



COMBINACIÓ DE DADES RÀSTER-VECTOR MITJANÇANT L'ENRIQUIMENT D'UNA BASE SIGPAC AMB TELEDETECCIÓ

P. Serra,¹ G. Moré,² i X. Pons^{1,2}

¹ Departament de Geografia. Edifici B

Campus de la Universitat Autònoma de Barcelona

² Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF). Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193-Cerdanyola del Vallès (Barcelona)

Resum

Un dels principals requeriments en la cartografia actual és la integració d'informació ràster amb informació vectorial. Aquesta combinació permet integrar a les bases de dades vectorials, d'administracions públiques per exemple, les dades provinents d'un mapa ràster, continu o categòric. L'objectiu de la comunicació és sintetitzar la metodologia emprada en la combinació de dades ràster, obtingudes amb teledetecció, i de dades vectorials. La metodologia s'ha aplicat a una base vectorial del Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles (SIGPAC) de sis comarques catalanes, enriquida amb un mapa de conreus ràster elaborat a partir d'una classificació automàtica de set imatges Landsat-5 TM del 2004. La classificació aplicada permet obtenir mapes de conreus amb una elevada fiabilitat gràcies a l'aplicació de diferents paràmetres, especialment dos, la fidelitat i la representativitat. Un cop el mapa de conreus s'ha obtingut, el següent pas és l'enriquiment pròpiament dit, que consisteix en la superposició de la capa SIGPAC amb el mapa de conreus i el posterior càlcul de la moda, o sigui, dels píxels amb el valor més repetit dins de cada parcel·la. Aquest fet permet incorporar per a cada parcel·la un camp amb el conreu discriminat amb teledetecció sense modificar-ne els límits. Els resultats mostren que el producte final obtingut és d'un elevat grau de fiabilitat i d'utilitat.

1. Introducció

En els darrers anys un dels camps on s'ha aplicat més la teledetecció amb imatges de satèl·lit ha estat l'agrícola, especialment per les avantatges que proporciona respecte altres eines. D'una banda, proporciona l'adquisició continuada d'imatges al llarg de l'any, fet que permet calcular l'estat fenològic de les plantes mitjançant la seva resposta espectral i radiomètrica emmagatzemada a les imatges. D'altra banda, la riquesa multispectral permet cartografiar els conreus amb una excel·lent informació estadística. Així doncs, malgrat les dificultats tècniques que pot presentar, la cartografia actualitzada de mapes de conreus és de gran utilitat per a diverses administracions públiques, que ja l'estan emprant, com el Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural o l'Agència Catalana de l'Aigua.

Malgrat la utilitat dels productes obtinguts amb teledetecció, el producte final sol emmagatzemar-se seguint un model ràster, ja que és l'immediat a partir de la informació de captació de les imatges de satèl·lit. Aquest fet pot dificultar l'interès del producte final o la seva incorporació en el sistema de gestió de la informació, sobretot la gestionada per les administracions públiques, ja que les dades solen emprar-se amb models vectorials, a través de parcel·lars, límits municipals, etc. Les diferències en els models poden comportar discrepàncies més o menys importants en, per exemple, la quantificació de les superfícies de polígons o el càlcul de les longituds dels elements

lineals (BURROUGH I MCDONELL, 1998). A més a més, en la majoria d'entorns dels sistemes d'informació geogràfica (SIG) no és possible realitzar consultes combinades sobre ambdós models.

Davant aquestes problemàtiques, una possible solució pot consistir en vectoritzar el ràster final. En aquest cas, una opció és vectoritzar seguint la forma i mida del píxel del ràster original, amb la qual cosa s'obté el mateix producte però en model vectorial (s'observa, doncs, la típica escaleta en les vores dels polígons) o aplicant una generalització (suavitzat) dels seus límits amb la conseqüent modificació de les dades originals. Aquest mètode, però, no garanteix una combinació de capes sense problemes, ja que pot produir, al menys, l'aparició de micropolígons (*slivers* en anglès) que dificulten l'anàlisi.

A part d'aquestes solucions n'existeix una altra, possiblement de major interès, que consisteix en "enriquir" una capa vectorial preexistent, com per exemple una base cadastral, amb la informació obtinguda d'un ràster derivat de teledetecció (APLIN ET AL., 1999). Aquest mètode té l'avantatge que els límits de la base vectorial no es modifiquen i, per tant, no apareixen els problemes abans esmentats. La metodologia desenvolupada s'especificarà en el corresponent apartat. En aquest treball s'enriquirà una capa del Sistema d'Informació Geogràfica de la Política Agrària Comú (SIGPAC), capa en format vectorial gestionada pel Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya, a partir del mapa de conreus obtingut amb imatges de satèl·lit.

Un aspecte essencial en la combinació ràster-vector objectiu d'aquest treball consisteix en l'elevada fiabilitat requerida dels mapes de conreus ja que els resultats finals es combinaran amb la informació vectorial anteriorment detallada. En l'apartat metodològic es descriurà breument el mètode de classificació automàtica emprat així com l'exactitud temàtica del mapa obtingut. La hipòtesi de treball parteix de la idea que el mapa de conreus obtingut és de suficient fiabilitat per obtenir un producte vectorial enriquit millor a causa de l'eliminació dels píxels aïllats, característics de l'efecte "sal i pebre" típic de les classificacions automàtiques píxel a píxel (CHUVIECO, 2002).

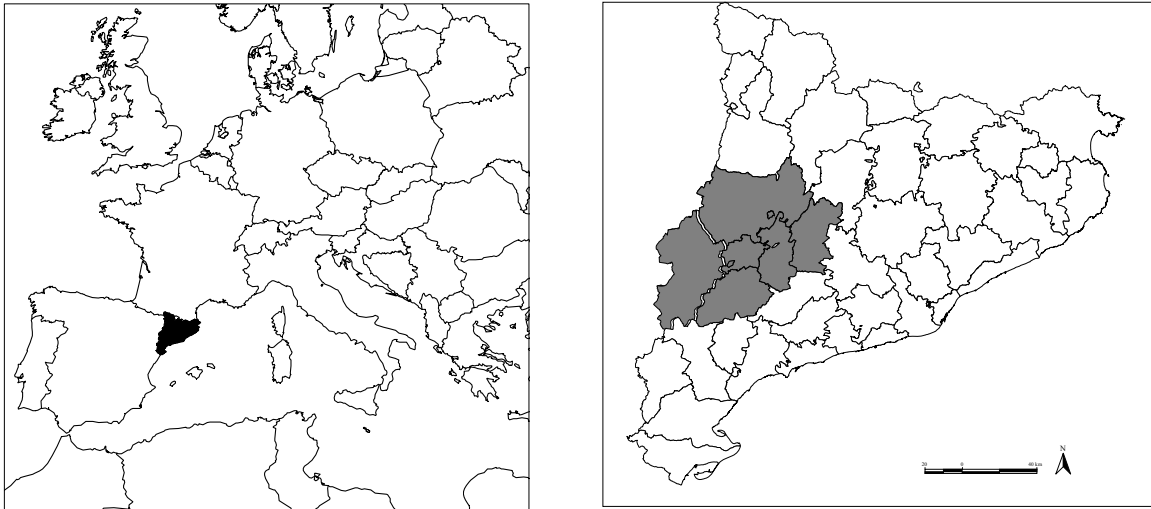
2. Àrea d'estudi i materials

L'àrea d'estudi comprèn sis comarques del centre-oest de Catalunya, dins la província de Lleida, amb una superfície total de 348 533 ha (figura 1). Aquestes són: el Segrià, la Noguera, el Pla d'Urgell, les Garrigues, l'Urgell i la Segarra. En elles predomina els usos agrícoles, tant herbacis com llenyosos, cobrint-se totes elles amb una imatge Landsat *Thematic Mapper* (TM), corresponent a la passada 198 i fila 31. Les imatges TM tenen set canals espectrals: tres corresponents al visible (entre 0,45 y 0,69 μm) i tres infrarojos (0,76 a 2,35 μm) amb un píxel de 30m * 30m i un canal tèrmic (10,4 a 12,5 μm) amb un píxel de 120m * 120m, canal que no s'ha emprat en aquest treball. Per obtenir un millor coneixement del comportament fenològic intraanual dels diferents conreus, s'aplicà una aproximació multitemporal; concretament s'empraren set imatges del 2004 de les següents dates: 16 de maig, 1 de juny, 17 de juny, 19 de juliol, 4 d'agost, 23 d'octubre i 8 de novembre.

Una vegada les metadades de les imatges originals foren importades, el següent pas va ser la correcció geomètrica de les set imatges amb l'objectiu d'evitar les distorsions

provocades per la captació del sensor i pel relleu. El mètode emprat correspon al desenvolupat per PALÀ I PONS (1995) en el qual es considera el relleu a través de l'ús d'un model digital del terreny. Durant el procés de correcció s'empraren de mitjana uns 26 punts de control i 12 de test, obtenint-se per a cada imatge un *Root Mean Squared error* (RMS), o sigui un error mitjà quadràtic, per sota d'un píxel.

Figura 1: Àrea d'estudi situada al centre-oest de Catalunya (en gris).



El segon pas va ser la correcció radiomètrica, en la qual els *digital numbers* varen ser convertits a reflectàncies emprant els paràmetres de calibració del sensor i altres factors com els efectes atmosfèrics, l'angle d'incidència solar segons el relleu, etc. (PONS I SOLÉ-SUGRAÑES, 1994). Finalment, per evitar, durant el procés de classificació, confusions radiomètriques i espectrals provinents d'altres cobertes, com les forestals o urbanes, s'aplicà una màscara per seleccionar únicament les cobertes agrícoles. La màscara s'obtingué a partir de la pròpia base SIGPAC, d'on es seleccionaren només els usos agrícoles, enmascarant-se la resta com a àrea no agrícola i, per tant, exclouent-se de l'anàlisi.

3. Classificació

A diferència dels mètodes de fotointerpretació visual, en teledetecció la classificació fa referència a l'obtenció automàtica de mapes categòrics gràcies al tractament estadístic de les dades digitals de les imatges de satèl·lit. En aquesta fase s'estableix la llegenda objectiu del treball, que en aquest cas inclou els conreus a discriminar. A través dels coneixements adquirits en treballs previs (SERRA ET AL., 2003), el mapa de conreus del 2004 constà dels següents conreus: cereals d'hivern, arròs, blat de moro, userda, altres conreus herbacis, fruiters, oliveres, vinyes, pastures i guaret.

L'aplicació del classificador híbrid (SERRA ET AL., 2005) consisteix en dos mòduls del programa MiraMon (PONS, 2006): IsoMM, que correspon a una classificació no supervisada on el programa classifica automàticament les classes espectrals creant *clusters* o grups homogenis de píxels, i ClsMix, que correspon a una classificació supervisada emprant àrees d'entrenament. En el mòdul IsoMM els *clusters* es formen per assignacions interactives de píxels n-dimensionals. Aquestes assignacions estan basades en la distància mínima d'un píxel respecte a tots els centroides dels *clusters*

inicials. El grup inicial de centroides, les llavors, s'obté en la fase anterior a l'obtenció dels *clusters*. El mòdul presenta tres opcions per obtenir les llavors inicials: i) al llarg de la diagonal multivariant, ii) a través d'una distribució aleatòria en tot l'espai multivariant, iii) a través d'una mostra espacialment equidistant sobre la imatge (per exemple una llavor cada 100 píxels). Després de cada iteració els centres de cluster són actualitzats al centroide de tots els píxels assignats. El mètode emprat en aquest treball correspon a la primera opció.

Una de les característiques més interessants de IsoMM és que admet cents d'imatges, fet que permet l'ús de sèries satel·litàries d'elevada resolució temporal i obtenir un elevat nombre de categories estadístiques (fins 32 767). Aquestes categories poden ser eliminades o modificades segons diferents paràmetres introduïts per l'usuari: la distància mínima entre dos *clusters* vàlids i el mínim nombre de píxels per *cluster* per considerar un *cluster* vàlid. Finalment, el mòdul requereix la introducció del nombre de *clusters* desitjats, el màxim nombre d'iteracions abans d'acabar i un valor lliard d'estabilitat dels resultats per finalitzar l'algoritme.

Tots els canals de totes les imatges esmentades anteriorment varen ser introduïts, a excepció del tèrmic per les raons abans esmentades. Amb l'objectiu de discriminar l'activitat clorofil·lica dels conreus al llarg de l'any, per a cadascuna de les imatges es va incloure un índex, el *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). L'NDVI és l'índex més emprat quan l'objectiu és estimar l'activitat clorofil·lica de les plantes (LYON ET AL., 2003).

En el segon pas de la classificació, ClsMix assigna cada classe espectral, obtinguda amb IsoMM, a una de temàtica a través de dos paràmetres: fidelitat i representativitat. La fidelitat proporciona el lliard a partir del qual s'accepta una classe espectral com part d'una temàtica, o sigui, la proporció de la classe espectral que coincideix amb la temàtica. Per exemple, si és el 0.7 equivaldrà a que el 70% com a mínim de la classe espectral s'ha de trobar dins de la temàtica i, en conseqüència, s'assignarà a ella. D'altra banda, s'aplica simultàniament la representativitat, que correspon a la proporció lliard a partir de la qual s'accepta una classe espectral com a part d'una temàtica, o sigui, la proporció de la categoria que està formada per una determinada classe espectral.

En conseqüència, quan un píxel és classificat el mòdul escull la categoria que té l'assignació més raonable: i) la correspondència espacial entre la classe espectral i l'àrea d'entrenament d'aquella categoria, ii) la classe espectral està principalment inclosa en la categoria i iii) la classe espectral no és una part insignificant de la categoria. Contràriament, un píxel no es classificarà si no existeix una classe espectral clara o si el píxel pertany a una classe que està pobrament representada.

En aquest treball s'han contrastat dos valors de fidelitat: 0.31 (o sigui, un 31% o més de la classe espectral ha d'estar dins de les àrees d'entrenament d'una determinada classe temàtica) i, una altra més restrictiva, 0.51 (més de la meitat de la classe espectral ha d'estar dins de les àrees d'entrenament d'una classe temàtica) amb una representativitat de 0.0001 (com a mínim la classe espectral ha de representar un 0.01% de la categoria temàtica). Tal com s'ha esmentat anteriorment, una fidelitat més restrictiva comportarà l'existència de més píxels sense classificar però possiblement un menor percentatge d'error en els píxels classificats, aspecte que es contrastarà en els resultats finals.

4. Integració ràster-vector

Una vegada obtingut els dos mapes de conreus de 2004 corresponents a les dues fidelitats, el pas següent va ser la integració de la informació ràster amb el mapa vectorial digital corresponent al SIGPAC, capa creada a partir del Reglament (CE) n° 1593/2000, del Consell de 17 de juliol de 2000, que estableix l'obligació de crear un Sistema Gràfic Digital d'Identificació de Parcel·les Agrícoles (MAPA, 2006). El SIGPAC és un registre públic d'identificació de parcel·les agrícoles i actualment és una referència obligatòria per identificar una explotació agrària declarada en la Declaració Única Agrària (DUN) (DAR, 2006). La informació disponible està elaborada a partir d'ortofotos i la superposició de les parcel·les cadastrals que formen els recintes, definits com la porció contínua de terreny que, dins d'una parcel·la cadastral, té un mateix aprofitament del sòl. Els usos agraris SIGPAC que es diferencien per a tota Catalunya són: cítrics, entorn d'oliveres, fruiters, hivernacles, associació oliveres-fruiters, oliveres, pastures arbrades, pastures arbustives, terra campa, horta, associació vinyes-fruiters, vinyes, associació oliveres-vinyes i zona de concentració parcel·lària.

L'ús del mòdul CombiCapa de MiraMon permet la integració de dues capes ràster, una capa ràster i una vectorial o dues capes vectorials (PESQUER ET AL., 2000). En el nostre cas, l'opció va ser la combinació entre una capa ràster (el mapa de conreus del 2004) i una vectorial (SIGPAC) que correspon a l'enfocament mixt de l'esmentat mòdul. En aquest cas, es calculen els valors estadístics dels píxels del ràster dins de cada polígon i aquests valors es transfereixen als registres corresponents de la taula principal dels polígons, sense alterar la geometria dels objectes gràfics. En els límits del polígon, els valors del ràster es tindran en compte segons la combinació dels criteris de l'àrea i del punt central, o sigui, si el punt central del ràster i la major part de la seva àrea es mantenen dins del vector. Aquest aspecte és de gran importància ja que l'efecte frontera pot alterar els resultats. Els estadístics implementats en un ràster categòric que es varen retenir foren: el nombre total de píxels, la moda i el percentatge de la moda sobre el total.

5. Resultats

La figura 2 és un exemple d'enriquiment d'un recinte ocupat pels cereals d'hivern. Com es pot observar, el 90.0 % dels píxels estaven inclosos en aquest conreu (segon el percentatge de moda) dins dels seus límits. També inclou el tipus de fidelitat i de representativitat i l'encert per categoria i el global. D'altra banda, la figura 3 correspon a un fragment on el polígon esdevé etiquetat amb el conreu amb la moda més representativa. Com es pot observar, el resultat final mostra la nitidesa del producte comparat amb l'heterogeneïtat del mapa de conreus en format ràster de la figura 2.

Un aspecte fonamental en el moment de calcular l'estadístic moda al conjunt del polígon SIGPAC és el llindar aplicat a partir del qual s'enriqueix. Percentatges molt elevats (del 90, 80 o 70%) no comporten incerteses sobre la seva idoneïtat, però modes del 20, 30 o 40% possiblement sí ja que valors baixos incrementen els dubtes a causa de la presència de recintes més heterogenis fruit del mètode de classificació o del propi recinte (per exemple quan es combinen dos conreus en una mateixa parcel·la). En algun treball d'enriquiment de parcel·les agràries, per exemple el de MARTINEZ ET AL. (2001), al menys el 80% del polígon havia d'estar ocupat per un determinat conreu. Per aquesta raó es detallaran les diferències obtingudes en el cas de no aplicar cap restricció

en la moda i d'aplicar un valor llindar del 50%, o sigui, que el valor de moda del polígon sigui igual o superior al 50%, restant en cas contrari el polígon sense classificar.

Figura 2: Superposició del mapa de conreus i de la capa SIGPAC. S'observa un fragment d'enriquiment, afegint-se com a nous camps la informació generada. La fletxa indica el polígon d'exemple.

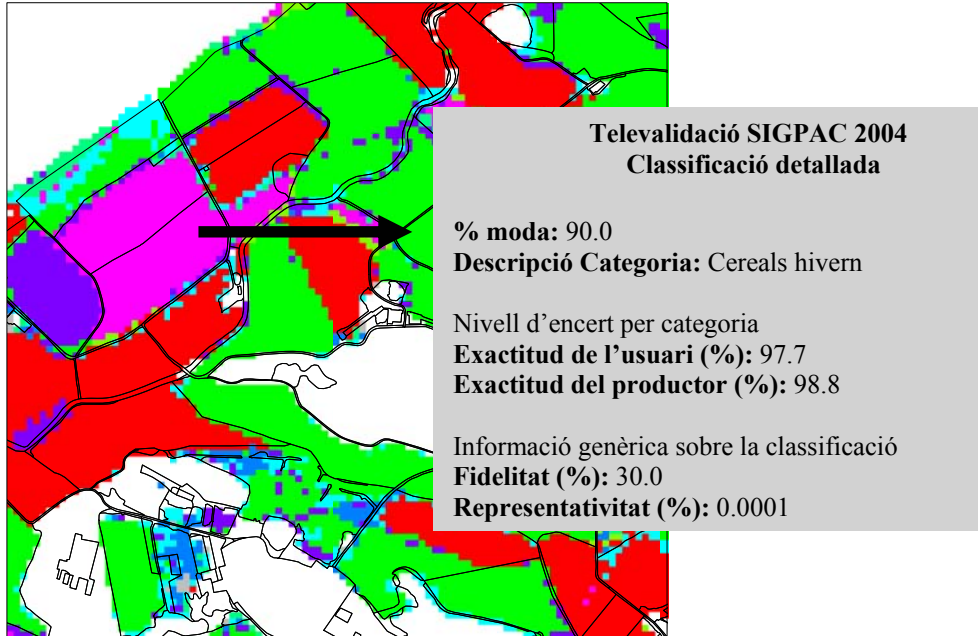
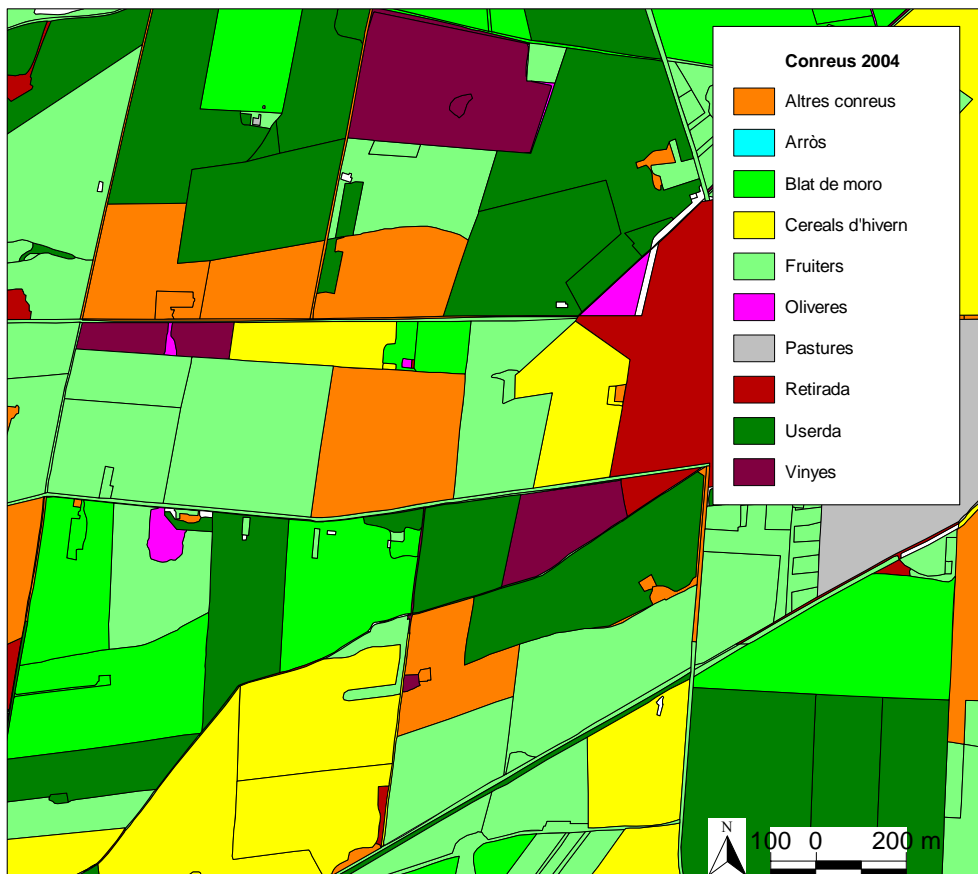


Figura 3: Fragment de diversos polígons enriquits.



5.1 Exactituds

Un cop enriquits els polígons SIGPAC segons la fidelitat 0.31 i 0.51 i una representativitat de 0.0001, es calculà la fiabilitat dels mapes de conreus i dels polígons enriquits del SIGPAC a través de les matrius de confusions, píxel a píxel i polígon a polígon, respectivament. A la taula 1 es mostra un exemple de matriu; com es pot observar els resultats permeten obtenir el percentatge d'exactitud temàtica global dividint el nombre total de píxels o polígons classificats correctament (la suma de la diagonal) entre el nombre total de píxels o polígons. L'exactitud temàtica dels conreus individuals inclou l'exactitud del productor i de l'usuari. L'exactitud del productor s'obté de la divisió entre el nombre total de píxels o polígons correctament classificats en un determinat conreu i el nombre total de píxels o polígons assignats a determinat conreu per les àrees de test (normalment situats a les columnes de la matriu). Aquesta exactitud indica els errors d'omissió, és a dir, els casos que haurien d'haver-se classificat com una categoria i s'han classificat com una altra. D'altra banda, l'exactitud de l'usuari es calcula de la mateixa forma però considerant les files, i obtenint-se els errors de comissió, és a dir, els casos que s'han classificat com una categoria quan en realitat corresponen a una altra.

Taula 1. Exemple de matriu de confusió, en píxels.

Classificació \ Veritat Terreny	Cereals hivern	Arròs	Blat de moro	Userda	Altres conreus	Fruiters	Oliveres	Vinyes	Pastures	Guaret	Total	EC	EU
Sense classificar	141	2	67	366	292	1161	1143	6	292	1056	4526		
Cereals hivern	26823	0	2	8	41	0	0	0	84	493	27451	2.3	97.7
Arròs	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0.0	100.0
Blat de moro	0	0	6129	0	15	1	0	9	1	17	6172	0.7	99.3
Userda	9	0	12	7467	436	42	0	0	1	1	7968	6.3	93.7
Altres conreus	0	0	0	157	655	135	0	15	17	15	994	34.1	65.9
Fruiters	4	0	19	19	72	4513	199	48	31	367	5272	14.4	85.6
Oliveres	0	0	5	0	0	95	166	0	0	105	371	55.3	44.7
Vinyes	0	0	1	0	0	71	5	615	0	30	722	14.8	85.2
Pastures	119	0	0	0	11	474	0	0	312	100	542	42.4	57.6
Guaret	69	0	20	0	2	0	666	7	12	1908	3158	39.6	60.4
Total	27165	86	6255	8017	1524	6492	2179	700	750	4092	57260		
EO	1.3	2.3	2.0	6.9	57.0	30.5	92.4	12.1	58.4	53.4			
EP	98.7	97.7	98.0	93.1	43.0	69.5	7.6	87.9	41.6	46.6			

EO: error d'omissió; EP: exactitud del productor; EC: error de comissió; EU: exactitud de l'usuari.

El valor llindar més emprat per acceptar una classificació amb teledetecció correspon a una exactitud temàtica global del 85% dels píxels (CAMPBELL, 2002). La taula 2 sintetitza els resultats obtinguts; com s'observa tots els percentatges són superiors al 85%. Amb la fidelitat 0.31 es classifiquen més píxels que amb fidelitat 0.51, concretament un 15.2% més, mentre que dels píxels inclosos en el càlcul de l'exactitud temàtica, un 7.6% quedaven exclosos quan s'aplicava la fidelitat 0.51. Aparentment, doncs, els resultats són pitjors amb una fidelitat més restrictiva, ja que es classificava menys àrea i amb menor exactitud temàtica global (del 88.2 al 85.1%). Però, en realitat, si s'exclouen com error els píxels sense classificar (generats pels dubtes en el mòdul ClsMix), el millor resultat s'obté amb la fidelitat 0.51, el 92.3% respecte al 88.5% amb 0.31. En definitiva, es classifiquen menys píxels però amb més exactitud.

La taula 3 mostra els resultats corresponents a l'anàlisi dels polígons enriquits. Com s'observa, en l'opció sense restriccions, aplicant una fidelitat de 0.31, el nombre total de polígons classificats és més gran (22), ja que l'opció 0.51 genera més polígons sense classificar al ser més restrictiu, i també el nombre de polígons ben classificats (27 més). Els percentatges d'exactitud temàtica en un cas i en altre són similars, 89.7 i 88.7% respectivament, mentre que l'exactitud sense considerar els polígons no classificats com

error és pràcticament la mateixa en els dos casos. A més, la taula resumeix els resultats en el cas d'aplicar un valor de moda $\geq 50\%$. Com s'observa, l'exactitud temàtica global disminueix amb una moda més restrictiva. Amb una fidelitat de 0.31, l'encert disminueix fins el 88.1%, mentre que en el cas de la fidelitat 0.51 disminueix fins el 83.9%. Contràriament al cas sense restriccions, on l'exactitud temàtica sense considerar els polígons no classificats era pràcticament la mateixa, en el cas d'excloure els polígons no classificats com error, els percentatges incrementen fins el 92.5 i 95.6% respectivament. Aquest fet permet concloure que una fidelitat restrictiva i una moda restrictiva del 50%, exclouent els polígons sense classificar com error, produeixen l'encert total significativament més elevat.

Taula 2. Exactituds dels mapes de conreus en píxels.

	Fidelitat 0.31 (en píxels)	Fidelitat 0.51 (en píxels)
Nombre total de píxels classificats	8 604 879	7 469 101
Nombre total de píxels usats en el càlcul de l'exactitud temàtica	57 260	57 260
Nombre total de píxels usats en el càlcul de l'exactitud temàtica exclouent els sense classificar	57 073	52 734
Nombre de píxels ben classificats	50 527	48 672
Exactitud temàtica total (%)	88.2	85.1
Exactitud temàtica total (%) exclouent els píxels sense classificar	88.5	92.3

Taula 3. Exactituds dels mapes de conreus, en polígons

	Fidelitat 0.31 (en polígons)	Fidelitat 0.51 (en polígons)
Nombre total de polígons classificats	73.662	73.640
Nombre total de polígons usats en el càlcul de l'exactitud temàtica	2.819	2.819
	Sense restriccions valor moda	
Nombre total de polígons usats en el càlcul de l'exactitud temàtica exclouent els no classificats	2.819	2.816
Nombre de polígons ben classificats	2.529	2.502
Exactitud temàtica total (%)	89,7	88,7
Exactitud temàtica total (%) exclouent els polígons no classificats	89,7	88,8
	Valor moda $\geq 50\%$	
Nombre total de polígons usats en el càlcul de l'exactitud temàtica exclouent els no classificats	2.685	2.476
Polígons no classificats	134	343
Nombre de polígons ben classificats	2.483	2.366
Exactitud temàtica total (%)	88,1	83,9
Exactitud temàtica total (%) exclouent els polígons no classificats	92,5	95,6

6. Conclusions

La teledetecció amb imatges de satèl·lit permet l'obtenció de mapes de conreus actualitzats i amb fiabilitats temàtiques elevades. Cal destacar el percentatge elevat d'encert obtingut en les matrius de confusions, destacant els alts percentatges d'encert en la userda, l'arròs, el blat de moro i els cereals d'hivern. Al ser conreus molt ben discriminats amb el mètode de classificació aplicat, la fidelitat i el percentatge de moda



no els hi afecta tant com a la resta de conreus. En aquest sentit, els pitjors resultats s'han obtingut amb les oliveres, els altres conreus, les pastures i el guaret.

Una altra conclusió és que quan es treballa amb píxels una fidelitat menys restrictiva (0.31) produeix inicialment resultats més fiables però una anàlisi més detallada indica que l'opció més restrictiva (0.51) és la que produeix els resultats més fiables si els píxels no classificats no es consideren com a errors.

Un altre factor important és el percentatge de moda acceptat en el moment d'enriquir els polígons SIGPAC. Com s'ha demostrat, amb un percentatge de moda $\geq 50\%$, els resultats mostren que es classifiquen menys polígons però que si els no classificats no es consideren com a errors el producte final presenta força més exactitud. Per tant, el percentatge de moda aplicat pot afectar significativament el producte final.

Per tot plegat, l'opció d'enriquir informació vectorial amb el mòdul CombiCapa de MiraMon sembla una bona eina per obtenir un producte final de qualitat i útil per a les administracions públiques de qualsevol àmbit i escala.

Bibliografia

- APLIN, P., ATKINSON, P.M. i CURRAN, P.J., 1999. "Fine spatial resolution simulated satellite sensor imagery for land cover mapping in the United Kingdom". *Remote Sensing of Environment*, 68, 206-216.
- BURROUGH, P. i MCDONNELL, R., 1998. *Spatial informartion systems and geostatistics*. Oxford, University Press.
- CAMPBELL, J.B., 2002. *Introduction to remote sensing*. New York, The Guilford Press.
- CHUVIECO, E., 2002. *Teledetección ambiental*. Barcelona, Ariel.
- DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, ALIMENTACIÓ I ACCIÓ RURAL (DAR) (2006). SIGPAC: Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles. <<http://www.gencat.net/darp/c/departam/sigpac/sigpac01.htm>>
- LYON, J.G.; WARD, A.; ATHERTON, B.C.; SENAY, G. i KRILL, T., 2003. "Remote sensing and GIS for site-specific farming". En: Lyon, J.G. (Ed.): *GIS for water resources and watershed management*. Boca Raton, CRC Press, 251-253.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA) (2006). Sistema de Información Geográfica de la Política Agraria Común (SIGPAC). <<http://www.mapa.es/es/sig/pags/sigpac/intro.htm>>
- MARTINEZ, C. i CALERA, A., 2001. "Irrigated crop area estimation using Landsat TM imagery in La Mancha, Spain". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67, 1177-1184.
- PALÀ, V., i PONS, X., 1995. "Incorporation of relief in polynomial-based geometric corrections". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, 935-944.
- PESQUER, LL., MASÓ, J. i PONS, X. 2000. "Herramientas de análisis combinado raster/vector en un entorno SIG". *IX Congreso del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*, 20-22 Septiembre 2000. Alcalá de Henares, Madrid.
- PONS, X. (2006). MiraMon. Geographic Information System and Remote Sensing software. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAM. Bellaterra. <<http://www.creaf.uab.es/miramom>>



- PONS, X. i SOLÉ-SUGRAÑES, L., 1994. “A simple radiometric correction model to improve automatic mapping of vegetation from multispectral satellite data”. *Remote Sensing of Environment*, 48, 191-204.
- SERRA, P., MORÉ, G. i PONS, X., 2005. “Application of a hybrid classifier to discriminate Mediterranean crops and forests. Different problems and solutions”. A: *Proceedings of the XII International Cartographic Conference*, 9-16 Julio 2005, A Coruña, CD-ROM.
- SERRA, P., PONS, X. i SAURÍ, D., 2003. “Post-classification change detection with data from different sensors. Some accuracy considerations”. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 3311-3340.