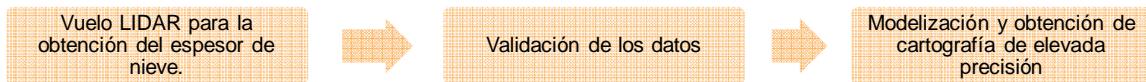


APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA LIDAR PARA LA MODELIZACIÓN DEL ESPESOR DEL MANTO NIVOSO MEDIANTE SIG.

Moreno Baños, Ignacio ⁽¹⁾; Ruiz García, Antoni ⁽²⁾; Marturià Alavedra, Jordi ⁽¹⁾; Oller Figueras, Pere ⁽¹⁾; Piña Iglesias, Jordi ⁽¹⁾; García Sellés, Carles ⁽¹⁾; Martínez Figueras, Pere ⁽¹⁾ & Talaya i López, Julià ⁽²⁾

⁽¹⁾Institut Geològic de Catalunya (IGC), Balmes 209-211, Barcelona 08006.
⁽²⁾Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), Parc de Montjuïc - 08038 Barcelona
 *Direcció de contacte: imoreno@igc.cat

El uso del LIDAR aerotransportado supone un salto cualitativo en el estudio del manto nivoso puesto que permite abarcar grandes áreas con elevada resolución y un coste reducido. Es en este sentido que el IGC junto con el ICC han puesto en marcha el proyecto: *Aplicabilidad de la técnica LIDAR para evaluar los recursos hídricos en forma de nieve* cuya fase inicial tiene por objetivo modelizar el manto nivoso de un área piloto (Valle de Núria, 38 Km²). Son necesarias diferentes fases para obtener un modelo del espesor del manto:



Area piloto del Valle de Núria

Obtención del espesor de nieve

MDE LIDAR con nieve

MDE LIDAR sin nieve

Mapa del espesor de nieve

La resta de los MDTs obtenidos mediante LIDAR proporciona el espesor de nieve.

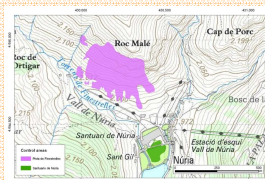
La elevada precisión de la técnica LIDAR para calcular Modelos Digitales de Elevaciones (MDE), con errores verticales de tan sólo 15cm, posibilita su aplicación al cálculo del manto nivoso (Hopkinson 2001, Fassnacht 2005, y Deems 2006). Para los distintos vuelos se ha utilizado el láser, modelo Optech ALTM3025[®]. Mediante el software TerraScan[®] se han obtenido MDTs de malla de 1m² uno, con el manto nivoso y el otro en ausencia de éste, cuya resta permite obtener el espesor de nieve.



Validación del modelo LIDAR

La validación se realiza mediante: a) Creación de áreas de control con espesor de nieve conocido. Zonas donde el espesor de nieve es 0 identificados mediante fotografías. b) Estudio de espesor de nieve a través de perfiles que se trazan en zonas con grandes acumulaciones de nieve. Fruto de esta validación se calcula un *Root Mean Square Error* (RMSE) de 0.33m (para el total de las zonas de control). Si diferenciamos entre zonas se comprueba como la pendiente tiene una gran influencia sobre este error.

La validación de los datos ha permitido eliminar los errores de la cartografía de espesor de nieve inicial y su posterior modelización.



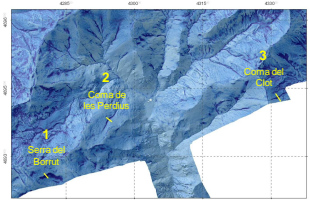
Se digitalizan áreas con ausencia de nieve

Áreas de control

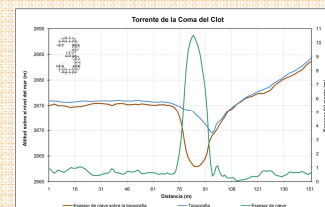
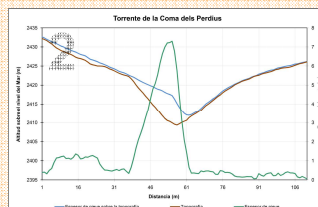
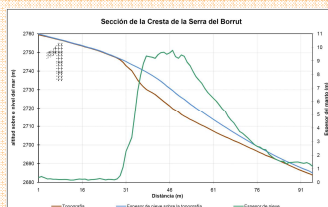
Àrea	RMSE (m)
RMSE Global	0.336
Pista de Finestrelles	0.351
Santuari de Núria	0.103

Se obtiene el error empírico.

Zonas de mayor espesor con los perfiles realizados.



Espesor en zonas de sobreacumulación



Modelización

Metodología

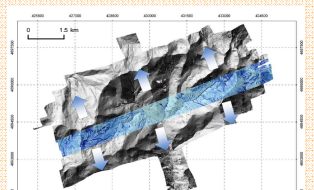
Para la modelización se ha hecho uso del método del *stepwise regression tree* (SRT) como una evolución de la clasificación en árbol de Breiman (1984) e implementado en el algoritmo GUIDE por Loh (2002).

Con el fin de hacer operativo el proyecto para una extensa área (escala de cordillera) el área a cubrir por el vuelo LIDAR debe ser reducida. Es por ello que se realiza una extrapolación mediante el área cubierta por una línea de vuelo LIDAR (15% de la superficie total) de la cual se obtienen los datos del espesor de nieve. Estos datos, conjuntamente con el MDE del resto del área de estudio, son los que permiten obtener una cartografía del espesor de nieve.

El uso del SRT permite modelizar el espesor de nieve teniendo en cuenta la no-linealidad de la variable.



Correlación entre el espesor de nieve y las variables utilizadas en la modelización.



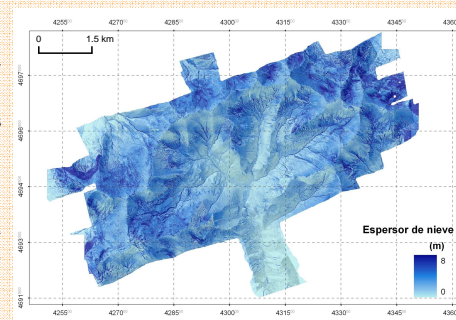
Datos de partida en la extrapolación

Resultados

La cartografía muestra la distribución del espesor de nieve. Destaca la escasa homogeneidad, reflejando así, una de las principales características del manto nivoso: su variabilidad espacial.

El objetivo del estudio es establecer el volumen de agua almacenado en forma de nieve por lo que el dato más relevante a obtener es el volumen total de nieve almacenado. Si se compara el volumen de nieve calculado directamente a partir de la cartografía obtenida a partir de los datos LIDAR (29.3 hm³ de nieve) y el volumen de nieve obtenido mediante la extrapolación (28.9 hm³) la diferencia es tan sólo de -1.42%.

El modelo resultante presenta un R²=0.53 y una diferencia en volumen de nieve respecto los datos LIDAR de tan sólo -1.42%.



Modelo final de espesor de nieve

Referencias

Deems, J. & Painter, T. H. (2006). Lidar measurement of snow depth: accuracy and error sources, International Snow Science Workshop, Telluride, Colorado, USA.
 Fassnacht, S & Deems, J. (2005). Scaling associated with averaging and resampling of LIDAR-derived montane snow depth data. 62nd Eastern Snow conference, Waterloo, Ontario, Canada.

Hopkinson, C et al (2001) Mapping the spatial distribution of snowpack depth beneath variable forest canopy using airborne laser altimetry. 59th eastern snow conference, Ottawa, Ontario, Canada.
 Loh, Wei-Yin. (2002) Regression trees with unbiased variable selection and interaction detection. Statistica Sinica, vol. 12, 361-386.
 Breiman L., Jerome H. Friedman, Richard A. Olshen, and Charles J. Stone (1984), Classification and Regression Trees, Wadsworth International Group, Belmont, California.