



LA COMPRESSIÓ AMB PÈRDUA EN IMATGES DESTINADES A LA GENERACIÓ DE CARTOGRAFIA TEMÀTICA: NOUS RESULTATS

Alaitz Zabala¹ i Xavier Pons^{1,2}

¹Dept. Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona

²Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals

Resum: La compressió d'imatge amb pèrdua (*e.g.*, JPEG i JPEG2000) permet elevades compressions (fins i tot reduint la imatge a menys d'un 10% de la seva grandària original) tot mantenint una qualitat notable. Tanmateix, hi ha hagut poques anàlisis quantitatives de les implicacions d'aquestes compressions quan s'utilitza classificació digital d'imatges per a generar cartografia temàtica. A fi d'avaluar i reflexionar sobre les implicacions de la compressió, s'han cartografiat dues àrees amb diferents nivells de fragmentació espacial i dos tipus de paisatge principals: conreus i zones forestals. Cada una d'aquestes àrees s'ha analitzat utilitzant quatre escenes d'imatges Landsat i algunes variables topo-climàtiques. Els resultats mostren la influència de la compressió en la qualitat de la cartografia temàtica generada usant paràmetres quantitius habituals (encert global i àrea classificada), així com consideracions visuals (modificació de l'efecte sal i pebre en la cartografia resultant).

1. Introducció

1.1 Imatges de Teledetecció i SIG

Des del inici de la seva utilització, el 1915, la fotografia aèria es va convertir en una molt benvolguda font de dades per a totes les activitats relacionades amb el coneixement o la gestió del territori. Més tard, i gràcies als avenços en les telecomunicacions, l'aeronàutica i els sistemes sensors, va aparèixer l'observació espacial, que des d'inicis de la dècada de 1970 proporciona imatges periòdiques de la superfície terrestre. Els programes espacials de diferents països i agències internacionals han ajudat sens dubte a fer evolucionar la tecnologia fins al que avui es coneix com a Teledetecció (*Remote Sensing* en anglès), una poderosa eina per al control i monitoratge del territori i els recursos naturals, entre moltes altres aplicacions pràctiques (Chuvieco 2002).

La Teledetecció proporciona, probablement, la més enorme font de dades de la qual la humanitat disposa sobre el planeta. I aquesta generació de dades continua creixent a un ritme vertiginós, no només perquè els satèl·lits existents segueixen enviant imatges, sinó també perquè es llancen nous satèl·lits, en molts casos capaços de generar encara més informació, bé sigui per augment de resolució espacial (el QuickBird, llançat a l'octubre de 2001 genera imatges de 60 cm de resolució espacial), de la resolució temporal (la segona generació de Meteosat proporciona imatges cada 15' enfront dels 30' del seu predecessor), o de la resolució espectral (el Terra, llançat a la fi de 1999, disposa d'informació en 36 bandes en el seu instrument MODIS, i ja es comença a parlar de sensors amb milers de bandes), etc. Com resulta fàcil intuir, aquest procés comporta enormes possibilitats d'aplicació, però també una important problemàtica de maneig de tota aquesta informació i una creixent necessitat de mètodes de compressió que permetin disminuir el volum de dades emmagatzemades sense disminuir significativament la qualitat de les imatges per a aplicacions posteriors.

1.2 Problemàtiques associades a l'ús d'imatges de Teledetecció

Com s'ha apuntat, un dels problemes de la Teledetecció és l'emmagatzematge i tractament de les imatges multi i hiperspectrals, majoritàriament a causa del gran volum de dades que representen. Per exemple, per a tenir una sola cobertura de tota Catalunya amb un sensor amb 1 metre de resolució espacial i un total de 10 bandes amb una profunditat de 8 bits per banda suposa un total d'uns 720 Gigabyte, i si demanem una resolució temporal mensual de les dades es tornen quasi 8600 vegades majors per a un sol any. L'ús d'un sistema de compressió amb pèrdua que arribés a una raó de compressió de dos ordres de magnitud (entre 100:1 i 300:1, aproximadament) permetria reduir dràsticament tant el cost d'emmagatzematge com el temps de processat i transmissió. La tècnica consisteix a determinar quins elements d'informació de cada banda són rellevants per a la presa de decisions que es pretén (Landgrebe 2000). Per a això és necessari establir relacions espacials, referint-nos a un espai determinat pel nombre de bandes i la resolució en cadascuna d'elles.

Fins al moment no ha estat molt habitual en la comunitat de la Teledetecció l'ús de tècniques de reducció de dades, a causa del temor de descartar informació que pugui resultar important per a processos posteriors. Aquesta lògica preocupació de no perdre informació ha fet que l'Anàlisi de Components Principals (PCA) probablement sigui el mètode més utilitzat donat que la selecció d'informació es produeix sobre la base d'un criteri estadístic de retenció de variància (Lee et al. 1990). No obstant això, i donat el gran volum d'informació actualment disponible, sembla raonable insistir en la investigació en tècniques que permetin la reducció d'aquest volum, però combinades amb estudis que avaluïn adequadament les implicacions en la qualitat de la informació extreta i no només sobre la base d'una simple valoració subjectiva del seu aspecte visual.

1.3 Estat actual

La compressió no conservativa d'imatges és una de les tècniques de reducció de dades més potents. A partir de la seva aparició, el format JPEG (Wallace 1991, Pennebaker et al. 1993 i ISO/IEC 10918-12 1994) es va convertir en l'estàndard de facto per a la compressió d'imatges amb pèrdua. L'aparició de noves tècniques, la majoria d'elles basades en la transformada *wavelet* (EZW, SPIHT), han generat la necessitat de definir i implementar un nou estàndard de compressió: el JPEG 2000 (Taubman & Marcellin 2002 i ISO/IEC 15444-1 2000), també basat en transformada *wavelet* i d'introducció relativament recent en Teledetecció. Cal destacar que tant el JPEG clàssic com el JPEG 2000 incorporen també la possibilitat de realitzar compressió sense pèrdua, tot i que aquesta opció, com és d'esperar, no pot assolir raons de compressió tan elevades com en la compressió amb pèrdua.

El JPEG 2000 ofereix nombrosos avantatges sobre el JPEG clàssic (Aboufadel 2001 i Adams 2001): aquest estàndard suporta compressió amb i sense pèrdua d'una component (imatges en escala de grisos) o de diverses components (imatges en color o multispectrals, per exemple). D'altra banda, permet assolir raons de compressió molt més elevades i, a més, permet recuperar imatges a diferents resolucions i mides a partir del mateix fitxer comprimit (JPEG només pot recuperar imatges a la resolució fixada). Un altre avantatge de JPEG 2000 és la seva capacitat de definir àrees d'interès (ROI, *region of interest* en anglès) que es comprimeixen en menor grau (amb major qualitat).

Més enllà de la pròpia definició d'un format que comprimeixi amb o sense pèrdua, no són gaire abundants les investigacions encaminades a definir numèricament la qualitat dels resultats basats en imatges comprimides, i, encara menys, en un entorn de Teledetecció i SIG.

En referència a la qualitat geomètrica i visual de la imatge després d'aplicar compressió no conservativa, Li et al. (2002) conclouen que amb compressions menors a 10:1 en JPEG (raó de compressió de 0.10) la qualitat visual de la imatge és encara excel·lent i per això la pèrdua de qualitat és acceptable per a la majoria d'aplicacions fotogramètriques. D'altra banda, Shih & Liu (2005) realitzen un estudi sobre generació de Models Digitals d'Elevacions a l'anterior però usant alhora el JPEG i el JPEG 2000; i conclouen que aquesta pèrdua en la qualitat relacionada amb l'augment en la riquesa textural de la imatge és més acusada en JPEG que en JPEG 2000 i que, en totes les mesures de qualitat de la imatge, JPEG 2000 obté millors resultats que JPEG clàssic, especialment a elevades raons de compressió.

Respecte a la qualitat temàtica de les classificacions obtingudes després d'aplicar compressió no conservativa, els resultats de les encara poques investigacions realitzades són relativament disperss. Així, Paola & Schowengerdt (1995) suggereixen que es poden obtenir classificacions de qualitat (al voltant de 83% d'encert de la classificació a partir de la imatge comprimida respecte la classificació a partir de la imatge original) amb imatges comprimides amb una raó de 7.1:1 (raó de compressió de 0.14) o fins i tot major dependent del tipus d'imatge i del mètode de classificació emprat (usant JPEG clàssic). En la mateixa línia, Tintrup et al. (1998) obtenen un encert de 95% per a compressions menors, de 2.5:1 (raó de compressió de 0.4).

D'altra banda, el mateix estudi de Paola & Schowengerdt (1995) admet que encara que les classificacions mantenen l'aparença global, l'efecte de suavització (*smoothing effect* en anglès) té tendència a eliminar la majoria de detalls píxel a píxel. En la mateixa línia de resultats, les conclusions de l'estudi de Pérez et al. (2003) desaconsellen l'ús d'imatges amb compressió no conservativa en mètodes de classificació ja que comproven que s'obté un encert de només un 70%, en el millor dels casos i per a compressions de 6.16:1 (raó de compressió de 0.16).

Així, el nombre de treballs que permeti contrastar la hipòtesi de si pot es utilitzar compressió no conservativa sense efectes importants sobre l'anàlisi visual o digital és encara massa escàs, i sovint els treballs presenten llacunes metodològiques importants. Com a exemple, l'estudi de Xu et al. (2003) utilitza una sola imatge pancromàtica d'Ikonos per a establir una classificació de només 9 categories i suggereix que és possible reduir el nombre de nivells de gris de la imatge fins 16 sense perjudicar el resultat de la classificació. No obstant això, com els propis autors apunten, aquestes conclusions, basades en una situació molt simplificada (1 banda i 1 data), són prematures ja que encara és necessari realitzar estudis amb un major nombre de bandes espectrals i amb imatges de diferents dates, diferents estratègies d'obtenció de la cartografia, etc.

2. Objectius

L'objectiu d'aquesta comunicació és estudiar i quantificar els efectes de diferents tècniques de compressió no conservativa (amb pèrdua) en el tractament digital sobre imatges obtingudes per sensors remots, considerant diferents escenaris geogràfics i diferents nivells de compressió. Es vol donar especial importància a l'avaluació de l'usabilitat de la cartografia temàtica generada en aquest procés.

S'han seleccionat diverses àrees de test, d'un mínim de 50 000 ha cadascuna, representatives de la diversitat geogràfica i paisatgística del país, que s'han distribuït segons dos grans tipus de paisatge (forestal i agrícola). Aquestes imatges han estat sotmeses a compressió no conservativa que comportarà una pèrdua d'informació variable. Els mètodes de compressió que s'avaluaran seran: 1/ JPEG clàssic i 2/ JPEG 2000 (basat en la transformada *wavelet*).

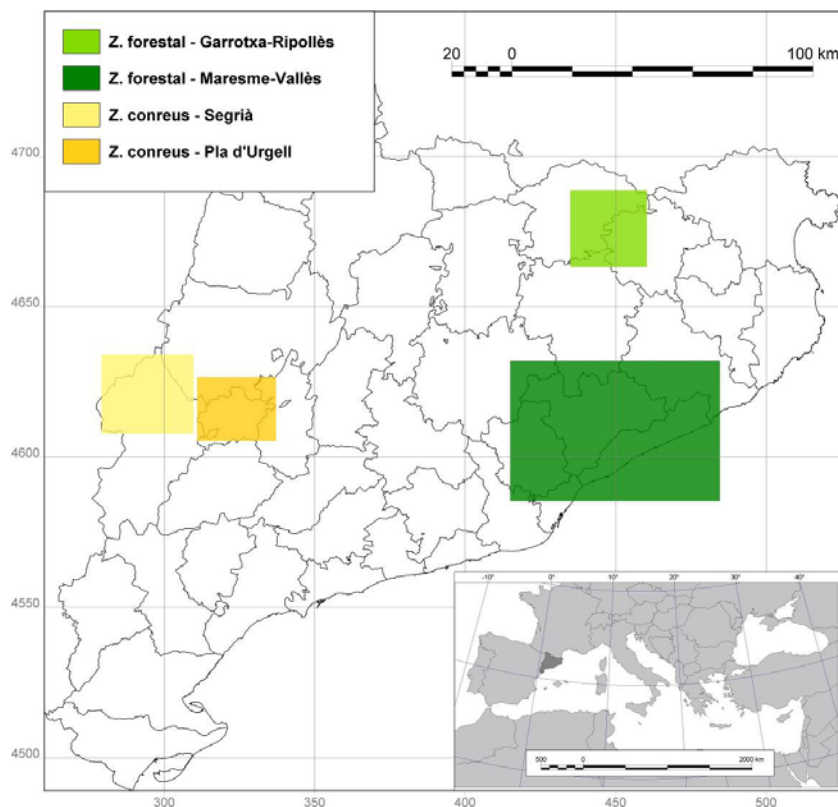
Cada ítem del banc de dades se sotmetrà a anàlisi digital per a quantificar la divergència en els resultats que suposa el treball amb imatges comprimides amb pèrdua. L'anàlisi dilucidarà, doncs, les implicacions per a la cartografia resultant de forma global, deixant per a posteriors estudis l'atenció als resultats en els diferents tipus de categories.

3. Material i mètodes

3.1 Àrees i escenes utilitzades

S'ha escollit dues àrees de grandària mitjana amb diferent grau de fragmentació espacial per a cada tipus de paisatge: forestal i agrícola. La situació de les 4 zones es mostra a la Figura 1.

Figura 1: Situació de les zones utilitzades per a l'estudi



Totes les zones s'han analitzat usant imatges del sensor ETM+ (Landsat-7 llançat el 15 d'abril de 1999) i del sensor TM (Landsat-5 llançat l'1 de març de 1994, sensor TM encara operatiu). El sensor ETM+ es va espallar el 31 de maig de 2003 (error a l'*Scan Line Corrector*) i, per tant, les imatges usades després d'aquesta data són TM.

Per a cada zona s'han escollit 4 o 5 imatges (dates) tenint cura que aquestes estiguessin distribuïdes al llarg de tot l'any per a treure profit de la diferent resposta espectral de les diferents cobertes al llarg del seu cicles fenològics anuals i poder augmentar així la capacitat de la classificació per a discriminar cobertes. Totes les imatges s'han corregit geomètricament i radiomètricament.

La primera àrea forestal és la zona de la Garrotxa-Ripollès i es va analitzar usant les imatges de les dates: 12-03-2003, 26-04-2002, 13-06-2002 i 16-08-2002. La segona àrea sobre zones forestals, més fragmentada, és la zona de Maresme-Vallès analitzada amb les imatges: 12-03-2003, 13-06-2002, 26-07-2003 i 11-08-2003. Les dues zones forestals es troben sobre la passada 197 i l'escena 31 de la imatge Landsat. La Figura 2 mostra la situació de les dues àrees d'estudi en zones forestals sobre una composició RGB d'aquestes imatges.

La primera àrea agrícola és situada al Segrià i la segona, més fragmentada, és la zona del Pla d'Urgell. Ambdues zones s'han analitzat usant les imatges de les dates 16-05-2004, 17-06-2004, 19-07-2004, 23-10-2004 i 08-11-2004. Les dues zones agrícoles es troben sobre la passada 198 i les escenes 31 i 32 de la imatge Landsat. La Figura 3 mostra la situació de les dues àrees d'estudi en zones agrícoles sobre una composició RGB d'aquestes imatges (mosaic de les dues escenes).

Figura 2: Situació de zones forestals sobre una composició RGB (4, 5, 3), imatge TM de l'11-08-2003

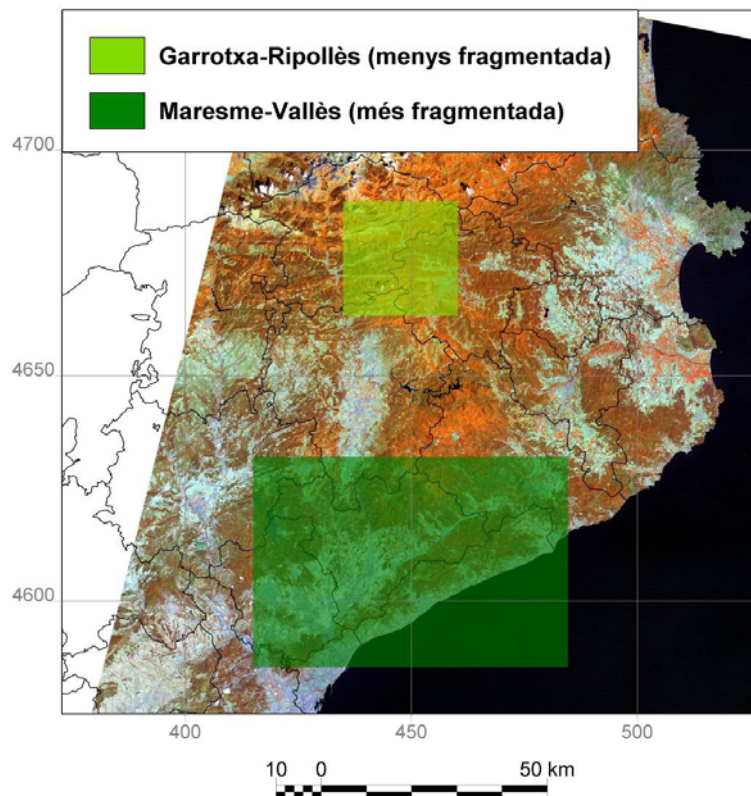
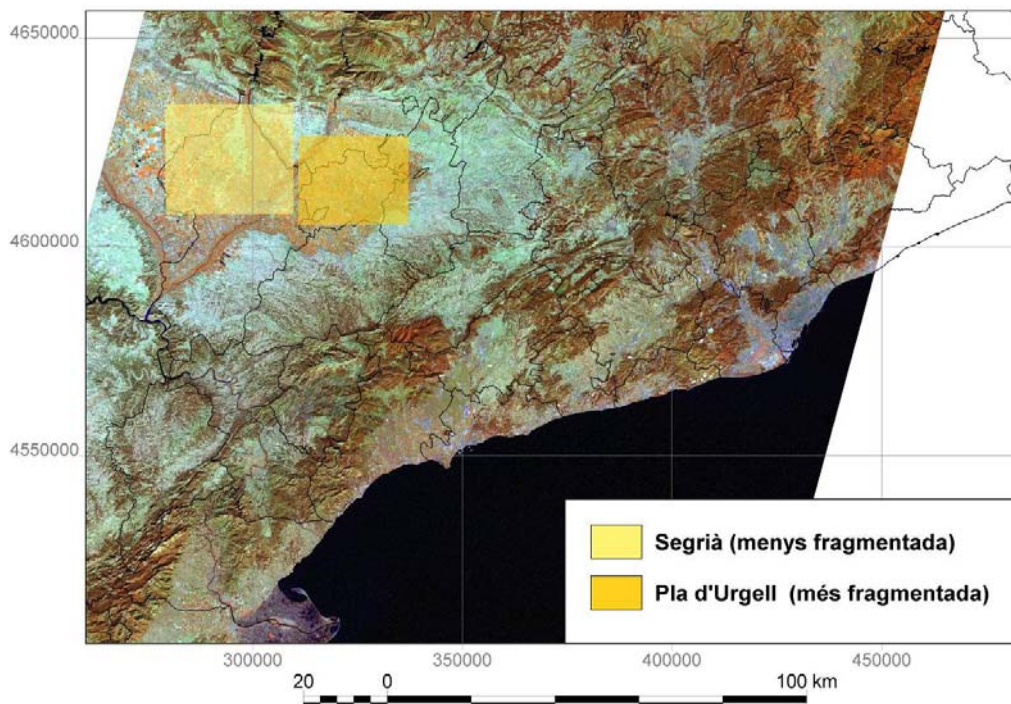


Figura 3: Situació de zones forestals sobre una composició RGB (4, 5, 3), imatge TM de l'11-08-2003



3.2 Compressió i descompressió d'imatges

a) Mesura de compressió

Com a mesura inicial de compressió s'utilitza la Raó de Compressió (*CR: compression ratio*) que es defineix com la mida del fitxer comprimit dividit per la mida del fitxer original i se sol expressar en tant per 1 o en tant per cent. Per exemple si un fitxer que ocupa 10 Mb es comprimeix i ocupa 2 Mb, la seva raó de compressió és 0.2, 20% o es pot expressar com la relació 5:1 (per indicar que la imatge sense comprimir és cinc vegades més gran que la imatge comprimida).

S'usa aquesta mesura donat l'objectiu aplicat de la recerca, que intenta arribar a obtenir pautes de compressió pels usuaris de les imatges. Cal notar, però, que una mateixa de raó de compressió pot significar una major o menor pèrdua de la qualitat visual de la imatge segons les seves característiques. Aquesta mesura de la diferència de valors entre les imatges comprimides i les imatges originals s'avalua amb el PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*).

b) Procés de compressió

La compressió de les imatges es realitza mitjançant l'aplicació JPEIMG de MiraMon, pel format JPEG, i amb l'aplicació BOÍ (desenvolupada pel Departament d'Enginyeria de la Informació i de les Comunicacions, dEIC) per al format JPEG 2000. L'exemple mostrat és una imatge comprimida en J2K a una raó de compressió de 0.01.

El format de compressió JPEG usa imatges de tipus byte (8 bits/píxel i per banda espectral), i per aquest motiu hem considerat necessari executar tota la bateria de classificacions en aquest format, de manera que les imatges originals es transformessin a aquest format usant un estirament lineal abans de realitzar les classificacions.

Per a totes les imatges comprimides es recuperen i documenten les metadades del procés de compressió realitzat sobre les mateixes (estàndard ISO 19115 (2003) i ampliacions del perfil del Gestor de MetaDades de MiraMon).

3.3 Classificació

Sobre les imatges de cada una de les zones d'estudi (després de la compressió, si s'escau) s'aplica una màscara obtinguda a partir del *Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya* (Burriel *et al.* 2002) per classificar només les zones forestals o agrícoles (segons convingui). La metodologia de classificació ha estat dissenyada per augmentar el seu encert (Moré *et al.* 2004, Serra *et al.* 2006) i es realitza una classificació híbrida que usa els mòduls IsoMM i ClsMix del MiraMon. Finalment s'avaluen els resultats de la classificació a partir d'àrees de test independents.

Tant les àrees d'entrenament (usades en la segona part de la classificació híbrida) com les àrees de test són obtingudes del *Mapa d'Habitats de Catalunya* (MHC), i són sotmeses a un tractament estadístic per garantir-ne la seva qualitat.

Per a les zones forestals, la llegenda objecte de la classificació conté 20 categories, però no totes les categories són presents a les dues zones. La descripció de les categories prové del MHC però ha estat lleugerament modificada i en alguns casos arriba a diferenciacions a nivell d'espècie. Per exemple, algunes de les categories que es classifiquen, i sense fer-ne un llistat exhaustiu, són: alzinars, boscos caducifolis mixts, rouredes, diversos tipus de pinedes (pi negre, roig, pinastres), bosquines i diversos tipus de prats.

Per a les zones agrícoles, la llegenda objecte de la classificació conté 6 categories, totes presents a les dues zones d'estudi. La descripció de les categories prové de la informació de les parcel·les continguda a les *Declaracions Úniques Agràries* (abreujat com DUN); però també lleugerament modificada.

Per comprovar l'efecte de les variables topo-climàtiques i de la compressió als resultats de la classificació s'han contemplat diversos escenaris segons:

- El tipus d'imatges utilitzades en la classificació: R per a classificacions només amb variables radiomètriques i RTC o RHN per a classificacions amb altres variables (topo-climàtiques per les zones forestals i NDVI i humitat per les zones de conreus)
- El mètode de compressió utilitzat: JPG o J2K (per a JPEG2000)

Per cada escenari s'han realitzat les classificacions a diverses raons de compressió (CR) i en tots els escenaris s'han utilitzat els mateixos valors dels paràmetres de classificació, aquells que maximitzen l'encert a la classificació de les imatges originals (sense compressió).

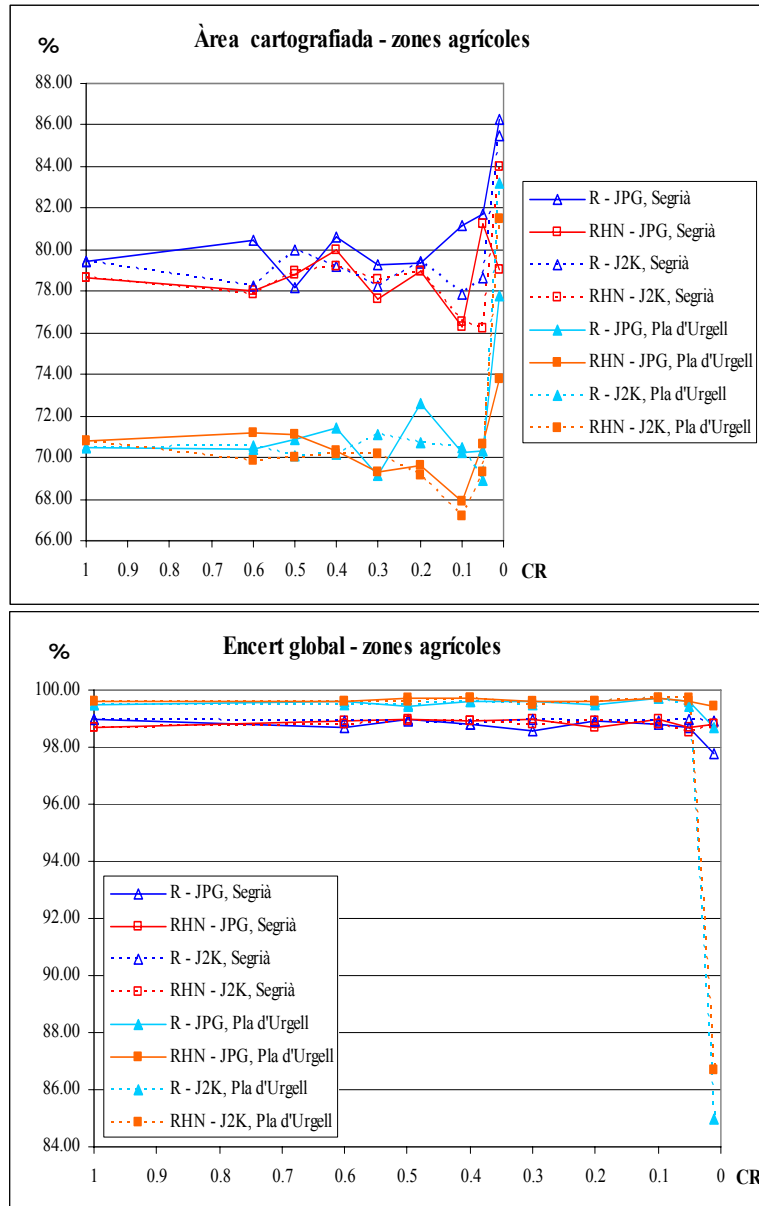
4. Resultats

4.1 Avaluació quantitativa de les classificacions obtingudes

Els resultats per a les zones forestals es mostren a la Figura 4 i els resultats per a les zones agrícoles a la Figura 5. Per cada zona es mostren el percentatge d'àrea

cartografiada obtingut per les classificacions, i l'encert global dels píxels classificats, ambdós en funció de la raó de compressió (CR).

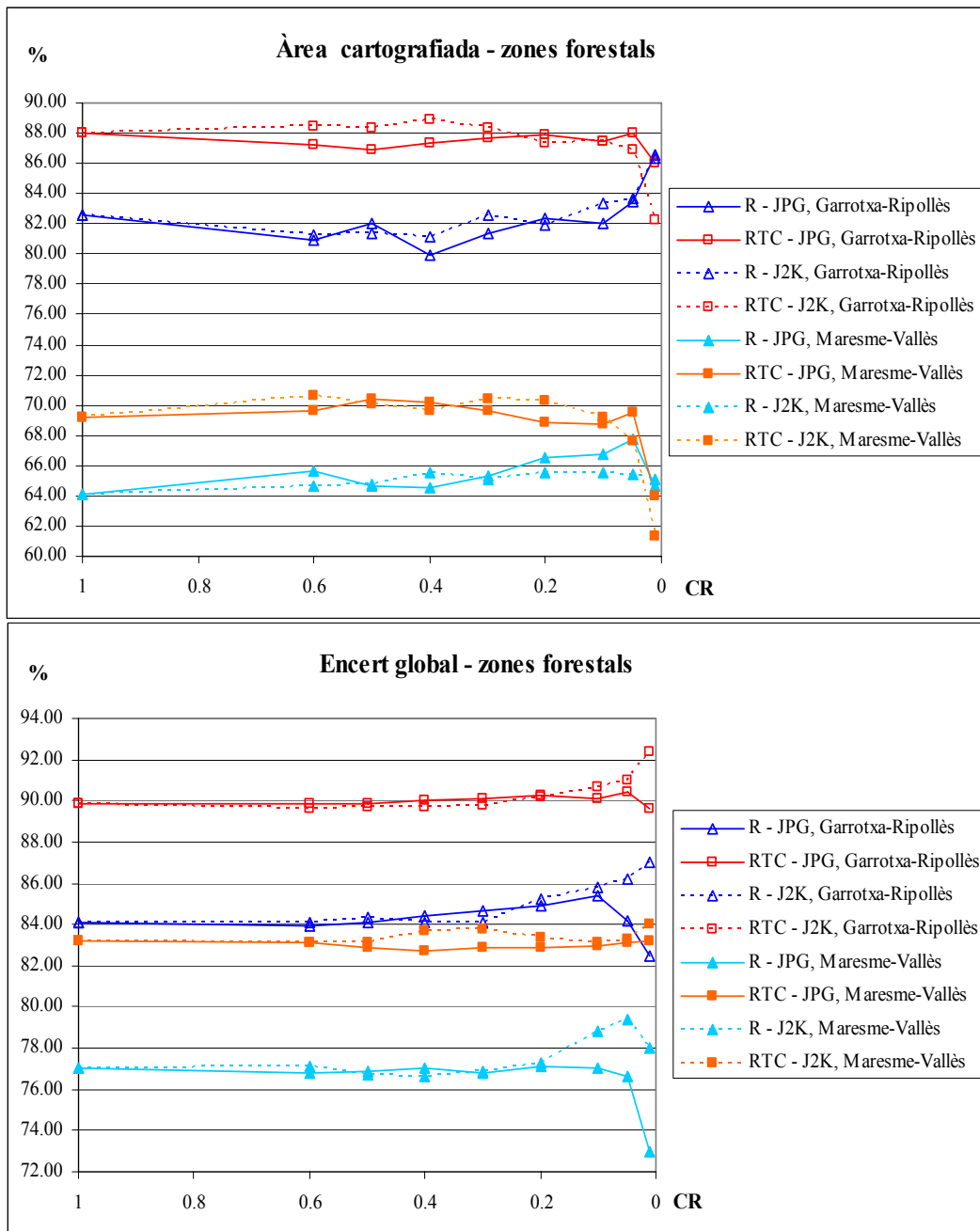
Figura 4: Resultats per a les zones forestals: Àrea cartografiada (gràfic superior) i Encert global (inferior) per la zona de la Garrotxa-Ripollès i Maresme-Vallès



En tots els gràfics es mostra en blau (fosc o clar segons la zona) les classificacions que només inclouen radiometria (escenari R) i en vermell/taronja (segons la zona) les classificacions que també inclouen altres variables (escenaris RTC i RHN). La línia contínua indica el mètode de compressió JPEG clàssic mentre que la línia discontinua mostra els resultats pel que fa al mètode JPEG 2000 (J2K).

La taula 1 indica les CR òptimes en cada escenari de compressió (JPG o J2K) i per cada escenari de classificació (R o RTC/RHN) així com els efectes d'aquesta compressió sobre CR més elevat que no afectés (o afectés poc) a l'encert i l'àrea classificada. les classificacions realitzades. Aquesta CR òptima s'ha escollint intentant agafar sempre el CR més elevat que no afectés (o afectés poc) a l'encert i l'àrea classificada.

Figura 5: Resultats per a les zones agrícoles: Àrea cartografiada (gràfic superior) i Encert global (inferior) per la zona de la Segrià i Pla d'Urgell



Els resultats obtinguts en aquesta recerca (mostrats a la taula 1) indiquen que:

- En zones forestals, i si es vol emprar JPEG clàssic, s'aconsella comprimir les imatges si es treballarà amb un escenari de classificació que utilitzi només variables radiomètriques (fins a una CR 0.20-0.10) però es desaconsella si es volen usar també variables topo-climàtiques.
- En zones forestals, i si es vol emprar JPEG 2000, s'aconsella també comprimir les imatges si es treballarà amb un escenari de classificació que utilitzi només variables radiomètriques (fins a una CR 0.10-0.05) però no es recomana especialment si es volen usar també variables topo-climàtiques (fins a una CR 0.30).

- En zones agrícoles, i si es vol emprar JPEG clàssic, s'aconsella comprimir les imatges si es treballarà amb un escenari de classificació que utilitzi només variables radiomètriques (fins a una CR 0.20) i es desaconsella si es volen usar també altres variables en la classificació (NDVI i humitat).
- En zones agrícoles, i si es vol emprar JPEG 2000, no es recomana especialment comprimir les imatges ni en un escenari de classificació que utilitzi només variables radiomètriques (fins a una CR 0.30) ni si es volen usar també altres variables en la classificació (NDVI i humitat, fins a una CR 0.40).

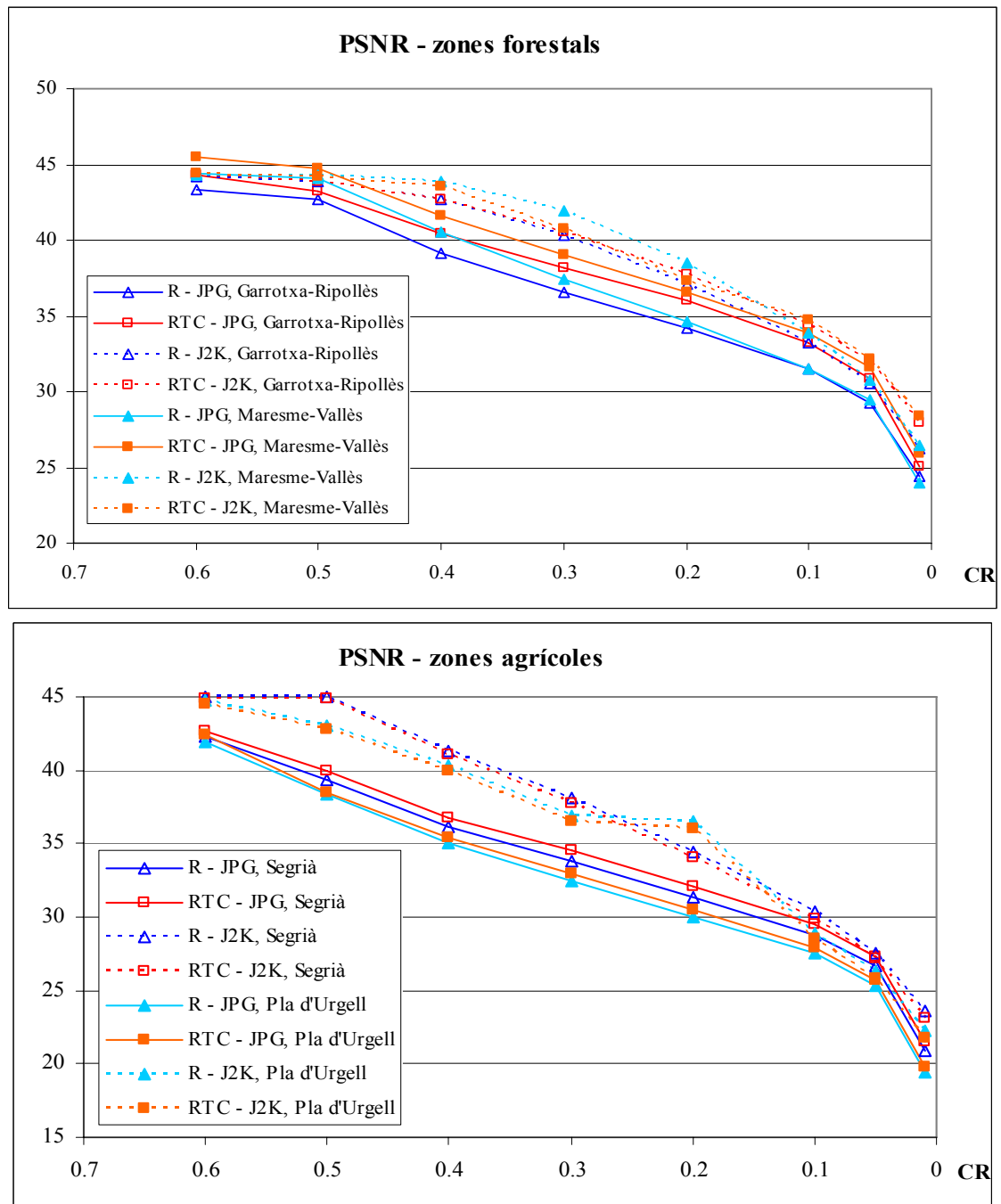
Taula 1: Resum de les compressions admeses i els efectes d'aquesta compressió sobre la classificació, per als dos tipus de paisatge i els diferents escenaris estudiats

		Zones forestals			Zones agrícoles		
		Compressió admesa	Efectes sobre classificació	Conclusió	Compressió admesa	Efectes sobre classificació	Conclusió
Només Radiometria	JPEG	++ CR 0.20-0.10	=+ Àrea: similar o màxim + 2.6 Encert: similar o màxim + 1.3	Sí	++ CR 0.20	==+ Àrea: similar o màxim + 2.1 Encert: similar	Sí
	J2K	++ CR 0.10-0.05	+ Àrea: + 1.2 Encert: màxim + 2.4	Sí	+ CR 0.30	= Àrea: + 0.7, - 1.2 Encert: igual	Sí*
Radiometria i altres variables	JPEG	+ CR 0.50	+ / - Àrea: ± 1.2 Encert: similar o - 0.3	No	-	-	No
	J2K	+ CR 0.30	=+ Àrea: similar o màxim + 1.2 Encert: similar o màxim + 0.6	Sí*	+ CR 0.40	=+ Àrea: ± 0.6 Encert: similar	Sí*

4.2 Avaluació qualitativa de les classificacions obtingudes

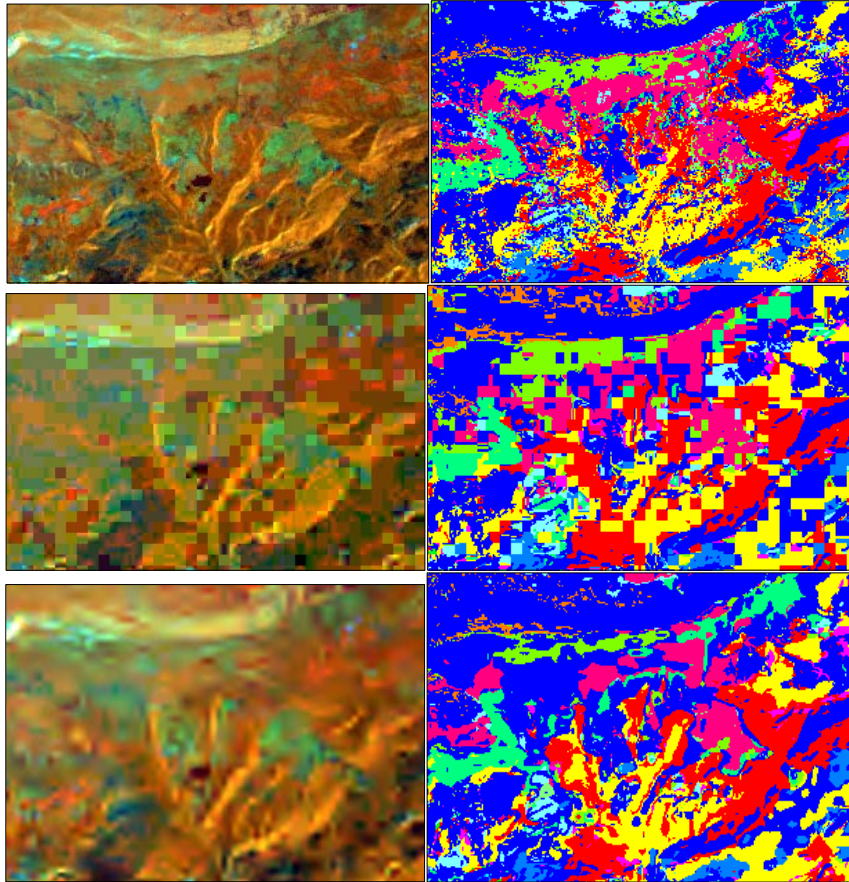
El PSNR és un indicador de la diferència entre dues imatges. La compressió no conservativa modifica els valors originals de la imatge, de manera que la imatge comprimida no és exactament igual a la imatge original. El PSNR es mesura en una escala logarítmica de manera que, com més elevats són els valors de PSNR, més similar són les dues imatges comparades. La Figura 6 indica el PSNR mitjà de totes les imatges calculat per a cada raó de compressió i zona.

Per a totes les zones es pot comprovar que el PSNR del format de compressió JPEG2000 (línies discontinues) és sempre superior al del format de compressió JPEG. Això vol dir que aconseguint la mateixa disminució de mida del fitxer, JPEG2000 aconsegueix emmagatzemar una imatge més similar a l'original. Aquests resultats ja es mostraven en els resultats quantitatius d'avaluació de les classificacions ja que l'efecte de la compressió en les classificacions a les diferents CR era sempre menor en els escenaris amb compressió JPEG2000.

Figura 6: PSNR de les imatges comprimides respecte les imatges originals per a les zones forestals (superior) i agrícoles (inferior)

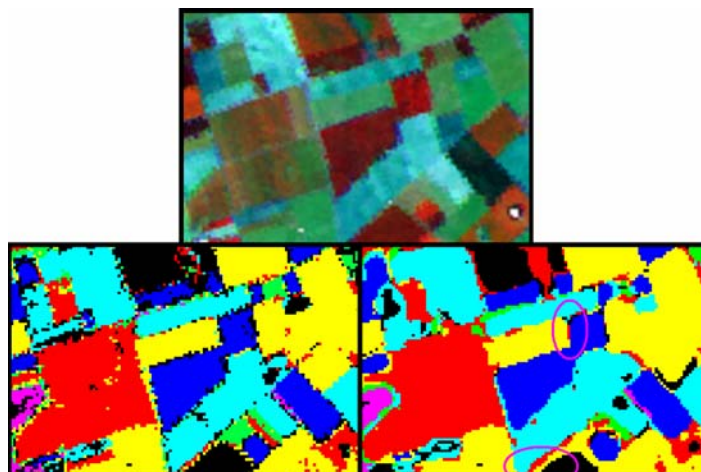
Des del punt de vista de l'aspecte visual de les imatges i classificacions obtingudes, una característica particularment interessant de les classificacions obtingudes a partir de les imatges comprimides JPEG 2000 (J2K) és que aquestes tenen menor efecte de “sal i pebre”, de manera que, des d'un punt de vista cartogràfic, aquest mètode és més efectiu tant per zones forestals (vegeu Figura 7) com per zones agrícoles. D'altra banda, les imatges comprimides usant JPEG clàssic a raons de compressió reduïdes presenten ben visible l'efecte dels blocs de compressió, tant a les imatges comprimides com a la classificació obtinguda a partir d'aquestes imatges (vegeu Figura 7).

Figura 7: A la dreta es mostren les composicions RGB (4, 5, 3) d'un fragment de la imatge del 13-06-2002 sobre la zona forestal de la Garrotxa-Ripollès, i a la dreta la classificació obtinguda. La primera imatge i classificació correspon a les imatges originals, les segones a les imatges JPEG a CR de 0.01 i les darreres a les imatges JPEG2000 també a una CR de 0.01



També és important destacar que a les zones limítrofes entre classes espectrals molt diferenciades, la compressió produeix efectes de barreja que comporten errors en aquestes zones. A la Figura 8 es pot observar que a la classificació basada en JPEG 2000 les zones limítrofes entre la userda (groc) i els cereals d'hivern (blau fosc) i el blat de moro (blau clar) es classifiquen com arbres fruiters (vermell).

Figura 8: Efectes de frontera (zona agrícola): composició RGB bandes 4, 5, 3 (superior), classificació original (esquerra) i classificació J2K - CR 0.01 (dreta)



Aquests efectes de frontera tindran especial impacte en futurs estudis de canvis d'usos dels sòl que podran veure emmascarats els seus resultats per la classificació errònia a les zones limítrofes, fet agreujat per la quasi inexistència d'àrees de test a aquestes zones, de manera que no es veu reflectida la disminució de l'incert global.

5. Conclusions

En termes generals, els efectes de la compressió amb pèrdua sobre la cartografia obtinguda no són negatius sempre i quan no se sobrepassin unes raons de compressió massa reduïdes. Ambdues estratègies de compressió (JPEG i JPEG2000) a CR massa reduïdes generen, en primer lloc, efectes visuals que no es reflecteixen en els resultats numèrics de l'avaluació de la classificació (amb els mètodes d'avaluació utilitzats) i, a CR encara més reduïdes, aquests efectes esdevenen notables també en els resultats de l'avaluació de la classificació.

6. Bibliografia

- Aboufadel, E. (2001): *JPEG 2000: the next compression standard using wavelet technology*. http://www.gvsu.edu/math/wavelets/student_work/EF/index.html
- Adams, M. D. (2001): *The JPEG-2000 still image compression standard*, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 N2412. 17
- Burriel, J.A.; J.J. Ibáñez, X. Pons (2002): “El Mapa de Cubiertas del Suelo de Cataluña: Herramienta para la gestión y la planificación territorial”, en Junta de Andalucía (Ed.): *Montes para la sociedad del nuevo milenio. III Congreso Forestal Español*. Granada, 3, 83-89.
- Chuvieco, E. (2002): *Teledetección ambiental*. Ed. Ariel. Barcelona. 587 p.
- ISO 19115 (2003): *International Standard: Geographic information – Metadata. ISO 19115:2003*. Technical Committee 211
- ISO/IEC 10918-12 (1994): *Digital compressing and coding for continuous-tone still images*.
- ISO/IEC 15444-1 (2000): *JPEG 2000 image coding system - Part 1: Core coding system*.
- Landgrebe D. (2000): “Information Extraction Principles and Methods for Multispectral and Hyperspectral Image Data”. In C. H. Chen (Ed.) *Information Processing for Remote Sensing*. World Scientific Publishing Co. USA.
- Lee, J.B.; A.S. Woodyatt, M. Berman (1990): “Enhancement of high spectral resolution remote sensing data by a noise-adjusted principal components transform”. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28: 295-304.
- Li, Z.L.; X.X. Yuan, W.K.K. Lam (2002): “Effects of JPEG compression on the accuracy of photogrammetric point determination”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(8): 847-853.
- Moré, G.; J.A. Burriel, R. Castells, J.J. Ibáñez, X. Pons, X. Roijals (2004): “Diferenciación de cubiertas de bosque para el Mapa de Cubiertas del Suelo de Catalunya a partir de la clasificación de imágenes Landsat”, *Jornadas de inventario y teledetección forestal (INVETEL 2004)*.
- Paola, J.D., R.A. Schowengerdt (1995): “The effect of lossy image compression on image classification”. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1995. IGARSS '95. 'Quantitative Remote Sensing for Science and Applications'*, International 1: 118 –120.



- Pennebaker, W.B., J.L. Mitchell (1993): *JPEG still image data compression standard*. Van Nostrand. New York, NY.
- Pérez, C.; D. Aguilera, A. Muñoz (2003): “Estudio de viabilidad del uso de imágenes comprimidas en procesos de clasificación”. In Perez Utrero, R., P. Martínez Cobo. *Teledetección y desarrollo regional. X Congreso Nacional de Teledetección*. ISBN: 84-607-8649-8. pp 309-312.
- Serra, P., G. Moré, X. Pons (2006): "Weighting fidelity versus classified area in remote sensing classifications from a pixel and a polygon perspective" In *Seventh International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. 5-7 July. (en premsa)
- Shih, T.Y.; J.K. Liu (2005): “Effects of JPEG 2000 compression on automated DSM extraction: Evidence from aerial photographs” *Photogrammetric Record*, 20 (112).
- Taubman, D.S.; M.W. Marcellin (2002): *JPEG 2000: Image compression fundamentals, standards and practice*. Kluwer Academic Publishers.
- Tintrup, F., F. De Natale, D. Giusto (1998): “Automatic land classification vs. data compression: a comparative evaluation”. *Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, 1998. IGARSS '98*. 1998 IEEE International, 4: 1751 – 1753.
- Wallace, G.K. (1991): “The JPEG still picture compression Standard”. *Communications of the ACM*, 34(4): 30-44.
- Xu, B.; P. Gong, E. Seto, R. Spear (2003): “Comparison of gray-level reduction and different texture Spectrum encoding methods for land-use classification using a panchromatic Ikonos image”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(5): 529-536.