

# TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE  
INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRÁFICA

## TOPCART XI

CONGRESO INTERNACIONAL  
DE GEOMÁTICA Y CIENCIAS  
DE LA TIERRA.

## Criosfera y Cambio Climático

*Ponencias*



Sólo válida como publicación electrónica. Prohibida su reproducción en papel.



*Agradecimientos al Comité organizador: a la comisión de Criosfera y Cambio Climático del TOPCART :*

*Dr. Francisco José Navarro Valero (coordinador)*

*Profesor Titular de Universidad. Departamento de Matemática Aplicada. Universidad Politécnica de Madrid.*

*Dr. Enrique Serrano Cañadas*

*Catedrático de Universidad. Departamento de Geografía. Universidad de Valladolid.*

*Dr. Juan Ignacio López Moreno*

*Científico Titular. Instituto Pirenaico de Ecología. Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).*

*Dr. Marc Oliva i Franganillo*

*Research Scientist. Centre for Geographical Studies. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Univerisidade de Lisboa.*

*y a Adrián Muñoz González Colaborador.*



# **32. EVOLUCIÓN DE LOS CONOS DE DERRUBIOS DE LA VUELTONA Y LOS LÓBULOS Y BLOQUES ARADORES DEL PUERTO DE ÁLIVA (PICOS DE EUROPA).**

**AUTORES:**  
**ENRIQUE SERRANO CAÑADAS, JOSÉ JUAN DE SANJOSÉ BLASCO,**  
**MANUEL GÓMEZ LENDE, MARILÓ LÓPEZ GONZÁLEZ Y FRANCISCO SOLER FLORES**

## **RESUMEN:**

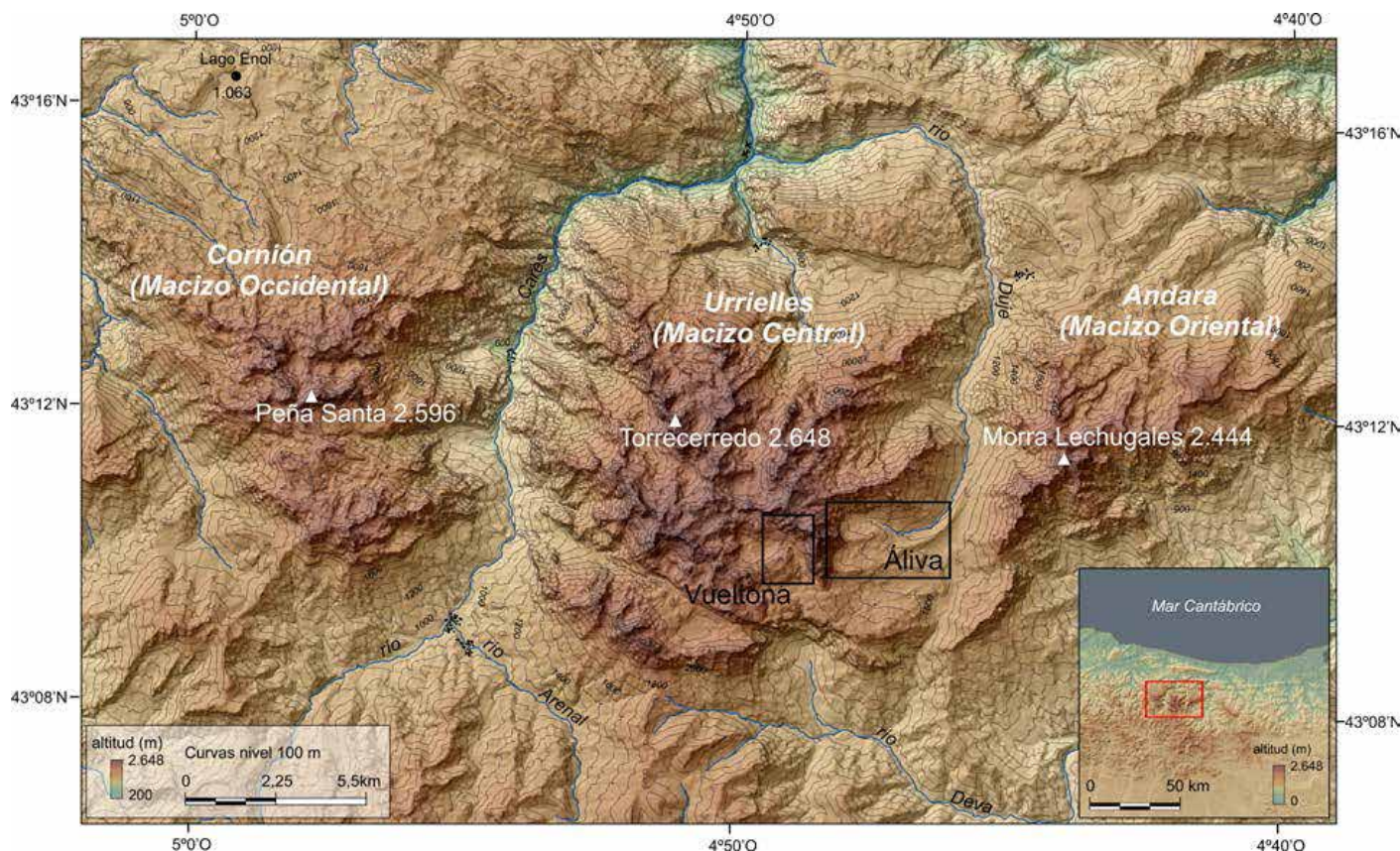
La vertiente SW de Peña Vieja forma un escarpe continuo por encima de los 2300 m donde se han generado grandes conos y taludes de derrubios mixtos, hoy plenamente activos. En Áliva, un área deprimida entre las calizas del Grupo Peña Vieja y Andara, debido al afloramiento de la pizarras, areniscas y lutitas de la Formación Lebeña, las laderas están modeladas por lóbulos de soliflucción, terracillas, bloques aradores, acarcavamientos, deslizamientos y desprendimientos. Las observaciones geomáticas (GPS-RTK y escáner láser terrestre -TLS-) se han realizado con periodicidad anual entre los años 2008 y 2015 (8 observaciones). Los conos de derrubios se han medido con TLS a una distancia entre 800 metros los puntos más lejanos y 300 metros los más cercanos a la estación de medición, y para el estudio de los Puertos de Áliva se ha dividido en tres áreas de trabajo: parcela 1, medición de tres lóbulos; parcela 2, observación de dos bloques aradores y un lóbulo y parcela 3, con medición de cuatro bloques aradores. Los conos presentan una amplia diversidad de procesos, los más importantes los flujos de derrubios, junto a los aludes y la soliflucción. Muestran acumulación proximal, adelgazamiento continuo y pérdida de volumen en la porción distal, con cambios morfológicos mayores de  $>50$  cm a<sup>-1</sup>. Los conos muestran dos comportamientos diferenciados, el cono A lineal y el cono B concavo-convexo. Los lóbulos de soliflucción poseen un promedio anual  $<5$  mm a<sup>-1</sup> de desplazamiento y su dinámica se asocia a la presencia de fuentes y neveros. Denotan una baja actividad, lo que junto a los estudios térmicos realizados señala la inexistencia o moderada presencia del hielo en el suelo, por ello se plantea la hipótesis de formas heredadas del pasado reciente, con condiciones más favorables a la actividad periglacial, pero con dinámica actual asociada a la acción nival.

## **INTRODUCCIÓN.**

Para conocer la dinámica geomorfológica actual y establecer la importancia de los procesos asociados al hielo es necesario establecer su actividad o inactividad y la existencia o inexistencia de hielo en el suelo, de modo que nos indiquen si son procesos activos, así como su efectividad en la transferencia de sedimentos. Para conocer su funcionalidad las técnicas geomáticas ofrecen unas precisas posibilidades para el control de diferentes ambientes fríos entre los que se encuentran los procesos periglaciares de laderas (Sanjosé et al., 2014). Los derrubios de ladera y los movimientos en masa son formas representativas de la alta montaña templada y uno de los sistemas más rápidos de transferencia de sedimentos aunque su funcionamiento no es bien conocido en la actualidad. La nieve y el hielo estacional en el suelo y el subsuelo son los elementos más representativos de la criosfera de los Picos de Europa, pero sólo la nieve se extiende por debajo de los 1900 m s.n.m.. Los procesos que intervienen en las laderas son muy variados, aludes, flujos de derrubios, geliflucción, rodamiento por gravedad, meteorización, desprendimientos y caídas de rocas, escorrentía superficial o deslizamientos sobre la nieve, y junto a la morfometría permiten estimar su dinamismo (Caine, 1974; Gardner, 1983; Luckman, 1988; Jomelli and Francou, 2000), y en las laderas de montaña se relacionan frecuentemente con ambientes paraglaciaros (Ballantyne, 2002) cuya liberación de las presiones glaciares permite la proliferación de movimientos en masa, caídas de rocas y taludes de derrubios. El objetivo de este trabajo es conocer la dinámica geomorfológica actual en las laderas de baja altitud de los Picos de Europa, mediante la aplicación de técnicas geomáticas, así como aproximarnos a la importancia de los procesos en la transferencia de sedimentos y la erosión de suelos. Todo ello, centrado en el entorno de La Vueltona y los Puertos de Áliva (macizo de los Urrielles). 2. LA ZONA DE ESTUDIO. Los Picos de Europa se sitúan al norte de la Divisoria de la Cordillera Cantábrica a sólo 20 km del mar (Figura 1). Poseen una marcada influencia oceánica con precipitaciones anuales en torno a 2500 mm a<sup>-1</sup> y una cubierta nival que perdura entre seis y siete meses al año por encima de 1800 m s.n.m. En la actualidad constituye un paisaje de alta montaña glacio-kárstico con intensos procesos periglaciares y nivales. El Grupo La Vueltona y Áliva se sitúan en torno al Grupo Peña Vieja (2.614 m), con escarpes de más de 400 m de desnivel. Las rocas predominantes son las calizas, la "Formación Calizas de Montaña" (Namuriense-Westfaliana), y la "Formación Picos de Europa" (edad Westfaliense-Cantabriense) con pizarras alternas, conglomerados calcáreo, calizas y areniscas turbidíticas de la Edad Estefaniense (Marquínez, 1989, 1992). La estructura de Peña Vieja está formada por una sucesión de fallas inversas

de vergencia sur, con dorsos al norte y escarpes al sur, donde se encuentran las principales paredes. En este sector la fracturación local y regional de dirección ONO-ESE rompe los frentes y genera los potentes escarpes. Los Puertos de Áliva constituyen un área relativamente deprimida al este del Grupo Peña Vieja, entre 1450 y 1850 m de altitud y están constituidos por la Formación Lebeña, sucesión de pizarras negras con intercalaciones de conglomerados calcáreos, calizas y areniscas (Marquínez, 1989, 1992). La litología ha determinado la existencia de laderas de pendiente más moderada, fuentes en los contactos litológicos, y por tanto escorrentía superficial, con un recubrimiento coluvionar en las laderas que posibilita movimientos en masa y se diferencia del entorno kárstico.

Figura 1. Localización de La Vueltona y Áliva.



El modelado dominante es glaciar, con presencia de circos glaciares, umbrales sobre calizas e importantes sistemas morrénicos, en unos casos frontales, como los de Lloroza, La Vueltona o el más importante de Las Salgardas, y en otros laterales, como el complejo morrénico de obturación del Duje (González-Trueba, 2007a; Serrano et al., 2012, 2013). Las formas más comunes en las laderas son los conos y taludes de derrubios, los lóbulos, las terracillas, los bloques aradores, las cárcavas, los deslizamientos de ladera y los desprendimientos. Su dinamismo ha sido estudiado previamente en diferentes lugares, y se han establecido posibles grados de actividad así como los factores geocológicos que intervienen (Brosche, 1978, 1994; Serrano y González-Trueba, 2004; González-Trueba, 2007). En los Puertos de Áliva y en La Vueltona, la ocupación humana es intensa, en el pasado reciente derivada de la minería y de las praderías ocupadas por ganado durante gran parte del verano, y en la actualidad, abandonada la minería y con moderada ganadería, existe una intensa actividad turística que se concreta en la frecuencia de vehículos 4x4, saturación excursionista, bicicletas de montaña y la presencia de construcciones como el Refugio-Hotel de Áliva y el Chalet Real.

## MATERIAL Y MÉTODOS.

Para el estudio de los procesos activos y su control temporal de derrubios y movimientos en masa se han aplicado tres técnicas:

- GPS-RTK en 4 lóbulos de soliflucción, 6 bloques aradores y 1 deslizamiento, con una periodicidad anual desde agosto de 2008 hasta agosto de 2015. Se ha utilizado una base fija y estable para el GPS de referencia y se toman



## 32. EVOLUCIÓN DE LOS CONOS DE DERRUBIOS DE LA VUELTONA Y LOS LÓBULOS Y BLOQUES ARADORES DEL PUERTO DE ÁLIVA (PICOS DE EUROPA).

datos con el GPS móvil sobre los puntos de interés (lóbulo y bloques aradores). El error posicional en la medida de cada punto es de 1-2 cm, por ello cuando el desplazamiento registrado es menor de 2 cm, consideramos que no existe movimiento. En cada lóbulo se realiza un perfil longitudinal y se mide el frente, y en los bloques aradores se mide el contorno del bloque y el frente del lóbulo generado por el bloque. • Estación total y láser escáner terrestre "Imaging Station". Este instrumento de largo alcance permite registrar puntos a una distancia de más de 1000 m y mantener la precisión alrededor de 2 cm. Para el control de los movimientos en masa se han utilizado una densidad de malla de escaneado de 5x5 m para una distancia de 600 metros. Las mediciones se han realizado durante el período de 2008 a 2015. Como resultado de la malla de puntos, se ha generado un modelo digital de elevación (DEM), basado en una superficie triangulada Red Irregular (TIN), que permite calcular las variaciones espaciales anuales de volumen. • Dinámica de los derrubios. Para conocer el comportamiento dinámico de los conos de derrubios se ha establecido la relación entre las distancias de medición y la altura del perfil, comparando diferentes ajustes. En primer lugar, un comportamiento lineal por su simplicidad ( $ax+b$ ); y uno trigonométrico por la tendencia senoidal en la descripción de los datos de algunos perfiles con la diferencia de cota  $[(a_0 + a_1 \cos(xw) + b_1 \sin(xw))]$ , donde  $a$ ,  $b$ ,  $a_0$  y  $a_1$  y  $w$  son parámetros. Para comparar el ajuste de los modelos utilizados se usa el estadístico  $R^2$  o coeficiente de determinación.

### APROXIMACIÓN A LA DINÁMICA ACTUAL EN LAS LADERAS DE MEDIA MONTAÑA.

#### Los conos de derrubios y su funcionalidad.

En los Picos de Europa existen conos de derrubios funcionales y semifuncionales (Serrano y González-Trueba, 2004; González-Trueba, 2007; González-Trueba y Serrano, 2010) que se distribuyen entre 1200 y 2600 m s.n.m.. Son plenamente activos los ubicados por encima de los 2000 m s.n.m. Los componentes morfoestructurales han generado paredes en zonas de fractura y escamas cabalgantes, de orientación predominantemente sur, que son sensibles a la gelivación y a los procesos de distensión. Las pendientes  $>19^\circ$ , su regularidad y la clasificación longitudinal de los materiales definen los taludes y conos de derrubios (Serrano y González-Trueba, 2004; González-Trueba, 2007). En el grupo de Peña Vieja se alojan 16 taludes y conos activos orientados (Figura 2, tabla 1) al S, SE y SW con pendientes medias  $\sim 22^\circ$ , colonización vegetal distal de *Crepis pygmaea* y la *Linaria filicalis*, que desaparece a partir de 1900 m s.n.m., cuando los conos y taludes son plenamente activos.

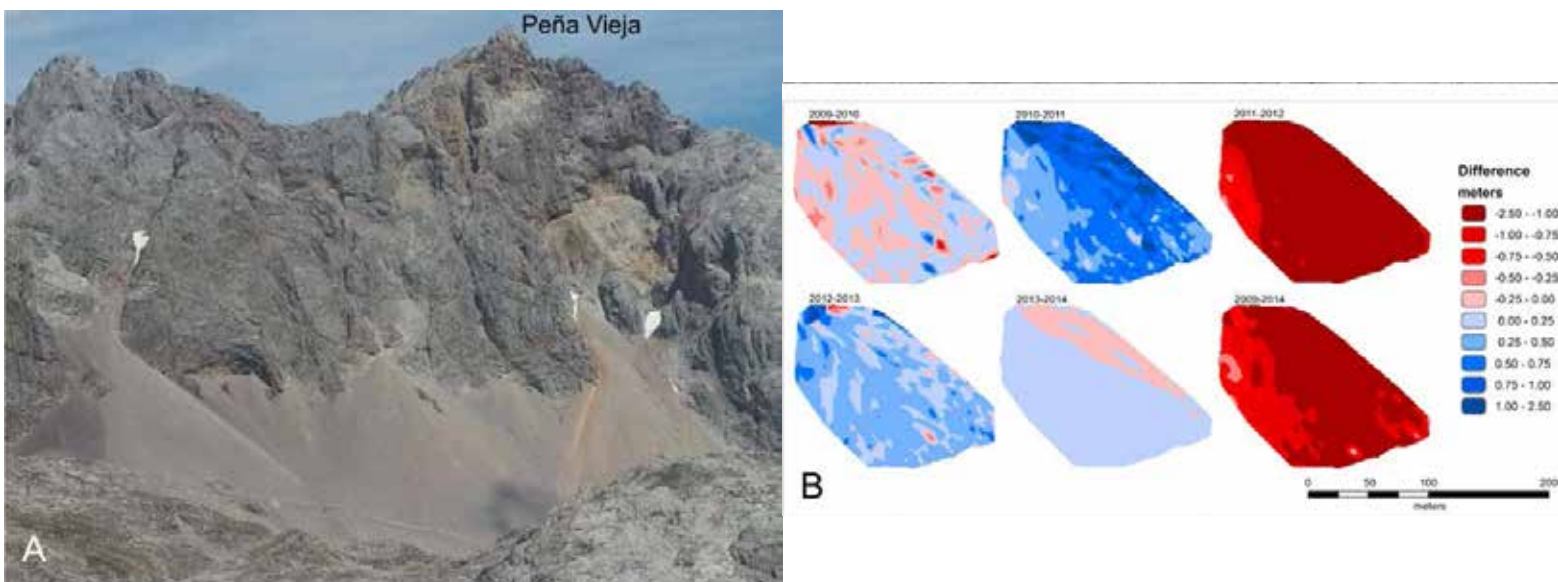


Figura 2.

A: Conos de derrubios de La Vueltona, en la cara SW de Peña Vieja.

B: Diferencias de volumen por años en el Cono B.



Nº	Orientación	Altitud m		Pendiente °	H/h Index
		Mínima	Máxima		
1	SSW	1980	2200	36	0.75
2	SW	1960	2130	32	0.43
3	SW	1910	2220	32	0.83
4	SW	1880	1960	20	0.17
5	SSE	1830	2010	25	0.35
6	SSE	1800	1950	26	0.32
7	ENE	1790	1900	30	0.2
8	E	1780	1990	31	0.38
9	SE	1770	1860	31	0.19
10	ENE	1660	1830	24	0.21
11	SE	1670	1850	36	0.49
12	SSE	1620	1720	29	0.2
13	SSE	1610	1720	32	0.22
14	NNE	2330	2530	35	0.41
15	NNE	2280	2430	19	0.95

Tabla 1. Morfometría de taludes y conos de Peña Vieja (modificado de Serrano y González Trueba, 2004).

En los conos de derrubios se han cartografiados cuatro procesos superficiales:

- Flujos de derrubios, son los procesos más rápidos y eficaces y han sido funcionales uno en cada cono, en diferentes años.
- Caídas y desprendimientos desde las paredes, arrancados por procesos de distensión, termoclastia y crioclastia, con acumulaciones de bloques en las porciones distales y proximales.
- Deslizamientos sobre la nieve de clastos de tamaños muy variables, con posiciones planares dominantes.
- Soliflucción, procesos dominante en las porciones centrales y laterales con mayor pendiente, formando lóbulos de finos y gruesos, estos últimos dominantes, con dimensiones mayores de 50 m de longitud.

Años	Cono A (m³)	Cono B (m³)
2009-2010	-139.77	-2287.75
2010-2011	+9760.98	+216.44
2011-2012	-25446.34	+1558.61
2012-2013	+4719.93	-8376.39
2013-2014	+486.85	-5889.82

Tabla 2. Cambios anuales de volumen sobre conos de derrubios en La Vueltona (2009-2014). El control de cambios superficiales en los conos de derrubios muestra una amplia variabilidad en los volúmenes de cambio de los cinco años (tabla 2).

- Cono A. Tiene una pendiente de 33-35° y perfil rectilíneo. Los materiales se disponen en bandas longitudinales, señalando procesos de redistribución de los materiales desde la zona proximal, donde se produce las mayores acumulaciones, pero también las incisiones más profundas, ligadas a los flujos de derrubios. Las caídas de clastos y los aludes alimentan la porción alta del cono y la arroyada y la soliflucción redistribuyen los materiales. En 2009-2010, se registró un incremento de 0,75 y 1 m de espesor, y en 2011-2012 pérdidas de volumen dominantes en las porciones proximal y media. En 2010-2011, 2012-2013 y 2013-2014 se aprecia un incremento de volumen, prioritariamente en la porción oriental y en la proximal. En conjunto las tasas de pérdida de volumen para todo el cono son de 5 y 25 cm, las más elevadas en la porción central y oriental. Los perfiles registran pérdida de volumen, con equilibrio entre



## 32. EVOLUCIÓN DE LOS CONOS DE DERRUBIOS DE LA VUELTONA Y LOS LÓBULOS Y BLOQUES ARADORES DEL PUERTO DE ÁLIVA (PICOS DE EUROPA).

2009 y 2010 (80 m<sup>3</sup>) y pérdidas en los dos años siguientes (-525 m<sup>3</sup> y -1100 m<sup>3</sup>, respectivamente). La tendencia (2009-2012) es de adelgazamiento y pérdida de volumen (-1515 m<sup>3</sup>). Los resultados analíticos muestran que para R2 los perfiles se ajustan bien a un modelo lineal ( $R^2 = 0,99984$ ) y con un modelo de tipo trigonométrico la precisión es mayor ( $R^2 = 0,99999$ ), aunque no proporciona una diferencia estadísticamente significativa pues el valor del R2 no compensa la complejidad del modelo, superior al lineal.

- Cono B. El perfil es cóncavo-convexo y tiene una pendiente de 33-35° en el medio y 29° en el frente. En 2009-2010 y 2010-2011 se ha registrado una acumulación de materiales por caída o aludes, con relleno del canal del flujo de derrubios. En 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014 dominan las pérdidas de volumen, con variaciones entre 0 y 0,25 cm, con reactivación del flujo de derrubios en 2011-2012. En la porción distal se han detectado cambios de volumen con estructuras en disposición transversal y ondulaciones de 0,25 a 0,75 m de profundidad prioritariamente en zonas de acumulación de bloques. Se interpreta como movimientos en masa lentos producidos por flujos localizados en la porción distal. Su presencia se puede atribuir a asentamientos y reactivación del cuerpo del cono en esa porción o reactivaciones por saturación o erosión frontal. La tendencia 2009-2014 es de acumulación moderada en la porción proximal, adelgazamiento (0-25 cm) en la porción media y pérdida continua de volumen (25-50 cm) en la distal. La variabilidad es mayor que en el cono A, con un incremento de volumen en 2009-2010 (1233 m<sup>3</sup>), pérdida al año siguiente (-202 m<sup>3</sup>) e incremento en 2011-2012 (2848 m<sup>3</sup>). En conjunto, existe un incremento de sedimentos (3800 m<sup>3</sup>) en su porción proximal y pérdida en la distal, lo que acentúa el perfil cóncavoconvexo. Los resultados analíticos muestran un comportamiento trigonométrico de los datos en función de la distancia de medición.

En ambos conos hay acumulación proximal y adelgazamiento continuo y pérdida de volumen en la distal. Las zonas más activas son la proximal (acumulativa) y la distal (erosiva) que implican tendencias a la convexidad en ambas formas. Ambos presentan un adelgazamiento similar para los cinco años, con sólo 4160,56 m<sup>3</sup> de diferencia. Por el contrario, el comportamiento anual difiere extremadamente entre ambos conos.

La preparación y relajación tectónica en la zona de fractura y cabalgamiento es el factor determinante para la efectividad de los agentes externos sobre las paredes y dirigen las variaciones en la alimentación de clastos a los taludes (Serrano and González-Trueba, 2004; González-Trueba, 2007) desde la deglaciación del entorno, hace en torno a 15-12 ka (Serrano et al. 2014). Sobre los conos y taludes los mecanismos dominantes de redistribución de los materiales son: la combinación de procesos de caída, flujos de derrubios, reptación y deslizamientos. Dominan los lóbulos de derrubios gruesos aunque los más enérgicos son los flujos de derrubios. Estos últimos se asocian a fusiones repentinas, precipitaciones intensas o la combinación de ambas, aportando agua a los ápices, saturados ya por la persistencia de neveros hasta entrado el verano.

El control térmico permite establecer la escasa influencia del hielo en el suelo, a diferencia de las paredes (Pisabarro et al., 2016; Sanjosé et al., 2016). Las paredes tienen valores medios de índices de helada y elevados ciclos de hielo deshielo, mientras en el suelo ambos son muy bajos. La presencia de hielo estacional y ciclos de hielo deshielo es muy moderada y coincide con años con mantos nivales inestables. Los procesos nivales y gravitacionales son dominantes en la superficie de los conos estudiados.

### Movimientos en masa lentos sobre la Formación Lebeña.

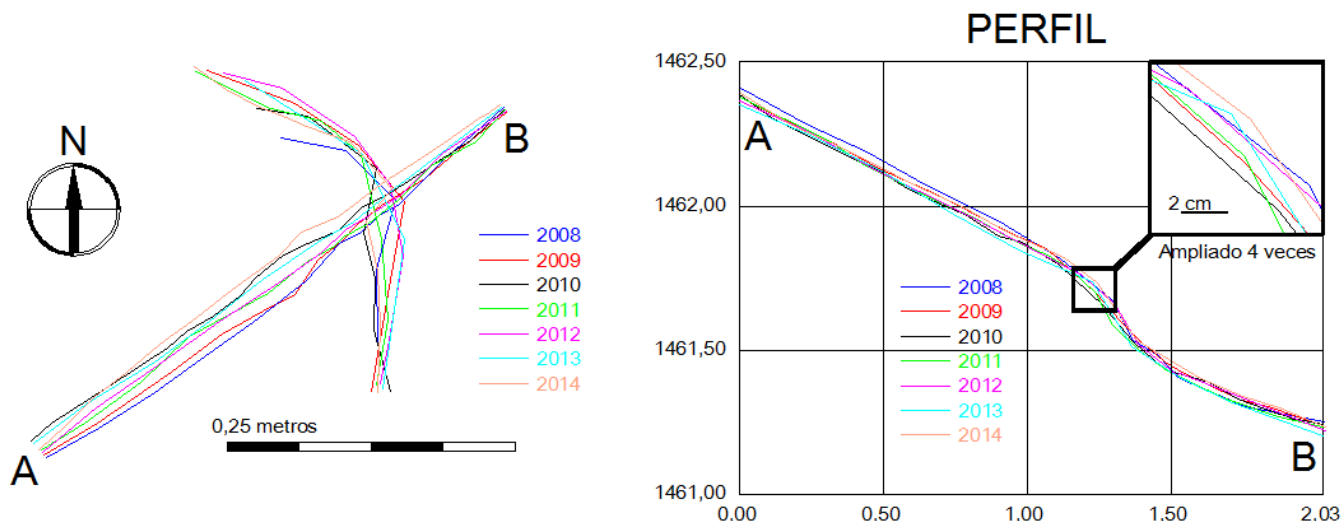
En Áliva los procesos de erosión concentrada y los movimientos en masa son muy comunes en las laderas modeladas sobre las pizarras con intercalaciones de conglomerados calcáreos, calizas y areniscas, fuertemente replegadas. Las formas más comunes son (Figura 3):

- Canales de incisión remontante y acarreamientos activos que denotan una escasa dinámica torrencial o fluvial.
- Bloques aradores, lóbulos de solifluxión, terracillas y solifluxión laminar, asociados todos ellos a los procesos de solifluxión. Los lóbulos y bloques aradores han registrado (2008-2014) un desplazamiento inferior a 4 cm, con un promedio anual inferior a 0,5 cm a-1. Existe una tendencia muy moderada en dirección a la pendiente, en muchos casos en el margen de error de los aparatos de medida, lo que denota una deformación y avance de las formas estudiadas muy moderada. La disponibilidad hídrica a partir de fuentes y sobre todo de la fusión nival, junto a la presencia de finos, favorecen su desplazamiento en las zonas deprimidas y canales, con cambios milimétricos en los lóbulos. Los bloques aradores muestran desplazamientos netos que señalan una dinámica muy atenuada.



Figura 3.  
 A: Laderas de Áliva, con el macizo de Ándara al fondo.  
 B: Lóbulos de soliflucción.  
 C: Bloque arador.

En Picos de Europa, en las zonas altas sobre derrubios calcáreos, los desplazamientos solifluídales varían entre 0,21 y 1,88 cm a-1 (Brosche, 1994), similar a lo que ocurre en ambientes periglaciares marítimos (medias de 0,88 cm a-1) (Ballantyne, 2013) y en Sierra Nevada, con movimientos de los lóbulos de ~0,5 cm a-1 (Oliva et al., 2008, 2014). La velocidad de desplazamiento es conforme, pues a lo registrado en ambientes de montaña atlántica y en la alta montaña mediterránea, donde siempre muestran desplazamientos moderados. Sin embargo, la buena conservación de las formas, unida a la inexistencia de helada en el suelo en la actualidad, permiten establecer la hipótesis de que los procesos dominantes en Áliva son los nivales y la soliflucción, asociada a la fusión, las fuentes y a las elevadas precipitaciones de primavera, verano y otoño. Los bloques aradores se definen como formas asociadas a la presencia de hielo y procesos gelifluídales (French, 2007) propios de ambientes periglaciares, si bien en Áliva se asocian a procesos nivales sin presencia de hielo. La débil actividad de los lóbulos, bloques aradores y cárcavas, inducen a pensar que las formas y los procesos pueden estar en relación con herencias del pasado reciente, cuando estos procesos fueron más eficaces y propiciaron la presencia de suelos estacionales. Los bloques aradores se definen como formas asociadas a la presencia de hielo y procesos gelifluídales (French, 2007) propios de ambientes periglaciares, si bien en Áliva se asocian a procesos nivales sin presencia de hielo. Hoy los procesos se relacionan con la fusión nival y las fuentes, pero en ningún caso con la presencia de hielo estacional en el suelo. El descenso térmico de ~1 °C en Picos durante la Pequeña Edad del Hielo (González-Trueba, 2006) y la buena conservación de las formas, apuntan a una génesis posible entre 400-500 años, aunque hoy día es sólo una hipótesis. Por otra parte, en Áliva se ha producido intenso pastoreo desde hace 6500 años (Díez-Castillo, 1997, 2011) con una fuerte presión ganadera y deforestación generalizada en la Edad Media (Azcuénga, 1978). Esta intervención humana, junto a los cambios climáticos holocenos o históricos puede ser la responsable de la desestabilización reciente de laderas en Áliva (Figura 4).







## 32. EVOLUCIÓN DE LOS CONOS DE DERRUBIOS DE LA VUELTONA Y LOS LÓBULOS Y BLOQUES ARADORES DEL PUERTO DE ÁLIVA (PICOS DE EUROPA).

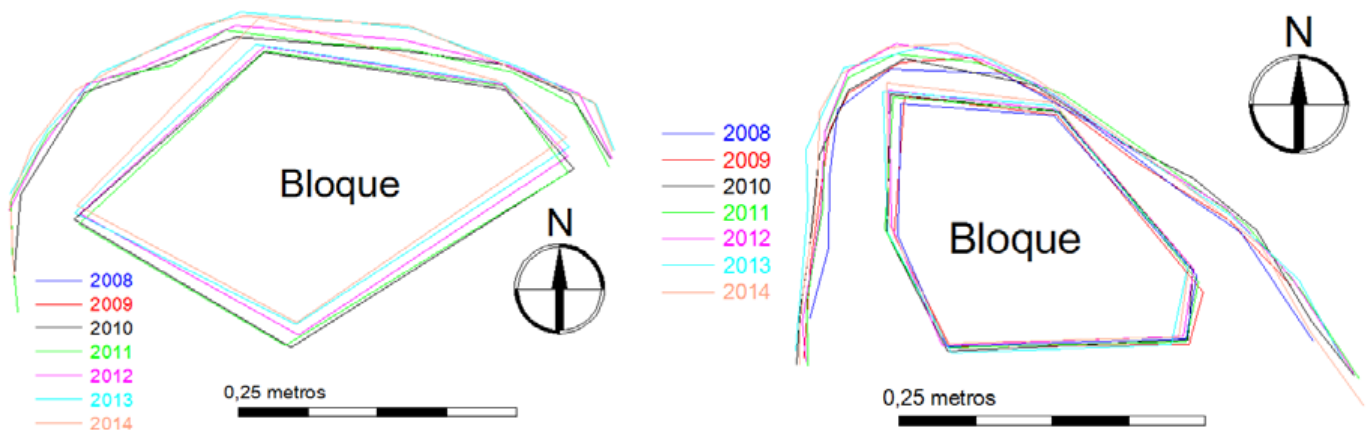


Figura 4. Desplazamiento del lóbulo1 y de los bloques aradores 2 y 4.

### CONCLUSIONES.

El control geomático de las formas de ladera en los Picos de Europa permite profundizar, con datos precisos, en el conocimiento de la dinámica actual y la morfología de las laderas de Picos de Europa. La combinación de técnicas (GPS-RTK, TLS, cartografía geomorfológica, análisis morfométrico) aporta datos precisos a distintas escalas espaciales y temporales, por lo que su implementación es una necesidad. La aplicación de TLS es muy eficaz para controlar los cambios volumétricos anuales y establecer tendencias, así como para detectar el funcionamiento de flujos de derrubios y flujos transversales en los conos. En formas menores y dispersas, las técnicas GPS-RTK permiten una mayor eficiencia en el trabajo de campo, con las mismas prestaciones en la precisión.

En función de las condiciones morfoestructurales y la altitud, los procesos de ladera son netamente diferentes, muy activos en los frentes calcáreos y moderados sobre las laderas modeladas en las turbiditas.

En los conos se ha establecido una amplia diversidad de procesos, los más importantes los flujos de derrubios, seguidos de los aludes y la soliflucción, expresada mediante la masiva ocupación de lóbulos. Los procesos de acumulación, desplazamiento y fusión del manto nival favorecen procesos de alta intensidad-baja frecuencia (flujos de derrubios y aludes), así como procesos de baja intensidad-alta frecuencia (reptación, lavado, soliflucción). Las zonas más altas (proximales) y más bajas (distales) son las más dinámicas. En ambos conos hay acumulación proximal y adelgazamiento continuo y pérdida de volumen en la distal. Los conos de derrubios muestran una amplia variabilidad en la erosión y acumulación superficial para los años analizados y cambios en la morfología  $>50$  cm a-1. Las zonas más activas son la proximal (acumulativa) y la distal (erosiva) que implican tendencias a la convexidad en ambas formas. Ambos presentan un adelgazamiento similar para los cinco años, sin embargo, el comportamiento anual es muy distinto entre ambos conos.

La evolución de los perfiles de los conos muestra dos comportamientos diferenciados, el cono A lineal, con equilibrio entre acumulación y exportación de sedimentos, y el cono B concavoconvexo, que denota procesos de acumulación en la porción superior derivado de la mayor frecuencia de aludes. Es una tendencia hacia perfiles convexos en ambas formas, asociada a la alimentación por caída y aludes.

En las laderas de Áliva el control dinámico de los procesos solifluidales y de incisión muestran una dinámica actual muy moderada. Los lóbulos de soliflucción poseen un promedio anual  $<5$  mm a-1 de desplazamiento. Su funcionalidad está dirigida por el contenido de humedad, la textura de la formación superficial y la superación del límite plástico, asociados a la presencia de fuentes y sobre todo de neveros y dinámicas nivales. Sólo en un lóbulo se aprecia tendencia al adelgazamiento de su porción superior, como consecuencia de los procesos erosivos en la ladera, en mayor medida que por el desplazamiento del lóbulo.

Hoy día en los Puertos de Áliva la presencia de hielo en el suelo es excepcional y los procesos dominantes son nivales y solifluidales. Las formas solifluidales, los bloques aradores y los lóbulos, así como las incisiones remontantes, se relacionan con procesos del pasado reciente, bien periodos más fríos que generan formas hoy retocadas por procesos principalmente nivales, o bien modificaciones antrópicas que alteraron el equilibrio y supusieron una mayor efectividad de la erosión y los movimientos en masa. También la combinación de ambas, en una secuencia climato-antrópica, puede ser responsable de la dinámica actual y la morfología de las laderas.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- AZCUÉNGA, J.(1978): «Las ordenanzas del Puerto de Áliva». *Anales del Instituto de Estudios Agropecuarios*, 3, 157-214. BALLANTYNE, C.K. (2002). *Paraglacial geomorphology*. *Quaternary Science Reviews*, 21 (18-19), 1935-2017.
- BALLANTYNE, C.K. (2013): «A 35-year record of solifluction in a maritime periglacial environment». *Permafrost and Periglacial Processes*, 24 (1), 56-66.
- BROSCHKE, K.U. (1994): «Ergebnisse von Abtragungsmessungen an periglazialen Solifluktionsschuttdecken in vier Hochgebirgen der Iberischen Halbinsel (Picos de Europa, Peña Prieta, Sierra de Urbión und Sierra Nevada)». *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 44, 28-55.
- CAINE, N. (1974). *The geomorphic processes of the alpine environment*. In J. D. Ives & R. G. Barry (ed.), *Arctic and Alpine Environments*, Methuen, London.
- DIEZ CASTILLO, A. (1997): «Utilización de los recursos en la marina y Montañas cantábricas: un prehistoria ecológica de los valles de Deva y Nansa». *Illunzar*, 3, 1-190. DIEZ CASTILLO, A. (2010): «Nuevas tecnologías y viejas piedras: un repaso al megalitismo en Cantabria». *Illunzar*, 7, 7-35.
- FRENCH, H.M. (2007): *The periglacial environment*. Wiley, Chichester.
- GARDNER, J.S. (1983). *Accretion rates on some debris slopes in the Mt. Rae Area, Canadian Rocky Mountains*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 8, 347-355.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2006): «Topoclimatical factors and very small glaciers in Atlantic Mountain of SW Europe: The Little Ice Age glacier advance in Picos de Europa (NW Spain)». *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 39, 115-125.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2007a): *El paisaje natural del Macizo Central de los Picos de Europa*. CIMA, Consejería de Medio Ambiente, Santander.
- GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2007b): *Geomorfología del Macizo Central del Parque Nacional de Picos de Europa*. OAPN-Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- JOMELLI, V. y FRANCOU, B. (2000). *Comparing characteristics of rockfall talus and snow avalanche landforms in an alpine environment using a new methodological approach*. *Geomorphology*, 35, 181– 192.
- LUCKMAN, B.H. (1988). *Debris Accumulation Patterns on Talus Slopes in Surprise Valley, Alberta*. *Géographie physique et Quaternaire*, 42 (3), 247-278.
- MARQUÍNEZ, J. (1989): «Síntesis cartográfica de la región del Cuera y los Picos de Europa». *Trabajos de Geología*, 18, 137-144.
- MARQUÍNEZ, J. (1992): «Tectónica y relieve en la Cornisa Cantábrica». En *The late Quaternary in the western Pyrenean region* (Cearreta, A.; Ugarte, F.M. eds.). Universidad del País Vasco, Vitoria, 143160.
- OLIVA, M., GÓMEZ ORTIZ, A., SALVADOR, F., y SALVÀ, M. (2014). «Present-day solifluction processes in the semi-arid range of Sierra Nevada (Spain)». *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 46 (2), 365-370.
- OLIVA, M.; SCHULTE, L. y GÓMEZ ORTIZ, A. (2008): «Solifluction lobes in Sierra Nevada (Southern Spain): morphometry and palaeoenvironmental changes». *Proceedings of the IX International Conference on Permafrost*. Vol. 2., IPA, University of Alaska-Fairbanks, Fairbanks, 1321-1326
- PISABARRO, A., PELLITERO, R., SERRANO, E., GÓMEZ-LENDE, M., y GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2016): *Ground temperatures, landforms and processes in an Atlantic mountain. Cantabrian Mountains (Northern Spain)*. *Catena*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.051>
- PISABARRO, A., SERRANO, E. y GONZÁLEZ TRUEBA (2015). «Régimen térmico de suelos del Macizo Central de Picos de Europa (España)». *Pirineos. Revista de Ecología de Montaña*, 170, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2015.170003>.
- SANJOSÉ, J.J., BERENQUER, F., ATKINSON, A.D.J., DE MATÍAS, J., SERRANO, E., GÓMEZ ORTIZ, A., GONZÁLEZ GARCÍA, M. y RICO, I. (2014): «Geomatics techniques applied to glaciers, rock glaciers and ice-patches in Spain (1991-2012)». *Geografiska Annaler*, 96A, 307-321.
- SERRANO, E. y GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. (2004): «Morfodinámica periglacial en el grupo Peña Vieja (Macizo Central de los Picos de Europa, Cantabria)». *Cuaternario y Geomorfología*, 18 (3-4), 73-88.
- SERRANO, E., GONZÁLEZ TRUEBA, J.J. y GONZÁLEZ GARCÍA, M. (2012): «Mountain glaciation and paleoclimate reconstruction in the Picos de Europa (Iberian Peninsula, SW Europe)». *Quaternary Research*, 78, 303-314.
- SERRANO, E., GONZÁLEZ TRUEBA, J.J., PELLITERO, R., GONZÁLEZ GARCÍA, M. y GÓMEZ LENDE, M. (2013): «Quaternary glacial evolution in the Central Cantabrian Mountains (Northern Spain)». *Geomorphology*, 196, 65-82.