

## **AVALUACIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS EMMAGATZEMATS EN FORMA DE NEU AMB LÚS DE TÈCNiques LIDAR.**

J.Marturia<sup>1</sup>, P.Oller<sup>1</sup>, A.Ruiz<sup>2</sup>, y P.Martinez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Institut Geològic de Catalunya

<sup>2</sup>Institut Cartogràfic de Catalunya

### **RESUM**

El projecte d'aplicabilitat de la tecnologia LIDAR per l'avaluació dels recursos hídrics és un projecte liderat per l'Institut Geològic de Catalunya en col·laboració amb l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Donada la demanda creixent d'aigua, cada vegada més, s'imposa un control acurat dels recursos hídrics. El coneixement dels recursos en forma de neu existents al Pirineu és de vital importància i té múltiples aplicacions. Amb la xarxa nivometeorològica de l'IGC-SMC ja es determina actualment la densitat de la neu i el gruix del mantell de forma puntual. Amb el làser aerotransportat es pot determinar l'extensió del territori amb mantell estacional i el seu gruix, amb precisió. L'objectiu d'aquest projecte és validar la precisió del làser aerotransportat en la cartografia de superfícies innivades, i la seva utilitat en l'estimació de recursos hídrics emmagatzemats en forma de neu.

### **RESUMEN**

El proyecto de aplicabilidad de la tecnología LIDAR para la evaluación de recursos hídricos es un proyecto liderado por el Institut Geològic de Catalunya en colaboración con el Institut Cartogràfic de Catalunya. Debido a la creciente demanda de agua, cada vez más, se impone un control preciso de los recursos hídricos. El conocimiento de los recursos en forma de nieve existente en el Pirineo es de vital importancia y tiene múltiples aplicaciones. Con la red nivometeorológica del IGC-SMC se determina actualmente la densidad de la nieve y el espesor del manto de forma puntual. Con el láser aerotransportado se puede determinar la extensión del territorio con manto nivoso estacional y su espesor, con precisión. El objetivo de este proyecto es validar la precisión del láser aerotransportado en la cartografía de superficies innivadas, y su utilidad en la estimación de recursos hídricos almacenados en forma de nieve.

### **OBJECTIU**

L'objectiu d'aquest projecte és establir la utilitat del LiDAR (Light Detection And Ranging) aerotransportat com a eina per calcular el potencial hídric emmagatzemat en forma de neu. Per determinar el volum d'aigua en forma de neu és imprescindible conèixer amb la màxima precisió possible la distribució del mantell nival, així com els seus paràmetres de gruix i densitat. A partir d'aquests paràmetres es pot calcular el Snow Water Equivalent (SWE) i aplicar diferents models de fusió per tal d'incorporar les dades en un SAIH (Sistema Automàtic d'Alerta Hidrogeològica). Aquest projecte és una col·laboració entre l'Institut Geològic de Catalunya i l'Institut Cartogràfic de Catalunya. En aquest article es presenten els resultats preliminars de la primera campanya cartogràfica realitzada, i les perspectives de futur.

### **ANTECEDENTS**

La neu i les glaceres aporten almenys un terç de l'aigua utilitzada per irrigació en el món, essent la principal font d'aport d'aigua de països com Xina, Índia, USA, Canadà, Pakistan, Afganistan, Rússia, Nepal, i de certs països europeus (Singh&Singh, 2001). Per tant el volum d'aigua

emmagatzemada en forma de neu actua com un sistema natural regulador del cicle de l'aigua i per tant condiciona la gestió dels recursos hídrics. És per això que s'han realitzat molts treballs per establir el seu comportament dinàmic i la seva quantificació. Un dels punts més crítics es la determinació de l'extensió i gruix del mantell nival. A Espanya és vigent el programa *Estudio de Recursos Hídricos derivados de la INnivación* –ERHIN que se centra en l'estudi de la quantificació del volum d'aigua emmagatzemada en forma de neu i la previsió de la seva evolució. El seu objectiu principal és conèixer la disponibilitat dels recursos hídrics i realitzar una gestió òptima dels embasaments i garantir l'abastament i els cabals ecològics així com regular circumstàncies extremes d'avinguda i sequera. Concretament s'aplica a les conques de capçalera dels Pirineus, Cordillera Cantàbrica, Sistema Central i Ibèric, i Sierra Nevada (Cobos, 2006). El programa ERHIN es basa en la utilització de mètodes hidrològic-estadístics integrats en el SAIH per a la quantificació de neu acumulada i el càlcul d'aigua acumulada. Les simulacions obtingudes per aquest mètode es calibren utilitzant dades reals (gruixos i densitats) obtingudes al llarg de 3 campanyes de camp per temporada a partir d'una xarxa fixa de medició (perxes nivomètriques i estacions nivometeorològiques automàtiques) i la utilització d'imatges satèl·lit per a l'extensió de la superfície innivada.

## **METODOLOGIA I RESULTATS DE LA CAMPANYA**

### **El Lidar**

El LIDAR és un sistema actiu basat en un sensor làser. Consisteix en l'emissió d'un pols làser i el càlcul del temps que triga en arribar a la superfície de mesura i tornar al sensor. Bàsicament està compost per:

- un distànciòmetre làser emissor i receptor
- Sistema d'escombrat
- GPS-INS (per l'aerotransportat)

Actualment el LiDAR aerotransportat és la tecnologia més precisa per a la generació de models digitals del terreny (MDT) amb 1 o 2 m de resolució espacial de grans extensions de terreny, amb una precisió en alçada de fins a 15cm. Aquesta tecnologia permet mesurar l'alçada real del terreny fins i tot per sota de la vegetació.

Aquestes característiques del LIDAR aporten una sèrie d'avantatges respecte altres tècniques utilitzades per el càlcul de la innivació, com són:

- Independència respecte els satèl·lits.
- Major resolució i precisió de les dades
- Major volum de dades

### **Metodologia**

En aquest article es presenta la feina feta per tal d'arribar a establir la distribució del mantell nival aplicant tècniques LIDAR. La utilització del LiDAR permet obtenir d'una manera ràpida dades sobre el gruix de neu per grans extensions del territori, en front dels mètodes utilitzats fins ara que es basen en la captura de dades puntuals i discretes. Aquest volum de dades facilita i permet millorar l'anàlisi espacial per tal d'obtenir un model amb la distribució del mantell nival. La metodologia seguida es pot resumir sintèticament en els següents passos:

1. Establiment d'una zona pilot a la Vall de Núria
2. Generació del MDT sense cobertora de neu.
3. Generació del MDT amb cobertora de neu.
4. Càlcul del gruix de neu per diferencia entre els dos models.

El 9 de març de 2004 es va iniciar la primera fase del projecte, que va consistir en la realització del primer vol LiDAR i una campanya de presa de dades en camp. Aquest primer vol va permetre generar un MDT de la superfície innivada. D'altra banda, la campanya de camp va servir per mesurar els gruixos de neu sobre el terreny i obtenir una sèrie de dades reals, necessàries per poder calibrar el model de gruixos de neu obtingut a partir de la combinació dels models LiDAR. Aquest punts es van escollir en funció de les característiques morfològiques del terreny (procurant que fossin el mes variades i representatives) i amb diferents rangs de gruixos de neu. Es van formar dos equips de treball equipats amb GPS diferencials i realitzant estacionaments de mesura de més 20' per tal de garantir la qualitat i precisió d'aquestes dades. Amb aquest requisits, i tenint en compte el mitjà de desplaçament (esquís) no va ser possible mesurar més de 19 punts.

Posteriorment, amb data de 9 d'agost de 2006, es va realitzar el segon vol LiDAR per tal d'obtenir un nou MDT de l'àrea d'estudi, en aquest cas el que representa la superfície topogràfica del terreny pròpiament dita, sense la presència a de neu.

Els dos vols es van fer amb un Optech ALTM3025 propietat de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Com a punts de control s'han fet servir pels dos vols el mateix conjunt de punts mesurats sense neu amb GPS-RTK.

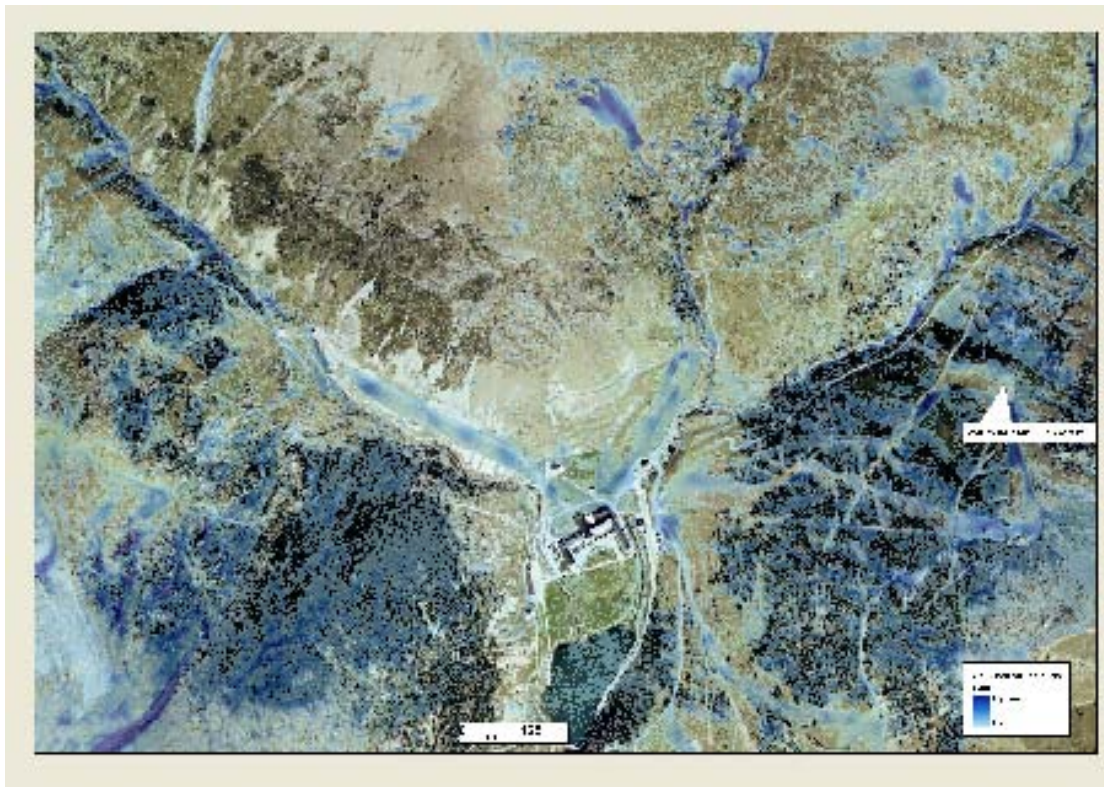
## Resultats

El càlcul del gruix de neu s'obté a partir de la diferència positiva entre aquests dos models, de manera que ens queda un MDT que representa la distribució i gruix del mantell nival, que podem representar com a un mapa d'isòpaques del gruix de neu. El mantell nival obtingut representa de manera global la distribució coneguda de la neu, però al validar-lo amb les dades obtingudes al camp, s'observa un error significatiu. Part d'aquests errors venen condicionats per les relacions geomètriques entre la trajectòria de l'avió, el sistema d'escaneig, i l'orografia irregular de l'àrea d'estudi (Deems 2006). Per altra banda, el fet de disposar de pocs punts de validació de camp fa que aquests resultats siguin tan sols orientatius, i no permetin extreure grans conclusions. Malgrat això es pot dir que:

- Hi ha correlació entre els gruixos mesurats sobre el terreny i els gruixos mesurats amb el LiDAR (figura 1). Aquesta correlació fa que globalment el resultat sigui esperançador. Atenent a la mitjana, el gruix és sobreestimat de l'ordre d'un 20 %.
- Pel que fa a l'error existent, no s'ha trobat una relació clara entre aquest i les variables del terreny que en poden ser les causants (Taula 1).

Coeficient de correlació entre el gruix mesurat sobre el terreny i el mesurat amb LiDAR	0.71
Coeficient de correlació entre la cota i l'error absolut	0.33
Coeficient de correlació entre el gruix real i l'error absolut	-0.18
Coeficient de correlació entre el pendent i l'error absolut	0.14
Coeficient de correlació entre l'orientació i l'error absolut	-0.13

*Taula 1. Coeficients de correlació calculats entre els diferents paràmetres mesurats.*



*Figura 1. Detall de la distribució i el gruix de neu obtingut.*

## **BALANÇ I PERSPECTIVES**

A grans trets, el model dona un bon resultat a nivell de distribució, però un error substancial a nivell de gruix.

La campanya de camp realitzada no ha proveït de dades suficients per validar els resultats preliminars. Caldrà, per tant, realitzar una nova campanya amb un plantejament més eficient a nivell d'obtenció de dades.

Actualment s'està treballant en una classificació supervisada per extrapolar les dades obtingudes a partir del vol LiDAR, a altres zones no cartografiades. Amb això s'obindrà un model de distribució que ha de permetre establir la superfície innivada i la seva potència als Pirineus, volant tan sols una zona representativa.

## **REFERENCIES**

Cobos G., Mora J., Ferrer C y Arenillas M. (2006) Gestión y previsión de los recursos hídricos almacenados en forma de nieve en las cordilleras españolas. El Sistema ASTER-SAIH aplicado a la explotación de embalses en cuencas de III CONGRESO DE INGENIERIA CIVIL, TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE (ICITEMA)

Deems J.S. & Painter T.H.(2006) "Lidar Measurements of Snow Depth: accuracy and error sources" in International Snow Science Workshop 2006 Proceedings, pp 330-338

Singh P. & Singh V.P. (2001): Snow and Glacier Hydrology. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 719 pp