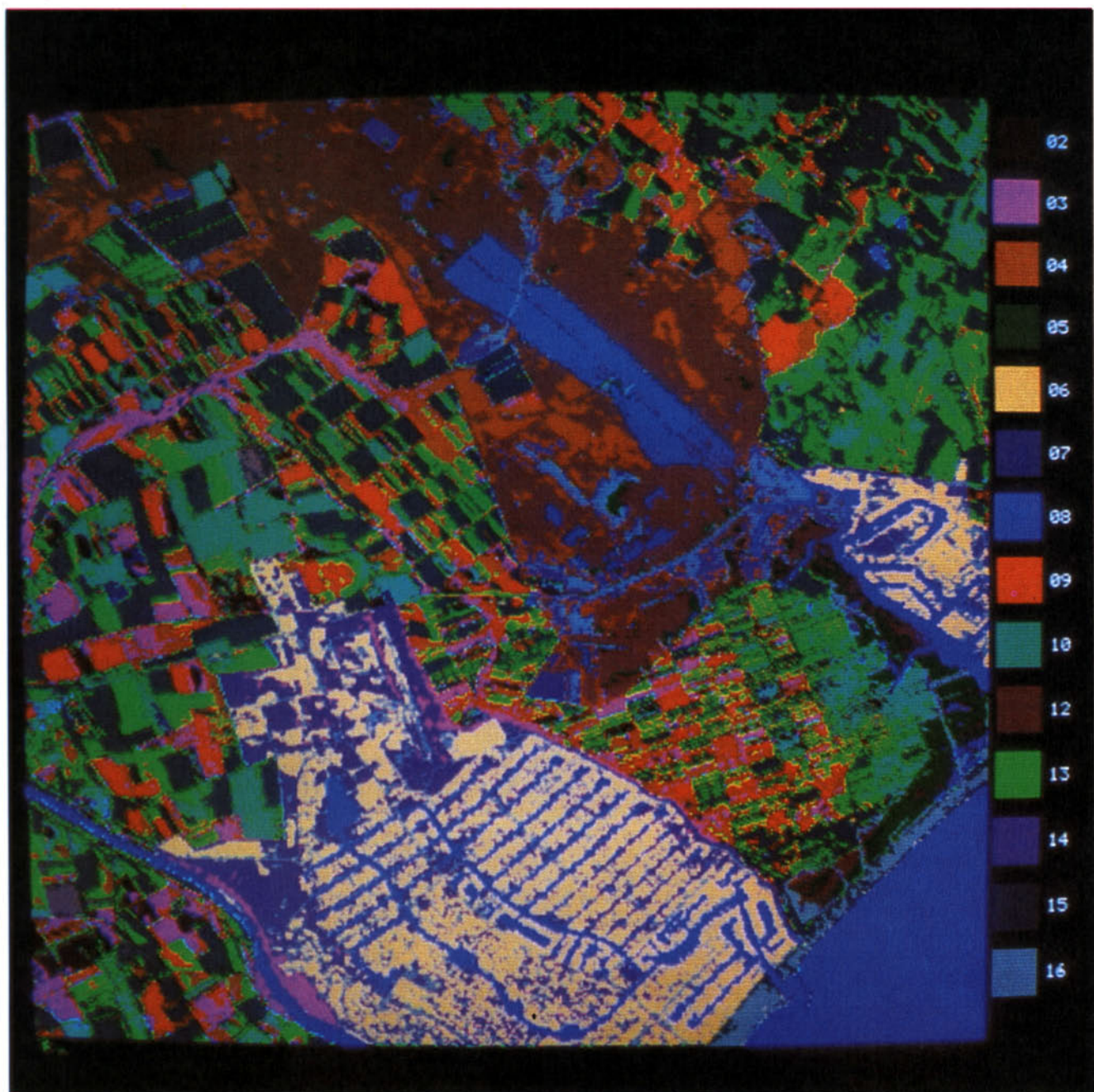


Fig. 6: Representació global de la imatge FA-3 (fig. 2), classificada. La correspondència entre els colors i els usos del sòl detectats es dona a la taula 2

(Foto: ICC)

prades polífites amb alfals i fins i tot d'altres de fruiters. Les àrees on aquestes prades no presenten tant d'alfals són, però, identificades com un grup a part.

El grup *urbà* recull només algunes edificacions i petits nuclis aïllats, car la urbanització és considerada en una màscara a part. Amb tot, aquestes àrees identificades només són parcialment incorporades en aquesta classe, i la resta apareix en el grup *improductiu* (sorres i camins) i en el grup *plàntula* (camps nus). El grup

*improductiu* abasta l'àrea més seca de les sorres de la platja i alguns *pixels* situats en zona d'ermes i urbana.

Un dels aspectes més notables d'aquesta imatge classificada és la pèrdua de definició que es dona en els camps situats entre les dues àrees urbanitzades. Tot i que camps de les mateixes característiques existeixen al nord de la urbanització i són ben individualitzats, els primers, a causa de l'orientació respecte al sentit de registre de la informació, apa-

reixen sense gaire definició, i el nombre de *pixels* impurs que determinen fan molt difícil l'ur classificació.

Per a la imatge A-3, la classificació dels arxius corresponents a les màscares d'urbà i de prats es féu a partir de l'arxiu d'estadístiques trobat per a la subscena agrícola. Per a l'àrea d'urbà, fou necessari d'eliminar onze classes espectrals, i per a la de prats, se n'eliminaren dotze. Amb tot, moltes de les classes conservades van canviar la identificació. Això

explica, per una banda, la impossibilitat de classificar tota la imatge com una unitat, i per l'altra, significa que la majoria de les classes espectrals no són característiques d'un ús del sòl concret, o que temporalment diferents cobertes presenten la mateixa resposta espectral.

Després de generar els tres arxius de classificació corresponents a les tres unitats, hom procedí a llur unió per a reconstruir l'escena entera classificada (fig. 6). Fonamentalment, els usos nous que apareixen i no són propis de l'àrea agrícola són els prats halòfils, els prats helofítics, l'urbà, les àrees ermes, les carreteres i l'aigua. Els prats halòfils són ben diferenciats a la franja litoral, entre les dues àrees urbanitzades, i els helofítics ocupen tota l'àrea d'aiguamolls, confonent-se, de vegades, amb les prades polífites amb alfals. L'àrea urbana és molt ben classificada i recull tota l'àrea edificada, encara que també incorpora algunes àrees d'erm que envolten construccions aïllades. És important de destacar que tres classes espectrals que en aquest arxiu corresponen a *urbà*, en l'arxiu agrícola pertanyien a l'associació *plàntula*, o sigui, que una exacta identificació de les àrees urbanes només ha estat possible en separar l'àrea urbana de l'agrícola. Les àrees ermes que envolten l'àrea urbana apareixen reunides en un grup propi que també incorpora petites superfícies situades entre les edificacions de la urbanització i que corresponen a jardins particulars, places i espais oberts, així com algunes rengleres d'arbres plantats a banda i banda dels carrers. Dins l'associació *improductiu* hom recull, a més de sorres seques, àrees ermes sense vegetació i els *pixels* pertanyents als carrers més amples de la urbanització, així com del camp d'aviació. El grup *aigua* identifica la mar, la Mugueta, l'àrea inundada i els canals de la urbanització, de manera més o menys completa segons llur amplada.

L'avaluació numèrica dels resultats es realitzà amb les 58 parcel·les i àrees interpretades sobre els 14 usos del sòl considerats. Hom comparà la identificació real dels *pixels* situats en aquestes àrees i l'obtinguda del procés de classificació. L'ajust mitjà és del 82,6%; aquesta fiabilitat en la identificació dels usos per mitjà de tractament informàtic va des d'un 54,5% per a la classe agrícola menys detectable (faves) fins a un 99,2%, que

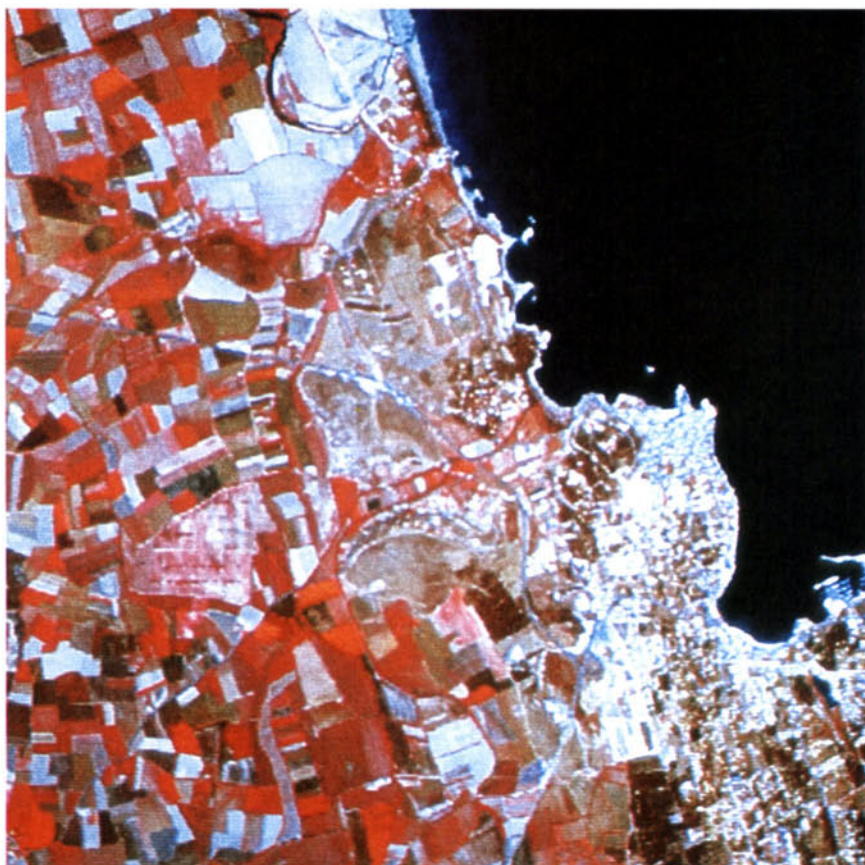


Fig. 7: Representació de la imatge FA-10 en fals color

(Foto: ICC)

correspon a l'aigua, i sobrepassen el 80% els grups de vegetació de ribera, de prades polífites, de prats halòfils, d'aigua, de prats helofítics, d'erms, de *plàntula*, d'improductiu i d'alfals. Les principals confusions espectrals es donen, per exemple, entre *ordi* i *blat*, i entre *fruiters* i *plàntula*.

Seguidament, hom féu un estudi sobre l'efecte que tenia en els resultats de la classificació la resolució inferior de 20 m. Per a realitzar-lo s'usà el mateix arxiu d'estadístiques generat a partir de la imatge amb resolució de 10 m, i amb ell fou classificada l'escena però mantenint la resolució de 20 m. La qualitat mitjana d'aquesta resolució fou del 77,9%, o sigui un 4,7% inferior a la de la resolució de 10 m.

Els grups més perjudicats en reduir la resolució són *vegetació de ribera*, *alfals* i *erm*. En el primer cas la pèrdua és en benefici dels grups *prades polífites amb alfals*, *alfals*, *ordi* i *erm*, la major part de les quals presenten cobertes amb vegetació amb una activitat clorofílica acusada i

que no són extensions gaire homogènies; o sigui són classes amb característiques semblants a les de la *vegetació de ribera*, fora de la més específica i que és, precisament, la que més influenciada pot ésser per un canvi de resolució, l'amplada.

El grup *alfals* perd en benefici del grup *polífites amb alfals*, el qual sembla beneficiat per *pixels* que, tot i ésser d'alfals, foren classificats com *vegetació de ribera* en la imatge amb resolució de 10 m. En definitiva, la pèrdua de resolució fa augmentar la confusió amb els usos que tot i ésser espectralment bastant semblants a l'alfals, tenen valors més baixos d'intensitat, principalment en el canal de l'infraroig, cosa que es podria explicar per l'augment de *pixels* impurs corresponents a la barreja entre *pixels* d'alfals i els de l'entorn. El tercer grup més perjudicat és l'*erm*, que beneficia els grups *fruiters*, *polífites* i *blat*. En aquest cas sembla que la pèrdua de resolució determina un augment d'homogeneïtat que causa la confusió amb les classes espectrals més properes.

Respecte als grups beneficiats per la pèrdua de resolució, es destaca sobretot l'urbà. El 13,6% de *pixels* que pertanyen a urbà es classificaven, amb resolució de 10 m, com *erm*, i corresponien, en realitat, a les àrees enjardinades de l'interior de la urbanització. En disminuir la resolució a 20 m, gairebé la meitat d'aquests *pixels* són incorporats a la classe *urbà*. En aquest cas, és evident que amb resolució de 10 m a causa de l'augment de detall, hom arriba a diferenciar les zones edificades dels espais oberts, que són classificats distintament, mentre que amb 20 m de resolució moltes vegades aquesta diferenciació no és possible. Hom observà també que més del 16% dels *pixels* d'urbà són classificats dins el grup *improductiu* i concretament corresponen a les carreteres.

Un fenomen de les imatges de la simulació SPOT és que, per efecte de l'elevada resolució, apareix qualsevol heterogeneïtat en les cobertes del sòl. Aquest fet pot arribar a ocasionar problemes en el procés de classificació, car dins una mateixa parcel·la es classifiquen alguns punts com pertanyents a diversos usos. Per tal de contrarestar aquest efecte hom ha aplicat un programa que filtra les imatges classificades, de manera que l'usuari defineix el nombre  $n$  de *pixels* veïns representatius, i el programa elimina els conjunts d' $n-1$  *pixels* diferents del seu entorn i els assigna al grup predominant que els envolta.

Han estat diverses les proves de filtratge, variant el nombre  $n$  de *pixels* veïns. Fent  $n = 3$  i comparant la imatge classificada, un cop filtrada, amb l'arxiu que conté les parcel·les interpretades, hom ha pogut comprovar que el procés de filtratge provoca una millora d'un 1,8% i tots els grups experimenten un benefici, principalment el de l'urbà. En aquest cas la millora es produeix per la pèrdua de *pixels* classificats com *erm* i com *improductiu*, o sigui, es perden les carreteres i les àrees enjardinades en benefici de la classe *urbà*; és, doncs, un benefici relatiu, condicionat per la llegenda de partida.

Aplicant un filtre de  $n = 4$ , hom observa encara una millora en la classificació que arriba a assolir un ajust del 85,4%. Novament, la millora més evident es dona en els grups *urbà* i *improductiu*; aquest últim resulta beneficiat sobretot pels *pixels* classificats com *erm* i que corresponen a llocs on es produeixen

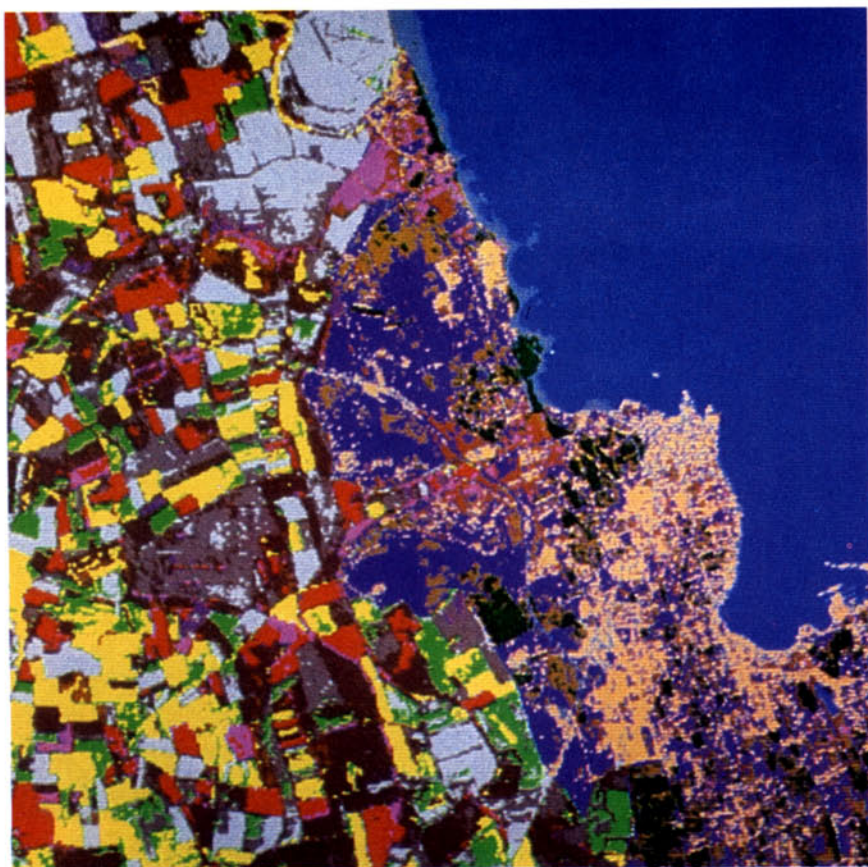


Fig. 8: Representació global de la imatge FA-10 (fig. 7) classificada en quinze grups diferents. La relació entre els colors i els usos representats es dona en la taula 4

petits enclavaments de vegetació natural en un entorn de sorres. De tota manera, si considerem els guanys relatius i no absoluts ocasionats pel filtre de tres *pixels* (taula 3), hom pot comprovar que els grups es comencen a estabilitzar, de forma que, si amb el primer filtre només sis grups experimentaven una millora inferior a l'1,5%, amb el filtre de quatre *pixels* són onze grups els que resten per sota d'aquest guany si hom considera a la vegada la millora provinent del filtre de tres *pixels*.

2) L'Escala (FA-10). És una imatge que té unes característiques molt semblants a la FA-3 (fig. 7). Igualment poden diferenciar-se tres grans unitats: urbana, de prats i agrícola.

L'àrea urbana correspon a la vila de l'Escala, on fàcilment es distingeix un nucli dens situat al nord i un altre tipus d'edificació, més gran, amb grans espais oberts i amb vegetació, que s'estén cap al sud.

L'àrea de prats ocupa, principalment, el litoral situat al NW de l'Escala i resulta una zona de transició entre l'àrea agrí-

cola i la urbana. Correspon a una antiga zona de conreus, avui dia abandonats, i coberta per vegetació natural i dispersa.

L'àrea agrícola es correspon amb la resta de l'escena i presenta grans superfícies dedicades a arbres fruiters, predominantment a pomeres i alguns pressegurs.

El primer procés consistí en la transformació a la resolució de 10 m i en la generació d'una màscara per a diferenciar l'àrea urbana i de prats de la resta agrícola, car hi havia confusions espectrals entre camps de conreu i l'àrea d'erms, així com amb el nucli urbà dens.

L'estudi sobre el terreny de l'àrea agrícola identificà 52 parcel·les de 14 espècies vegetals diferents. Espectralment es trobaren en aquesta àrea 35 classes que foren assignades als 8 grups espectrals o associacions que s'indiquen en la taula 4.

Com per a l'escena anterior, hom va haver de crear l'associació de *plàntula* per a referir els camps de blat de moro i gira-sol, ambdós amb un estat incipient del vegetal i espectralment indestruïbles.

|        | A<br>Sense filtre | F3<br>Filtre 3 | F3*<br>F3-A | F4<br>Filtre 4 | F4*<br>F4-A | F4*-F3* |
|--------|-------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|---------|
| 1      | ---               | ---            | ---         | ---            | ---         | ---     |
| 2      | 55.1              | 56.8           | 1.7         | 58.5           | 3.4         | 1.7     |
| 3      | 80.9              | 83.1           | 2.2         | 84.1           | 3.2         | 1.0     |
| 4      | 81.7              | 83.4           | 1.7         | 84.6           | 2.9         | 1.2     |
| 5      | 83.5              | 86.4           | 2.9         | 87.8           | 4.3         | 1.4     |
| 6      | 69.2              | 75.5           | 6.3         | 78.8           | 9.6         | 3.3     |
| 7      | 54.5              | 56.4           | 1.9         | 57.8           | 3.3         | 1.4     |
| 8      | 99.2              | 99.2           | 0           | 99.2           | 0           | 0       |
| 9      | 88.7              | 89.2           | 0.5         | 89.7           | 1.0         | 0.5     |
| 10     | 76.0              | 76.7           | 0.7         | 77.3           | 1.3         | 0.6     |
| 11     | ---               | ---            | ---         | ---            | ---         | ---     |
| 12     | 96.2              | 97.4           | 1.2         | 98.0           | 1.8         | 0.6     |
| 13     | 63.8              | 65.5           | 1.7         | 66.8           | 3.0         | 1.3     |
| 14     | 87.8              | 88.5           | 0.8         | 89.2           | 1.5         | 0.7     |
| 15     | 98.0              | 98.6           | 0.6         | 98.7           | 0.7         | 0.1     |
| 16     | 80.5              | 83.9           | 3.4         | 86.5           | 6.0         | 2.6     |
| Global | 82.6              | 84.4           | 1.8         | 85.4           | 2.8         | 1.0     |

Taula 3. Taula resum de les millores absolutes i relatives que determina l'ús de filtres sobre les imatges classificades. Els valors de les columnes 1, 2 i 4 es refereixen a l'encert de classificació de cada grup, expressat en tants per cent; a la columna 2, després d'aplicar un filtre de 3 píxels; a la columna 4, quan és de 4 píxels

| Classes reals                  | Grups espectrals    | Color      |
|--------------------------------|---------------------|------------|
| 1 Parcel·la de xops            | Vegetació de ribera | Rosa       |
| 11 Parcel·les d'usurda         | Alfals              | Vermell    |
| 2 Parcel·les d'erm             | Erm                 | Carmí      |
| 13 Parcel·les de pomeres       | Fruiters            | Granat     |
| 4 Parcel·les de presseguers    |                     |            |
| 4 Parcel·les d'ordi            | Ordi                | Verd fluix |
| 1 Parcel·la de civada          |                     |            |
| 1 Parcel·la d'usurda dallada   | Alfals dallat       | Rosa fosc  |
| 4 Parcel·les de gira-sol       | Plàntula            | Gris fluix |
| 2 Parcel·les de blat de moro   |                     |            |
| 1 Parcel·la de sorgo farratger | No considerat       | ---        |
| 4 Parcel·les de blat           | Blat                | Groc       |
| 1 Parcel·la de colza           |                     |            |
| 3 Parcel·les de faves          |                     |            |

#### Presentes en la subimatge d'urbà i prats

|                     |             |                |
|---------------------|-------------|----------------|
| Sorres i carreteres | Improductiu | Gris metàl·lic |
| Prats               | Prats       | Morat          |
| Aigua               | Aigua       | Blau           |
| Bosc                | Bosc        | Verd fosc      |
| Urbà                | Urbà        | Ocre fluix     |
| Matolls             | Matolls     | Ocre fort      |
| Horta               | Horta       | ---            |

Taula 4. Espècies vegetals identificades en les parcel·les agrícoles de la imatge FA-10 en l'estudi de camp. S'hi incorporen els usos del sòl trobats en l'altra màscara. El color és l'adoptat en les representacions de les imatges classificades

Els camps de faves, si bé contenen certes característiques espectrals pròpies, en general no es pogueren diferenciar del blat, per la qual cosa foren finalment reunits en la mateixa associació. A causa de l'escassa mostra de civada i de la seva resposta espectral poc específica, fou unida en l'associació *ordi*. Igualment es va fer amb la colza, però en aquest cas la seva signatura poc definida era molt semblant a la del blat i es reuniren en una mateixa associació. Les respostes del blat i de l'ordi, espectralment, presenten algunes confusions, però ha estat possible de considerar-los per separat, tot i que es barregen en àrees determinades.

Els problemes principals han estat en les respostes espectrals dels camps identificats com *fruiters*. En realitat, en moltes d'aquestes àrees els arbres són escassament desenvolupats i es presenten de forma dispersa, la qual cosa origina una resposta idèntica a la de l'erm. En d'altres casos, el problema de la il·luminació diferent arreu de l'escena ha determinat que en els casos en què es presentaven amb una coberta densa, de vegades hi hagués confusió espectral amb els camps de cereals localitzats a la part superior de la fotografia. Una altra causa de confusió ha estat que l'alternança entre les fileres d'arbres i el sòl nu originés un gran nombre de *pixels* impurs amb resposta espectral idèntica a la de *pixels* d'ordi amb males herbes i d'alfals dallat. Resumint, aquests camps posseeixen una resposta espectral molt heterogènia relacionada amb l'elevada resolució de la imatge, l'estat fenològic i la il·luminació especial de l'escena. En aquests casos sembla del tot necessari d'usar classificadors més intel·ligents, no merament puntuals, sinó texturals, o bé incorporant-hi d'alguna manera informació tretada de la fotointerpretació de les imatges en fals color o en infraroig.

L'espècie vegetal de la melcà farratgera no ha estat considerada per haver-hi només una parcel·la interpretada i per ser espectralment idèntica a l'ordi.

L'avaluació quantitativa de la classificació de l'àrea agrícola feta sobre el conjunt de parcel·les interpretades dona un ajust amb la veritat-terreny del 64,9%, les dificultats de separar alguns grups especialment es manifestaren en els problemes de classificar els fruiters i l'ordi.

Amb aquest arxiu de l'àrea agrícola hom féu, seguidament, una prova rela-

cionada amb l'elevada correlació que existeix entre els dos primers canals espectrals. Per això hom tornà a classificar l'escena usant només el canal 1 i el canal 3, utilitzant les classes espectrals trobades anteriorment i mantenint la seva identificació. La comparació del resultat de la classificació amb l'arxiu de parcel·les interpretades donà un ajust del 60,6%, o sigui, més d'un quatre per cent inferior que utilitzant els tres canals. El grup més perjudicat fou el de l'ordi que ja posseïa una certa dificultat de diferenciar-se dels fruiters i del blat. Cal vigilar, doncs, l'intent de reduir el nombre de canals espectrals per accelerar el temps de procés, car alguns usos, de vegades aquells més difícils d'identificar, poden ésser perjudicats encara que s'elimini un canal altament correlacionat amb algun d'altre.

La vila de l'Escala, juntament amb l'àrea de prats que l'envolta, s'ha classificat conjuntament i de manera independent de l'àrea agrícola. En aquesta subscena s'han trobat 20 classes espectrals, pertanyents a 8 usos del sòl interpretats. Com a usos que no es presentaven en l'àrea agrícola, s'han identificat les sorres, que incorporen parcialment les vies de comunicació, l'urbà, l'aigua, els boscs, els matolls, els prats i erms que envolten la vila i petits conreus d'horta.

Les quatre classes espectrals trobades per a definir el grup de l'urbà no arriben a identificar densitats diferents d'edificació tot i que realment, com a mínim, hi ha dues classes prou característiques: la d'urbà dens i la d'urbà dispers amb àrees obertes.

Dins l'àrea de prats, que inclou superfícies antigament conreades, hom ha pogut diferenciar el grup de matolls, que de vegades correspon a antics camps de vinya abandonats. També com a matolls es classifiquen espais al voltant dels boscs, on els arbres apareixen més dispersos, així com les superfícies arbrades de dins l'àrea urbana. La resta d'espais oberts de l'àrea urbana, jardins, places amb vegetació, es classifiquen dins l'associació espectral dels prats. Al NW de l'Escala, seguint un canal de reg, així com al voltant d'Empúries, l'altre nucli representat en aquesta imatge, hom ha identificat una sèrie de petites parcel·les dedicades a horta que no havien estat considerades en l'estudi del terreny i, per tant, no s'han tingut present en les matrius de comparació.

La unió de les dues màscares classificades per separat reconstrueix l'escena global (figura 8), en la qual, finalment queden destriats els 15 usos del sòl descrits a la taula 4. La comparació de la classificació de tota l'escena amb l'arxiu de l'estudi del terreny dona una coincidència del 68,1%, presentant-se tres grups amb menys d'un 50% d'ajust amb el terreny. Amb tot, es poden justificar senzillament aquests valors tan baixos, principalment per l'urbà, on el 28,9% i el 15,1% de *pixels* han estat classificats dins els grups de prats i de sorres i vies de comunicació. O sigui que espectralment s'han separat les edificacions de les carreteres i dels jardins, mentre que les dades del terreny ho consideraven tot com a urbà.

En els fruiters, apareixien un 40,8% dels *pixels* classificats com *erm*, problema ja exposat i que s'origina per l'elevada resolució de la imatge, i per l'escàs desenvolupament dels arbres.

Una altra confusió es dona en un 52,7% de *pixels* interpretats com matolls, però classificats com a prats. Realment, en la interpretació d'aquests dos usos del

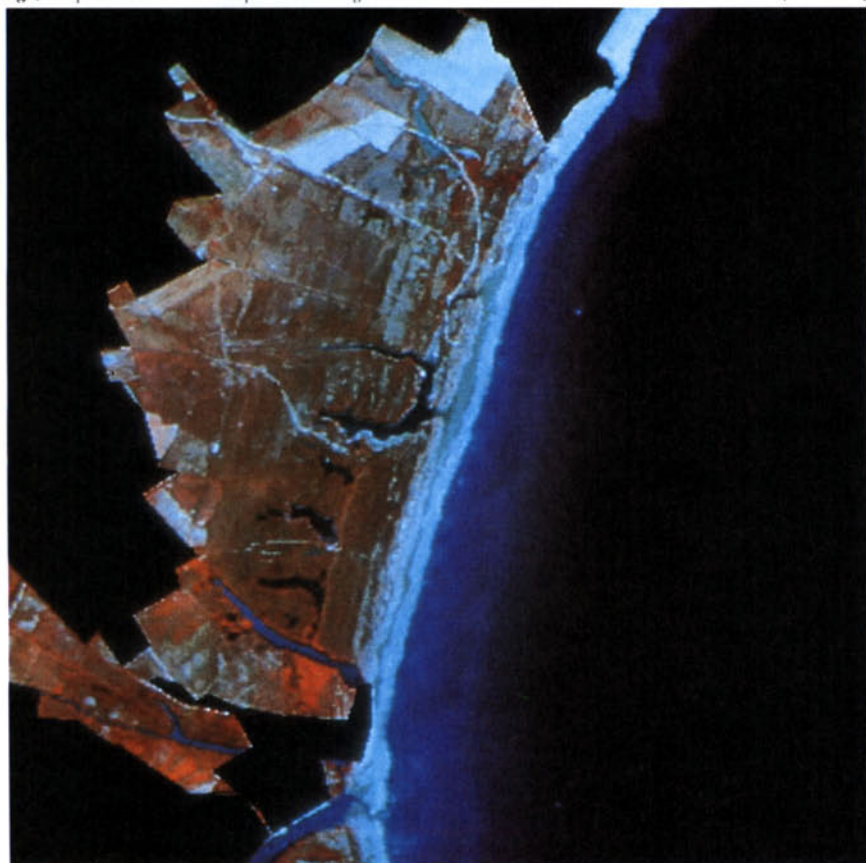
sòl hi ha un cert grau de subjectivitat que pot influir d'una manera molt notable en el procés de comparació.

El fet d'aplicar un filtre de 4 *pixels* suposà que globalment augmentà l'ajust amb el terreny en un 2,6%. La millora només fou experimentada, però, per alguns grups. Així, mentre els pollancre, l'urbà, els boscs i els erms milloraven en un 5% com a mínim, els grups restants no foren gairebé afectats. Per la millora experimentada en els grups de boscs i d'urbà, hom pot deduir que la influència del filtre resulta beneficiosa en homogeneïtzar la representació dels grups ben definits però que presenten heterogeneïtats petites (carrers, places, tallafocs, esclarissaments reduïts etc.) que són enregistrades per l'elevada resolució del sensor i que originen pertorbacions en el procés de classificació.

3) Aiguamolls de l'Empordà (FA-5). Correspon a la imatge que segueix a la FA-3 d'Empuriabrava. Conté l'àrea d'aiguamolls encerclada per una zona agrícola i la resta de la urbanització (fig. 9). El primer procés d'aquesta imatge consistí també en la segmentació en les tres uni-

Fig. 9: Representació de l'àrea de prats de la imatge FA-5 en fals color

(Foto: ICC)



tats citades, després d'aconseguir la resolució de 10 m per a generar tres arxius independents.

De partida, la classificació fou realitzada amb les classes espectrals trobades en l'escena FA-3, però, finalment, hom l'eliminà i n'incorporà algunes de noves. En la imatge global classificada (figura 10), hom diferencià 21 usos o cobertes diferents, dels quals 7 corresponen a la vegetació agrícola, 9 a la vegetació natural pròpia dels aiguamolls i la resta identifica l'aigua, l'urbà, les terres nues i sorres seques, l'erm, i les sorres humides. En la taula 5 hom descriu els usos identificats.

4) Imatges registrades amb resolució de 20 m. Després d'una anàlisi global del corredor enregistrat amb aquesta resolució, hom escollí les imatges corresponents a les fotografies B-11, B-13 i B-16 per representar una àrea molt interessant que recull diferents tipus de cobertes forestals, entre elles les fagedes de les serres del Corb i de Finestres, alzinars, rouredes, i suredes, i l'àrea volcànica d'Olot. D'altra banda, les tres escenes representen una gran superfície del mapa

de Banyoles d'escala 1:50 000, del qual hi ha editat un estudi de vegetació natural, i la possibilitat d'editar un nou mapa a partir de la informació multispectral classificada fou considerada molt interessant per a obtenir una base de comparació entre mètodes de treball diferents.

L'estudi d'aquestes imatges ha tingut moltes dificultats per la gran pertorbació que suposà, en el procés de classificació, l'efecte de la il·luminació diferent. En totes les àrees d'aquest corredor, aquest fenomen ha originat problemes greus de confusió espectral entre usos del sòl diversos. Si bé la possibilitat de generar màscares independents pot solucionar, en part, aquesta dificultat, hom no considerarà oportú de crear-ne gaire, car la pertorbació actua gradualment mentre que les màscares donen àrees concretes de manera que, en realitzar el mosaic per reconstruir l'escena de partida, apareixerien discontinuïtats clares entre àrees tractades independentment.

La principal confusió entre zones agrícoles i forestals ha estat, en part, solucionada quan aquestes dues unitats s'han pogut separar en màscares independents,

però en el cas en què no hi havia límits concrets, la segmentació de la imatge s'ha realitzat en sentit longitudinal; aquest ha estat el cas de l'escena FB-13.

L'ús agrícola de les tres escenes és molt semblant i en total se n'interpreten 16 de diferents, encara que alguns d'ells són variants d'estat. Així, per exemple, hom diferencià l'alfals de l'alfals dallat i de l'alfals amb males herbes, i les prades polífites es diferenciaren en dues classes segons la presència o no d'alfals.

En el procés de classificació, ja de partida, hom va deixar de tenir en consideració alguna de les espècies interpretades, a causa de la poca representativitat que tenien en la superfície global enregistrada. Els diferents cereals no es pogueren mantenir en classes espectrals específiques en classificar tota una escena; tot i que en petites àrees es podien diferenciar; les greus confusions que apareixien en ampliar l'àrea d'estudi, motivades per la il·luminació diferent, condicionaren llur associació. Una altra causa a afegir és la diversitat d'estats fenològics en què es troben els conreus, la qual cosa origina famílies de respostes espectrals que considerades de forma conjunta són indesitjables.

Un tercer factor que cal tenir present és la mateixa resolució de 20 m, inadequada per als camps de menys de 100 m de costat, que són molt abundants en aquestes imatges.

Com a conseqüència d'aquests tres factors, espectralment fou necessari d'agrupar la majoria dels camps i diferenciar únicament les superfícies amb espècies crecudes (blat, ordi, civada) de les que suporten espècies que estan en les primeres fases de desenvolupament (blat de moro, gira-sol, melca); a part, hom ha identificat els camps d'alfals.

Les pastures han estat un ús del sòl molt perjudicat per efecte de la il·luminació diferent; han estat mantingudes com un grup perquè identificaven molt exactament alguns espais reservats a aquest ús, tot i que en algunes àrees presentaven greus confusions amb els boscos mixtos i amb la vegetació de ribera i, fins i tot, amb els cereals.

Les àrees urbanes i les edificacions aïllades són ben enregistrades amb aquesta resolució de 20 m. Els problemes apareixen, però, en el procés de classificació automàtica quan la majoria dels pixels d'urbà són classificats dins altres

Fig. 10: Representació de la imatge FA-5 classificada. Els colors identifiquen els usos del sòl indicats a la taula 5



usos, principalment *terres nues, camps amb vegetació poc desenvolupada, afloraments rocosos, sorres* etc. Quan l'àrea urbana és prou densa, aquestes confusions es poden solucionar emmascarant-les en arxius independents. Amb tot, aquesta solució no és aplicable en les àrees poc denses o quan l'hàbitat és dispers, sobretot, quan l'entorn és dedicat a conreu, la qual cosa és la més usual.

Així, en les imatges estudiades, el resultat de la classificació de l'*urbà* ha estat molt divers. Mentre que en la imatge FB-16 hom ha pogut fer una màscara d'*urbà* i diferenciar-lo clarament, car els tres nuclis principals (Olot, Sant Joan les Fonts i Castellfollit de la Roca) són prou densos i definits, en les altres dues imatges ha estat impossible, per tal com incorporen petits nuclis urbans poc definits i dispersos. En aquests casos hom ha conservat alguna classe espectral d'*urbà* que representa molt parcialment els nuclis habitats, mentre que la majoria de *pixels* urbans són englobats en d'altres classes espectrals.

La classificació de les àrees forestals ha estat molt perjudicada pel gradient de llum. Concretament, en les grans extensions de boscs de transició entre els de fulla caduca i perenne, aquest fenomen

ha determinat confusions inesperades, engrandint lateralment aquestes àrees o ocasionant coincidències espectrals amb cobertes pures presents a certa distància. La interessant àrea de les fagedes (*Fagus sylvatica*) de l'àrea d'Olot, a causa d'aquesta pertorbació, no ha pogut ésser diferenciada en un grup específic car, tot i que posseeix una resposta espectral bastant característica, es confon amb la de les suredes i rouredes localitzades a certa distància. Globalment, l'àrea forestal s'ha diferenciat en tres associacions espectrals segons correspongués a superfícies ocupades per arbres de *fulla caduca* (fagedes, rouredes, castanyedes), per arbres de *fulla persistent* (pinedes, alzinars), o per associacions d'ambdues classes, o sigui, per *boscs de transició* entre les àrees més mediterrànies i les euro-siberianes. En la imatge FB-16 s'ha diferenciat com a grup a part una àrea ocupada quasi exclusivament per *pi roig* (*Pinus sylvestris*). A la taula 6 s'indiquen els usos del sòl detectats en les tres imatges estudiades del corredor interior.

Com a exemple de la classificació d'aquestes àrees incorporem la de la figura 3, que correspon a la imatge de la serra de Finestres, FB-13. La segmentació en màscares s'ha hagut de realitzar en

sentit longitudinal car els límits entre àrees forestals i agrícoles no són gaire concrets. En la taula 7, només s'han diferenciat 9 associacions espectrals, algunes representant algun ús del sòl molt concret. En la figura 11 pot observar-se la representació global de l'àrea classificada.

Els *boscs de fulla perenne* han estat diferenciats en un mateix grup. Principalment es tracta d'alzinars en la major part de l'escena, excepte el lateral superior esquerre, on predominen les pinedes. En aquesta darrera àrea han estat incorporades, però, algunes masses de bosc mixt amb rouredes, que espectralment coincideix amb alzinars afectats per una il·luminació més intensa. La banda central de l'escena ha estat classificada com bosc mixt. Realment hi predominen boscs perenns i caducs, però també és cert que d'altres àrees on també es donen aquestes associacions no queden representades en aquest grup, per efecte de la il·luminació diferent a què són exposades. El bosc caduc ha estat diferenciat en gran part com un grup diferent. Principalment representa fagedes i rouredes, però també incorpora bandes estretes de boscs de ribera que segueixen els principals corrents d'aigua. Algunes àrees pertanyents clarament a aquest grup han estat, però, considerades com alfals, car representaven una resposta espectral idèntica.

Els camps agrícoles amb vegetació madura, principalment de cereals, han quedat incorporats en una mateixa associació, sense possibilitats de destriar les espècies principals per raó de la gran varietat amb què es presentaven i del problema de la il·luminació diferent. També han quedat incorporades algunes àrees de pastures i de boscs erosionats.

Els conreus en les primeres etapes de creixement s'han representat conjuntament en un sol grup. A la vegada s'han incorporat la majoria de *pixels* pertanyents a l'*urbà*, principalment del nucli de Santa Pau, on les edificacions són bastant disperses i envoltades de camps i, per tant, impossibles de reunir en una màscara a part. Amb tot, s'ha mantingut una classe espectral d'*urbà* que recull, encara que molt parcialment, les àrees més denses.

També com a grup diferenciat s'han considerat àrees de bosc molt alterades per l'home, situades principalment a l'est de Mieres. Són zones d'urbanització recent i forta alteració, de manera que arriben a produir-s'hi *afloraments rocosos*.

#### Grups espectrals

#### Color

|                                                       |                |
|-------------------------------------------------------|----------------|
| 2 Prat halòfil amb jull de platja                     | Marró fosc     |
| 3 Jull de platja amb salicornars                      | Rosa           |
| 4 Prat halòfil amb jull de platja en camps abandonats | Marró fluix    |
| 5 Jonquera halòfila                                   | Verd fosc      |
| 6 Prat halòfil amb Obione                             | Ocre fluix     |
| 7 Aigua                                               | Blau fosc      |
| 8 Blat                                                | Blau           |
| 9 Canyissars                                          | Vermell        |
| 10 Sorres humides                                     | Verd-blavós    |
| 11 Fruïters                                           | Carmí          |
| 12 Jull de platja                                     | Granat         |
| 13 Prats halòfils amb joncs                           | Verd fluix     |
| 14 Erm                                                | Morat          |
| 15 Sorres seques i camps nus                          | Gris fosc      |
| 16 Urbà                                               | Gris metàl·lic |
| 17 Faves                                              | Blau fluix     |
| 18 Cereals                                            | Ocre fort      |
| 19 Alfals dallat                                      | Rosa fosc      |
| 20 Plàntula                                           | Gris fluix     |
| 21 Joncs amb jull de platja                           | Gris           |
| 22 Alfals i prades polífites amb alfals               | Groc           |

Taula 5. Usos del sòl diferenciats en la imatge FA-5 per classificació radiomètrica i correspondència amb el color en què es representen en la figura 10

La darrera associació espectral considerada correspon amb notable exactitud als *prats i pastures*. De tota manera, incorpora d'altres usos del sòl molt variats, però coincidents pel que fa a la resposta espectral. Així, certs camps de conreus, molts d'ells abandonats i àrees de bosc caducifoli esclarissat, principalment, així com vegetació de ribera.

### Conclusions generals

Totes les imatges d'aquesta simulació SPOT, principalment les que corresponen al corredor enregistrar a 7 000 m d'altitud, presenten un problema d'il·luminació, ja que de manera gradual s'intensifica en sentit S-N la llum reflectida. Aquest fenomen ha perjudicat notablement l'intent de classificació radiomètrica i, en general, l'avaluació d'aquestes dades. El motiu bàsic ha estat la confusió espectral constant entre classes pertanyents a usos del sòl diversos, depenent de la seva localització a l'escena, així com

la pèrdua de definició de les classes espectrals en el mateix sentit que el de la pertorbació.

Aquest efecte s'ha intentat de compensar de dues maneres: per correcció radiomètrica i per segmentació de les escenes. La correcció radiomètrica s'ha basat en el càlcul del valor mitjà d'intensitat per a cada columna de la imatge i en la compensació radiomètrica posterior sobre cada *pixel* per tal que els nous valors mitjans de totes les columnes s'assemblésin. Aquesta correcció s'intentà de dues maneres: de forma global considerant tots els *pixels* continguts en cada cinta; de forma particular, realitzant la correcció per a cada imatge. En ambdós casos, les millores obtingudes foren locals, per la qual cosa hom decidí el segon procediment.

Aquest es basa en la segmentació de les imatges en subimatges més homogènies i en l'ús d'aquestes com unitats d'estudi, classificant-les de manera independent.

### Usos del sòl

|                                               | FB 11 | FB 13 | FB 16 |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Bosc perennifoli                              | x     | x     | x     |
| Bosc caducifoli                               | x     | x     | x     |
| Bosc mixt                                     | x     | x     | x     |
| Prats i pastures                              | x     | x     | x     |
| Matolls                                       | —     | —     | x     |
| Pi roig                                       | —     | —     | x     |
| Conreus d'hivern (blat, ordi)                 | x     | x     | x     |
| Conreus de primavera (blat de moro, gira-sol) | x     | x     | —     |
| Alfals                                        | —     | x     | x     |
| Alfals dallat                                 | x     | —     | x     |
| Vegetació de ribera                           | x     | —     | —     |
| Urbà                                          | x     | x     | x     |
| Afloraments rocosos                           | x     | x     | —     |
| Aigua                                         | —     | —     | x     |

Taula 6. Usos del sòl detectats en les tres escenes estudiades del corredor interior enregistrar amb 20 m de resolució

### Grups espectrals

|                                                  | Color       |
|--------------------------------------------------|-------------|
| Bosc perenne (alzinars, pinedes)                 | Verd fosc   |
| Bosc caduc (fagedes, rouredes)                   | Groc        |
| Bosc mixt                                        | Verd blavós |
| Cereals crescuts (blat, ordi, civada)            | Carmí       |
| Plàntula (blat de moro)                          | Gris fosc   |
| Prats i pastures                                 | Gris fluix  |
| Alfals                                           | Vermell     |
| Urbà                                             | Ocre fluix  |
| Zones forestals degradades i afloraments rocosos | Ocre fort   |

Taula 7. Usos del sòl detectats per classificació radiomètrica de l'escena FB 13 (figura 3) i colors amb què són representats en la figura 11

## MAPES CARTOGRAFIA GUIES BRÚIXOLES - ECLÍMETRES ALTÍMETRES APARELLS TOPOGRÀFICS NIVELLS - TEODOLITS



## JOSE LUIS BERDALA

Balmes, 6 - Tel. 301 80 49  
08007 - BARCELONA

### INFORMACIÓ, VENDA I DISTRIBUCIÓ DE

Mapes topogràfics  
(I.G.N., S.G.E.)

Mapes temàtics  
(geològics, agrològics, etc.)

Mapes esportius  
(muntanyisme, caça, pesca, etc.)

Guies i rutes d'esquí

Plànols de ciutats

Mapes estrangers  
(dels 5 continents)

Mapes antics, originals i reproduccions

Cartes nàutiques  
(Institut Hidrogràfic de la Marina)

Mapes per a la navegació aèria

Fotografies aèries

Imatges del satèl·lit Landsat

Mapes en relleu

Mapamundis i atles

Aparells topogràfics i geodèsics

Amb tot, aquesta solució és només aplicable quan existeixen unitats ben diferenciades, de límits definits, cosa que no sempre passa. En aquests darrers casos, la segmentació ocasiona problemes de mosaic en reconstruir l'escena de partida. D'altra banda, la generació de màscares només és factible per a les grans unitats, no per a usos del sòl de poca extensió i dispersos per tota la imatge, car això suposaria un elevat esforç de supervisió que no es pot considerar quan s'estudien superfícies extenses. Per finalitzar, aquesta pertorbació ha fet equivocada la idea originària i prou raonable que la interpretació, per mitjà d'estudis de camp de cinquanta parcel·les en vuit fotogrames era suficient i prou representativa de l'àrea global enregistrada.

Com a conseqüència d'aquest problema, l'intent d'obtenir una sortida classificada de tota l'àrea ha estat desestimat i l'estudi s'ha concentrat exclusivament en les sis escenes elegides. A més, les confusions espectrals contínues han fet necessari d'agrupar diverses classes vegetals i usos del sòl en associacions, quan, si no hagués estat per aquesta pertorbació, sembla que hauria estat factible de mantenir-les per separat.

La fotointerpretació directa de les imatges resulta excel·lent, fins i tot quan la resolució és de 20 m, i l'interès se centra en la vegetació natural. En les zones agrícoles es poden diferenciar camps inferiors a 0,5 ha, depenent, però, de l'entorn. Les àrees urbanes són enregistrades amb un detall relacionat amb la seva textura i densitat, i les estructures lineals apareixen amb una claredat que depèn de la seva orientació envers el sentit del registre. Concretament, els carrers de Girona són més ben detectats quan més coincideix la seva direcció amb la del registre. Fins i tot, aquesta resolució arriba a detectar edificacions aïllades.

En aquest cas, però, hi ha una forta dependència amb l'entorn on es troba.

Amb resolució de 10 m s'arriben a detectar les edificacions aïllades i a localitzar els edificis dins les parcel·les. Amb tot, hi intervé en cert grau el tipus d'entorn on es troben i el contrast que suposa. Normalment, els camps no surten homogenis i uniformes sinó amb àrees heterogènies en llur interior.

El tractament informàtic de la informació multispectral presenta problemes quan no s'usa, a la vegada, informació

textural. Tant amb la resolució de 10 m, com amb la de 20 m, les classificacions radiomètriques detecten les heterogeneïtats reals que es localitzen dins les parcel·les, cosa que pot ocasionar un destorb en produir-se coincidències espectrals entre aquestes superfícies i usos o conreus diferents. Les avaluacions de l'efecte que té l'augment de la resolució sobre els usos del sòl considerats en aquest estudi indiquen que determinats usos són beneficiats, mentre que d'altres en poden sortir perjudicats. Concretament, la resolució de 10 m sembla capaç de poder diferenciar dins les àrees urbanes les vies de comunicació i els espais oberts; contràriament, alguns camps agrícoles són empitjorats en les sortides classificades per segmentar-se en classes distintes d'acord amb les variacions d'estat que poden presentar-s'hi dintre.

La resolució de 20 m no sembla convenient per a poder destriar i classificar correctament els camps de dimensions inferiors a 1 ha. En aquest fet intervé fonamentalment la presència dels *pixels* impurs del seu entorn, però també dels originats en les heterogeneïtats internes que poden presentar. Per a aplicacions agrícoles sembla del tot indispensable usar informació multitemporal, la qual, a part de definir molt més les signatures espectrals i possibilitar la separació entre espècies que momentàniament poden presentar la mateixa resposta, esmorteix les heterogeneïtats internes de les parcel·les.

Existeix una forta correlació entre els dos primers canals espectrals. Un estudi de classificació realitzat únicament amb el primer i el tercer canal empitjorà, però, la qualitat dels resultats en un 4%. A més a més, el perjudici actuà sobretot en els grups espectrals més semblants, per la qual cosa sembla raonable de mantenir el segon canal o, segons l'estudi concret, d'analitzar el possible perjudici i decidir la inclusió o no del segon canal d'acord amb els resultats.

En resum, tenint en compte que els principals problemes amb què hom ha topat (diferent grau d'il·luminació en les imatges i distorsions geomètriques acusades) responen al fet que les dades corresponen a una simulació, o sigui que han estat captades des d'avió, i que, a més a més, la inseparabilitat espectral entre determinats grups és ocasionada per la data en què s'enregistrà la informació, podem valorar molt positivament les

millors que han de suposar les dades captades pel satèl·lit SPOT, principalment, pels conceptes següents:

1) Elevada resolució. La possibilitat de referir la informació multispectral a la resolució de 10 m significa l'acomodació d'aquestes dades a l'estructuració dels sòls dels països amb una gran heterogeneïtat i parcel·lació de reduïdes dimensions, com és el cas de Catalunya. És així que amb aquesta informació s'obrirà un extens camp d'aplicació que fins ara queda fora de l'àmbit dels satèl·lits operatius.

2) Radiomètricament. El fet d'usar només tres canals espectrals, en comparació amb el sensor MSS del satèl·lit LANDSAT, no sembla perjudicial per una possible pèrdua d'informació, car és precisament en els canals conservats on s'enregistren les principals diferències entre els usos del sòl.

3) La freqüència de pas. Encara que s'estableix amb una seqüència elevada per a visions perpendiculars, incorpora també la possibilitat de registres de biaix, la qual cosa pot determinar l'obtenció d'imatges d'una mateixa àrea en intervals d'escassos dies. D'aquesta manera quedarà assegurada l'obtenció d'imatges multitemporals corresponents a les èpoques més favorables.

### Col·laboracions

Aquest treball ha estat possible gràcies a la contratació de tècnics especialitzats que han realitzat l'estudi de camp necessari per fer l'avaluació dels resultats. La informació corresponent als espais agrícoles ha estat fornida pels enginyers agrònoms Miquel Aran i Josep M. Villar, dirigits per Jaume Porta, director de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Agrònoms de Lleida, de la Universitat Politècnica de Catalunya. Els espais de vegetació natural han estat estudiats per Eulàlia Velasco, llicenciada en biologia per la Universitat de Barcelona i pertanyent al Departament de Botànica de la Facultat de Biologia de la mateixa Universitat.

### VOCABULARI ESPECÍFIC:

*Arxiu:* Cadascun dels conjunts de dades utilitzades en els diferents processos de tractament. Per exemple: arxius d'estadístiques, arxius de classificació.

*Canal o banda espectral:* Cada una de les finestres de l'espectre electromagnètic.

tic on és sensible un sensor. Determina un valor numèric per a cada punt de la imatge, proporcional a la intensitat.

**Classificació radiomètrica:** Procés de segmentació d'una imatge digital basat en les característiques espectrals dels *pixels*, que determina la formació de conjunts de *pixels* amb signatures semblants.

**Classe espectral:** Cadascun dels conjunts de *pixels* amb resposta espectral semblant que s'originen en el procés de classificació. Es caracteritza pel seu centre espectral o mitjana dels valors asso-

ciats als *pixels* que conté, per cada canal, i per les desviacions-tipus que originen.

**Equalitzar:** Millorar una imatge de manera que a cada nivell d'intensitat hi hagi un nombre aproximadament igual de *pixels*.

**Fals color:** Imatge que resulta en representar en vermell, verd i blau, respectivament, tres dels canals espectrals que la dita imatge poseeix.

**Filtre:** Procés de millora d'una imatge classificada que consisteix en una homogeneïtzació que fa que un *pixel* aïllat,

diferent del seu entorn, adopti la classe predominant que l'envolta.

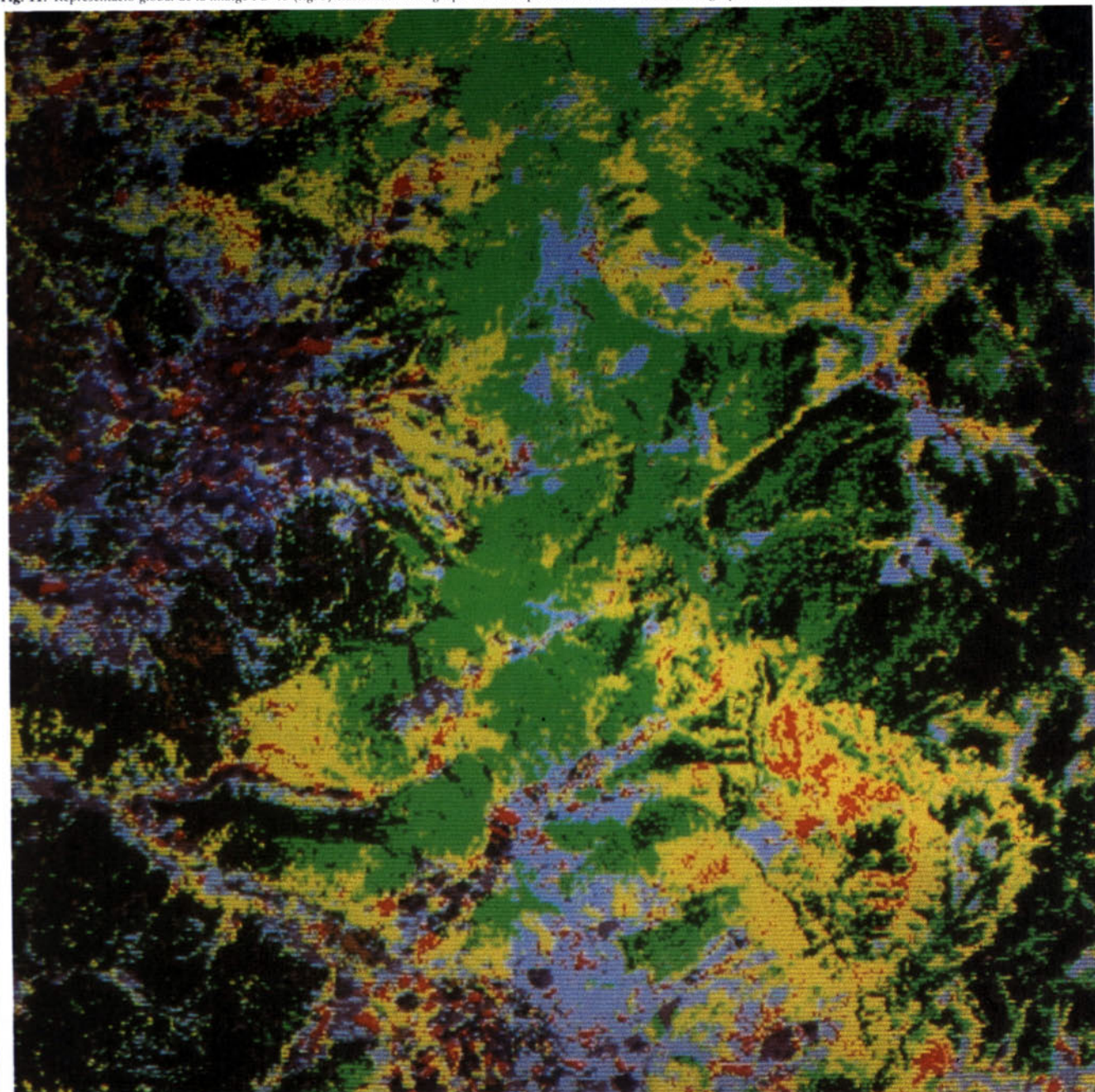
**Grup espectral:** Constituit per un nombre determinat de classes espectrals que s'associen per tal com representen una mateixa unitat.

**Imatge digital:** Correspon a la imatge que es pot regenerar a partir de la informació numeritzada per un sensor.

**Imatges SPOT:** Seran les imatges enregistrades pel satèl·lit SPOT. N'hi haurà de dues menes: multispectrals, amb tres bandes diferents i amb resolució de 20 m,

Fig. 11: Representació global de la imatge FB-13 (fig. 3) classificada en 9 grups. La correspondència entre els colors i els grups detectats es dona en la taula 7

(Foto: ICC)



i pancromàtiques, amb una sola banda amb resolució de 10 m que correspondrà aproximadament a l'espectre visible.

**Màscara:** Cadascun dels arxius resultants de la divisió, en dues o més parts, d'una imatge, per tal de diferenciar usos del sòl clarament diferents, però que radiomètricament són molt similars. El seu contorn és irregular en la majoria dels casos.

**MSS (multispectral scanner):** Sensor embarcat en el satèl·lit LANDSAT, sensible a quatre finestres estretes de l'espectre (canals espectrals) que corresponen als colors entre el verd i l'infraroig

proper. La seva resolució és de 80 m.

**Pixel (picture element):** Cadascun dels elements o unitats de la imatge digital. Correspon a la superfície equivalent a la resolució del sensor.

**Resolució:** Dimensions de la mínima superfície destriable en el terreny per un sensor determinat.

**Sensor:** Dispositiu embarcat en avions o satèl·lits que converteix la intensitat de radiació reflectida o emesa pel terreny, a la qual és sensible, en valors numèrics.

**Signatura espectral:** Consisteix en el conjunt de valors numèrics associats als *pixels* corresponents a un mateix ús del sòl,

enregistrats pels diferents canals espectrals.

**Simulació SPOT:** Operació que intenta d'obtenir imatges digitals amb les mateixes característiques que les que produirà el satèl·lit SPOT. S'utilitza un sensor multispectral embarcat en un avió.

**Roman Arbiol,**

*Llicenciat en Ciències Físiques i Informàtica*

**M<sup>a</sup> Teresa Muns,**

*Estudiant de cinquè curs de Biologia*

**Joan Romeu,**

*Llicenciat en Geografia*

**Oriol Viñas,**

*Llicenciat en Biologia*

#### Per saber-ne més

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of Remote Sensing*, 2 volums. Falls Church, Va., 1975.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Renewable resources management. Applications of Remote Sensing*. Conferències del "RNRF Symposium on the Application on Remote Sensing to Resources Management". Seattle, W., maig 22-27, 1983.

BAUDOIN, A. "Application of SPOT and D.T.M. to cartography". Presentat al XVIII International Symposium of Remote Sensing of Environment, Paris, octubre 1-5, 1984.

BEGH, J. La Percepción Remota y los estudios edafológicos y agronómicos. *La Teledetección y sus aplicaciones sociales* 2, 91-103. Fundación Desarrollo de las Comunicaciones. Madrid.

BEGUI, G. *Outils statistiques en traitement d'images*. G.D.T.A. (Groupement pour le développement de la Télédétection Aérospatiale). Toulouse, febrer/març, 1984.

CAMARASA, J.M.; COLOMER, J.L. i GARCIA, R. (1982). *Essai d'application de la télédétection au contrôle et à l'actualisation des données rela-*

*tives a l'occupation des sols en Catalogne*. 4ème. Colloque International du G.D.T.A. (la Cartographie Thématique des résultats de la télédétection) Toulouse, França, 22-26 juny 1981, ps. 283-295.

CCUPB-PR2 (1980). "Sistema de tractament d'imatges CCUPB. Manual del Usuario y guía del programador". Publicacions internes del Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Barcelona. Catalunya.

CLICHE, G.; BONN, F. i TEILLET, P. "Integration of the SPOT panchromatic channel into its multispectral mode for image sharpness enhancement". *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, American Society of Photogrammetry, vol. 51, n° 3. Març 1985, ps. 311-316. Falls Church, Va.

"Contribution des images SPOT à la cartographie du sol". Étude simulations SPOT sur le Lauragais. *Bull. S.F.P.T.* n°, 1985-1. Paris.

GIRARD, C.M. "Analyse comparée d'une simulation SPOT et d'une photographie IRC pour la cartographie des prairies permanentes". *Bulletin S.F.P.T.* n° 94, 1984-2. Paris.

GONZALEZ ALONSO, F. "Técnicas de tratamiento

de datos en Teledetección". Col. Monografías n° 28. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS. "El reconocimiento de cubiertas vegetales mediante el tratamiento digital de imágenes de satélite. Estudio Piloto de la Ventosilla". *Comunicaciones INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias)* n° 23, Madrid, 1983.

MORETON, G.E. i RICHARDS, J.A. "Irrigated Grop inventory by classification of satellite image data". *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, American Society of Photogrammetry, vol. 50, n° 6, juny 1984, ps. 729-737. Falls Church, Va.

RENAUD, J. "Télédétection spatiale: SPOT et l'agriculture". *Science et Agriculture*. Març, 1985. Toulouse.

SPOT. *SPOT Simulation Applications Handbook*. Conferències del 1984. SPOT Symposium. Maig 20-23, Arizona.

SWAIN, P. i DAVIS, S. *Remote Sensing: The Quantitative Approach*. McGraw-Hill, Inc. 1978. West Lafayette, Indiana.



Ajuntament de Barcelona

# PLANS DE LA CIUTAT



## **Plans muts: a una tinta**

1 : 35.000.  
1 : 20.000.  
1 : 10.000 per districtes.

## **Plans murals: a quatre tintes**

1 : 10.000.  
1 : 20.000.  
1 : 5.000 per districtes (en premsa)

010



Barcelona  
Informació