

DETERMINACIÓ DE LA SUPERFÍCIE NIVAL A CATALUNYA MITJANÇANT LA TELEDETECCIÓ

C. Cea ⁽¹⁾, J. Cristóbal ⁽¹⁾, P. Serra ⁽¹⁾, X. Pons ^(1 i 2), J. Pastor ⁽³⁾ i M. Monterde ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona.

⁽²⁾ Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Universitat Autònoma de Barcelona.

⁽³⁾ Agència Catalana de l'Aigua. Departament de Medi Ambient i Habitatge

RESUM

La determinació de la superfície nival és essencial per calcular el volum d'aigua que drena cap a les conques hidrològiques procedent de la fusió nival. El coneixement d'aquesta coberta es pot abordar a partir de la presa de dades puntuals durant campanyes de camp i la seva posterior interpolació, tot i aquesta darrera via no acostuma a proporcionar una cobertura espacial i temporal de prou detall i qualitat.

Altrament, i precisament per la seva resolució espacial i temporal, la Teledetecció pot proporcionar una bona estimació de la coberta. En aquest article s'exposa la metodologia utilitzada per la detecció de la coberta nival de Catalunya mitjançant l'ús d'imatges Landsat-7 ETM+ i Landsat-5 TM durant el període 2002-2006.

RESUMEN

La determinación de la superficie nival es esencial para calcular el volumen de agua que drena hacia las cuencas hidrológicas procedente de la fusión nival. El conocimiento de esta cubierta se puede tratar a partir de la toma de datos puntuales durante campañas de campo y su posterior interpolación, aunque éste último método no acostumbra a proporcionar una cobertura espacial y temporal con suficiente detalle y calidad.

Así pues, y precisamente por su resolución espacial y temporal, la Teledetección puede proporcionar una buena estimación de la cubierta. En este artículo se expone la metodología utilizada para la detección de la cubierta nival de Catalunya mediante el uso de imágenes Landsat-7 EMT+ y Landsat-5 TM durante el período 2002-2006.

1. INTRODUCCIÓ

L'estudi de la coberta nival juga un paper fonamental en la gestió i planificació eficient dels recursos hídrics donat que una part de l'aigua de desglaç proveeix els embassaments, com succeeix a Catalunya. Per obtenir el volum d'aigua provinent de la fusió nival es requereixen principalment dues fonts d'informació: la coberta nival i les propietats de la neu (densitat, gruix, etc). L'obtenció d'aquesta informació s'aconsegueix usualment mitjançant campanyes de camp puntuals, o bé, mitjançant xarxes automàtiques però avui en dia aquestes opcions són inviables en una àrea tan extensa com és el Pirineu català. En aquest sentit, les aproximacions obtingudes mitjançant la Teledetecció amb l'aparició de nous sensors de major resolució espacial, temporal i radiomètrica, poden resultar enormement útils a l'hora de delimitar amb exactitud la superfície innivada (Dozier 1989, Dozier 1991, Fily *et al.*, 1999; Swamy i Brivio, 1996).

En aquest context es situa el projecte de Teledetecció que està desenvolupant el Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona per a l'Agència Catalana de l'aigua (ACA) on es duu a terme l'estudi i el seguiment de la coberta nival a escala de semidetall des de l'any 2002.

2. MATERIAL I ÀREA D'ESTUDI

L'àrea d'estudi comprèn tota Catalunya (nordest de la Península Ibèrica), situada entre les següents coordenades UTM-31N: X mínima: 260358, X màxima: 527466, Y mínima: 4488997, Y màxima: 4748223; i amb una superfície aproximada de 32000 km². Aquesta àrea s'ha ampliat per l'oest per tal d'abastar les conques que drenen cap a Catalunya tot i que es troben en una altra comunitat autònoma.

Per a l'elaboració d'aquest estudi s'han emprat les imatges Landsat-7 ETM+ pel període gener 2002 - maig 2003, i Landsat-5 TM pel període juliol 2003 - juny 2006. La resolució espacial és de 30 m per a les bandes 1-5 i 7 per ambdós satèl·lits, 60 metres i 120 metres la banda tèrmica de Landsat-7 i Landsat-5 respectivament, i 15 metres la banda pancromàtica de Landsat-7. El període de revisita és de 16 dies i la resolució espectral cobreix el rang de longituds d'ona de 0.45-12.5 µm.

Per cobrir tota Catalunya es necessiten 3 escenes: l'òrbita 197 i fila 31 (Girona i Barcelona), l'òrbita 198 i fila 31 (Lleida) i l'òrbita 198 i fila 32 (Tarragona), amb una àrea d'encavalcament entre les òrbites 197 i 198 d'aproximadament de 50 km.

3. METODOLOGIA I RESULTATS

3.1 Processament de les imatges Landsat

Les imatges adquirides per subscripció a través del "Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial" es processen al Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona mitjançant amb el programa MiraMon (Pons, 2004) seguint els següents passos:

- Correcció geomètrica: Les imatges s'han corregit geomètricament mitjançant tècniques avançades basades en polinomis de primer grau amb un ajust polinòmic amb zetes y considerant el relleu a través d'un MDE realitzat per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) (Palà i Pons, 1995). La mida de píxel de la imatge corregida és de 20 m en lloc dels 30 m originals per a totes les bandes, llevat per a la banda pancromàtica que manté els 15 m de la imatge original. El motiu rau en que es produeix una millora visual i estadística degut a que l'ús del tipus de remostreig, veí més proper, comporta la pèrdua de píxels. L'error planimètric resultant de la correcció *Root Mean Square* (RMS) és inferior a un píxel en tots els casos.
- Correcció radiomètrica: Aquesta correcció permetrà convertir els DN de les imatges a variables físiques (reflectàncies) a partir de la informació procedent de la capçalera del format original de les imatges, tot i que s'ha de tenir en compte la lectura d'aquesta informació (Cristóbal *et al.* 2004). Per dur a terme la correcció s'ha seguit el mètode proposat per Pons i Solé (1994) per a corregir radiomètricament les bandes no tèrmiques. D'aquesta manera es redueix els efectes de la influència de l'atmosfera, i també els efectes de la il·luminació segons la posició Terra-Sol, i la data de la presa de la imatge. Aquest mètode també té en compte el relleu, angles d'incidència, ombres projectades, etc.
- Aplicació d'una màscara de núvols i ombres: Els núvols i les ombres produïdes per aquests s'eliminen de les imatges ja que poden influir en la confusió amb altres cobertes. Aquest filtre s'obté seguint la metodologia proposada per Cea *et al.* (2005).

3.2 Obtenció de la coberta nival

Un cop realitzat el processament anterior, s'aplica a les imatges una metodologia àmpliament usada en la determinació de la coberta nival mitjançant dades de Teledetecció proposada per Dozier (1989) i Dozier (1991) i basada en la creació de l'índex *Normalized Difference Snow Index* (NDSI). Aquest índex es calcula amb els canals espectrals del verd (0.52-0.60 µm) i infraroig mitjà (1.55-1.75 µm), essent el comportament de la neu en el canal verd molt reflexiu i en el canal 5 molt absorbiu (fet que el diferencia de la coberta nuvolosa, molt reflexiva en tots els canals llevat del tèrmic).

$$\text{NDSI} = (\text{Canal 2} - \text{Canal 5}) / (\text{Canal 2} + \text{Canal 5})$$

L'autor proposa establir un llindar de valors superiors a 0.4 per discriminar la coberta nival d'altres cobertes. No obstant, el mètode presenta dos inconvenients: selecció de masses d'aigua i selecció de píxels en ombres orogràfiques. Aquesta problemàtica es soluciona per una banda, mitjançant una màscara de masses d'aigua extreta de la informació dels fulls topogràfics 1: 50 000 del ICC i, per l'altra, digitalitzant una màscara que englobi tot el perímetre general de neus, llevat de les ombres dures, per evitar la comissió de píxels aïllats.

La figura 1 correspon a una ortoimatge mosaicada de l'òrbita 198 (combinació RGB amb les bandes 4-5-3) per la data 14/04/2006 on s'observa la coberta nival de color fúcsia. La figura 2 mostra el càlcul del NDSI per la mateixa data on colors blavosos indiquen un valor alt en l'índex NDSI, corresponents a la coberta nival, així com alguns píxels corresponents a les masses d'aigua (el mar i alguns embassaments).

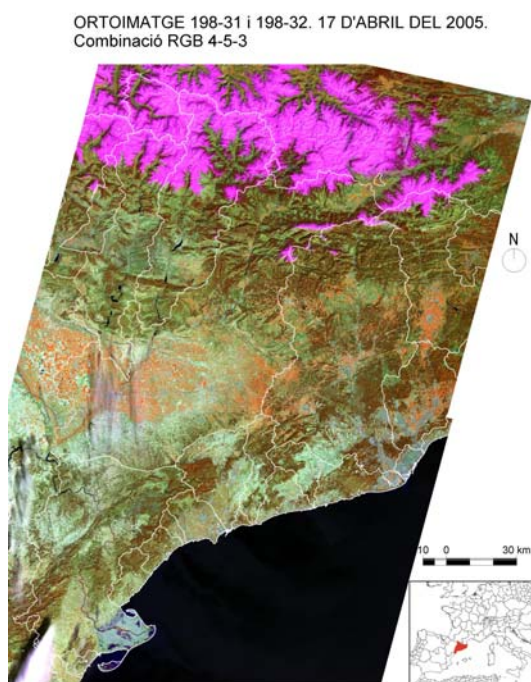


Figura 1: Ortoimatge 198-31 i 32 del 17/04/2005. Composició RGB 4-5-3.

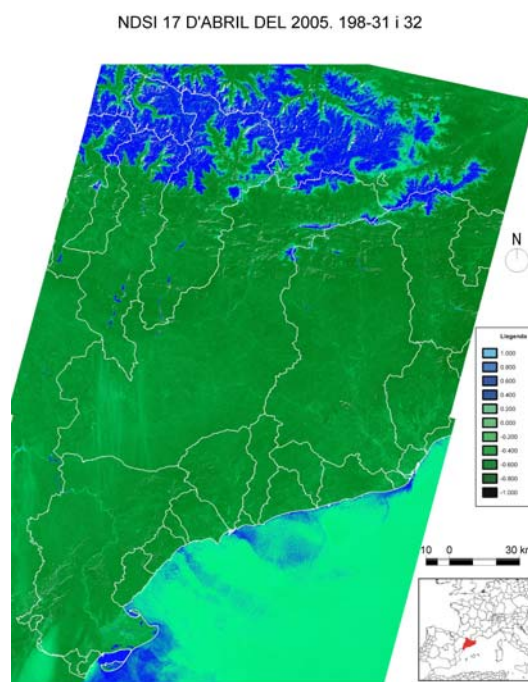


Figura 2: NDSI de la imatge 198-31 i 32 del 17/04/2005.

La figura 3 mostra en detall el NDSI de la capçalera de la conca de la Noguera Ribagorçana, i la figura 4 mostra el resultat de la selecció dels valors superiors a 0.4 del índex classificats ja com a coberta nival.

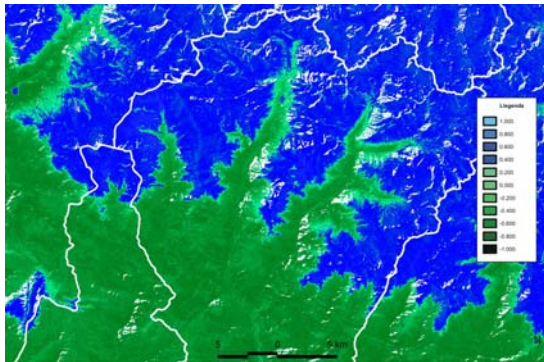


Figura 3: Detall del NDSI 17/04/2005. Conca de la Noguera Ribagorçana. Les ombres orogràfiques estan representades amb color blanc (valor de fons).

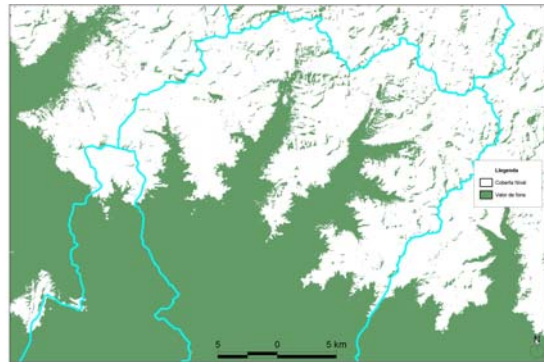


Figura 4: Selecció de valors > 0.4 del NDSI i aplicació de les màscares de masses d'aigua i de perímetre per a la data 17/04/2005. Conca de la Noguera Ribagorçana.

CONCLUSIONS

Tot i que amb el mètode proposat per Dozier s'obtenen bons resultats en la discriminació de la superfície nival de totes les imatges, les millores proposades (implementació de la màscara de masses d'aigua i de la màscara del perímetre de neu) disminueixen els errors de comissió de l'índex NDSI sobre d'altres cobertes, ombres orogràfiques i masses d'aigua.

L'obtenció d'una cartografia de la coberta nival a escala regional i de semidetall resulta molt interessant a l'hora de combinar aquesta dada amb altres paràmetres referents a les propietats de la neu (gruix, densitat, etc.) i amb d'altres variables relacionades (orientació, altitud, temperatura, etc.), utilitzant Sistemes d'Informació Geogràfica per generar modelitzacions de diferents paràmetres nivals, amb l'objectiu de conèixer els recursos hídrics de què es disposa, tenint en compte la important i creixent demanda hídrica.

En el cas de disposar de dades de sensors aerotransportats actius com el LIDAR, es podria obtenir el gruix de neu que, conjuntament amb la cartografia de la coberta nival obtinguda i la densitat, ajudarien a calcular amb major precisió el volum d'aigua existent a la coberta de neu (SWE, *Snow Water Equivalent*) per tot Catalunya.

REFERÈNCIES

- Cea, C., Cristóbal, J., Serra, P. y Pons, X. 2005. Mejoras en la detección semiautomática de nubes y sombras en imágenes Landsat. Congreso de Teledetección. XI Congreso Nacional de Teledetección, pp. 359-362.
- Cristóbal, J., Pons, X., Serra, P., 2004. Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa. Revista de Teledetección, 21, pp. 55-59.
- Dozier, J., 1989. Spectral Signature of Alpine Snow Cover from the Landsat Thematic Mapper. Remote Sensing of Environment, 28:9-22.
- Dozier, J., 1991. Remote sensing of alpine snow cover invisible and near-infrared wavelengths. <http://www.avalanche.org/~moonstone/1991%20cssa%20symposium/REMOTE%20SENSING%20OF%20ALPINE%20SNOW%20COVER.htm>. [pàgina visitada el dia 28-11-2002]

Palà, V., Pons, X., 1995. Incorporation of relief into geometric corrections based on polynomials. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, pp. 935-944.

Pons, X., Solé-Sugrañes, L., 1994. A Simple Radiometric Correction Model to Improve Automatic Mapping of Vegetation from Multispectral Satellite Data. *Remote Sensing of Environment*, 47:1-14.

Pons, X. (2004) "MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de Teledetecció" Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF. Bellaterra. ISBN: 84-931323-4-9

Fily, M.; Dedieu, J. P.; Durand, Y., 1999. Comparison between the results of a snow metamorphism model and remote sensing derived snow parameters in the Alps. *Remote Sensing of Environment*, 68: 254-263.

Swamy, A. N., Brivio, P. A., 1996. Hydrological modelling of snowmelt in the Italian Alps using visible and near infrared remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 17: 3169-3188.