

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA Nº 5

Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro



Sociedad Española
de Geomorfología



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Editores: Juan José Durán Valsero,
Manuel Montes Santiago,
Alejandro Robador Moreno
y Ángel Salazar Rincón



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico
y Minero de España

Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro

Actas de la XIV Reunión Nacional
de Geomorfología
Málaga, 22-25 de Junio de 2016

Editores

Juan José Durán Valsero, Manuel Montes Santiago,
Alejandro Robador Moreno y Ángel Salazar Rincón

Madrid, 2016



Los aludes de nieve en el Alto Aller: su incidencia en la carretera AS-253 del Puerto de San Isidro (Macizo Central Asturiano)

Snow avalanches in Upper Aller: its impact on the AS-253 road in Puerto de San Isidro (Central Asturian Massif)

M. A. Poblete¹, S. Beato¹ y J. L. Marino¹

¹ Dpto. de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Oviedo, Campus del Milán, Avda. Tte. Alfonso Martínez s/n, 33.001- Oviedo (Asturias). mpoblete@uniovi.es

Resumen: Se analiza la formación y peligrosidad de los aludes de nieve en el Alto Aller (Macizo Central Asturiano), en concreto, los desencadenados en la cabecera del río San Isidro, que han incidido con especial recurrencia en los últimos 10 años en la carretera AS-253, una de las carreteras de montaña de Asturias con mayor peligrosidad en invierno.

Desde el punto de vista metodológico, el trabajo se ha fundamentado en la recopilación de los episodios de aludes de nieve acaecidos entre los años 2005 y 2015 en el Puerto de San Isidro, para lo cual se ha recurrido al trabajo de campo y de fotointerpretación geomorfológica, así como a la realización de encuestas a la población local y la consulta de hemerotecas. Por otro lado, se han estudiado los parámetros que condicionan la estabilidad del manto nival, en especial, altitudes, pendientes y orientaciones, a partir de un modelo digital del terreno y SIG. En cuanto a las características del manto nival, se ha recabado la documentación disponible en diferentes instituciones oficiales que abarca el periodo 1990-2014. Por último, también se ha tenido en cuenta el papel jugado por la vegetación sobre el control de los aludes, en especial, a tenor de su estructura. Una vez identificadas las áreas potenciales propicias para el desencadenamiento de los aludes mediante SIG, dicha información se ha contrastado con la obtenida mediante trabajo de campo, encuestas y fotointerpretación; elaborándose finalmente una cartografía de susceptibilidad y peligrosidad de aludes para la carretera de acceso al Puerto de San Isidro.

Palabras clave: aludes de nieve, Macizo Central Asturiano, riesgos naturales, SIG.

Abstract: *The formation of snow avalanches and its dangerousness in the Alto Aller (Asturian Massif Central) is analyzed in particular, those triggered at the headwaters of San Isidro River, which have affected with an high recurrence in the last 10 years in the AS-253. This is one of the most dangerous mountain roads of Asturias in winter. From the methodological point of view, the work has been based on the collection of episodes of snow avalanches occurred between 2005 and 2015 in the Puerto de San Isidro, for which fieldwork and geomorphological photointerpretation has used to as well as surveys to the local population and consulting newspaper libraries. On the other hand, we have studied the parameters that determine the stability of the snow cover, especially altitude, slope and aspect, from a digital terrain model and GIS. As to the characteristics of the snow cover, it has collected the documentation available at various government institutions*

covering the period 1990-2014. Besides, it has also considered the role played on the control avalanches by vegetation, particularly depending on its structure. After identifying potential areas favorable to the unleashing of avalanches using GIS, this information has been compared with that obtained through field work, surveys and photointerpretation; ultimately, susceptibility to snow avalanches in the Puerto de San Isidro has been mapped.

Key words: Asturian Massif Central, GIS, natural hazards, snow avalanches.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las investigaciones sobre aludes en España se han llevado a cabo en los Pirineos, destacando los trabajos relacionados con la elaboración de mapas de riesgos, en los que se delimitan las zonas con distinto grado de probabilidad de su formación (Mases y Vilaplana, 1991; Furdada *et al.*, 1995; Julián y Chueca, 1999; Chueca y Julián, 2010).

En el ámbito de la Cordillera Cantábrica no son muchas las investigaciones realizadas hasta el momento, sobresaliendo las llevadas a cabo en el Macizo Asturiano y la Montaña Leonesa. La mayoría de los trabajos se centran en el análisis geomorfológico, es decir, en el estudio del comportamiento del manto nival, mecanismos de formación, factores desencadenantes, dinámica e implicaciones morfológicas. Entre otros conviene destacar el trabajo pionero de Castañón (1984) sobre aludes en la vertiente suroriental del Prau del Albo (Macizo de Peña Ubiña), en el que analiza el destacado papel modelador de los aludes de fondo que se desencadenan a media vertiente; seguirían después los de González (2007), González y Serrano (2010), en los que se abordan también los procesos y formas nivales.

En cuanto a los estudios sobre el riesgo de aludes en el Macizo Asturiano sobresale el trabajo de Marquínez *et al.* (2003), en el que a escala regional se elabora un mapa de susceptibilidad de aludes; tomando como criterios básicos los rasgos geomorfológicos,

la cubierta vegetal, modelos numéricos de la zona de salida y de llegada y el método de máximo alcance propuesto por Lied y Toppe en 1989. Más recientemente en el trabajo de Santos *et al.* (2010) sobre el peligro de aludes en el Alto Sil (Cordillera Cantábrica) se realiza una cartografía de detalle de los entornos de Valseco y Villarino del Sil, basándose en el trabajo de campo, encuestas a la población local y la utilización de un SIG. Por último, cabe destacar también el trabajo de Vada *et al.* (2012) sobre el riesgo de aludes en el Macizo Central de los Picos de Europa, en el cual se evalúan las áreas de mayor peligrosidad en la senda de Pandébano a Vega Urriellu, a partir de la elaboración del Mapa de Zona de Aludes (MZA) y el cálculo del Índice de Riesgo de Aludes (IRA).

Así pues, es evidente que quedan todavía numerosos sectores del Macizo Asturiano afectados por aludes pendientes de analizar, los cuales ponen en riesgo la vida de las personas que transitan por ellos. Entre esas zonas sobresalen, sin duda, las carreteras de alta montaña. Por ello, el objetivo de este trabajo preliminar se centra en el análisis de la peligrosidad de los aludes desencadenados en la cabecera del río San Isidro, que en los últimos diez años han incidido con especial recurrencia en la carretera AS-253 que asciende al puerto homónimo. Se trata, en efecto, de una de las carreteras de montaña de Asturias más peligrosas debido al denso tráfico rodado durante la temporada alta (estimado en unos 15.000 vehículos según la



Consejería de Fomento del Principado de Asturias), toda vez que es la única vía de acceso, desde la vertiente asturiana, a las estaciones de esquí de Fuentes de Invierno y San Isidro. Con la finalidad de contribuir a mitigar en la medida de lo posible la exposición de las personas e infraestructuras, se ha elaborado una cartografía de susceptibilidad de aludes que se completa con otra de peligrosidad.

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se sitúa en la cabecera del río San Isidro, cuyas aguas drenan a la cuenca del Aller (Macizo Central Asturiano), centrándose en la carretera AS-253 de acceso al Puerto de San Isidro, en concreto, desde la población de Cuevas, situada en el km 15 hasta las brañas de El Fielato, en el km 22,5; ocupando una superficie aproximada de unos 16,28 km² (Fig. 1). Se trata de un área montañosa de grandes desniveles, con altitudes comprendidas entre los 750 m del fondo del valle en Cuevas y los 2.100 m del Pico Torres. Está delimitada por dos alineaciones montañosas: la formada, al Norte, por las elevaciones de Peñas del Hombre (1.191 m), Peñas Agúa (1.633 m) y Pico Negro (1.837 m); y la situada al Sur constituida por Peña Cotelbu (1.589 m), Peña Lagarello (1.649 m), Pico Valverde (1.967 m) y finalmente Pico Torres (2.100 m).

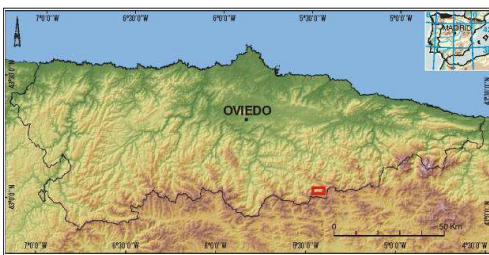


FIGURA 1. Localización de la zona de estudio

Desde el punto de vista geológico, la cabecera del río Aller a la que pertenece el área de estudio forma parte de la Región de Mantos, la cual se caracteriza por una sucesión litoestrati-

gráfica repetitiva de dos unidades litológicas de desigual resistencia frente a la erosión. Por un lado, una unidad masiva y resistente formada por cuarcitas ordovícicas y calizas de montaña; y otra menos resistente de pizarras carboníferas con intercalaciones de areniscas y en ocasiones de calizas grises. Desde el punto de vista tectónico está formada por un conjunto de mantos alóctonos que se han desplazado de Oeste a Este, en concreto, se organiza en torno a dos escamas cabalgantes, la de Laviana y Rioseco.

En cuanto a los rasgos geomorfológicos, cabe destacar la presencia de superficies aborregadas y estrías en los alrededores del umbral rocoso de Riofrío, modelados por el glaciar alpino que, durante la fase álgida, descendía desde el Pico Toneo, a lo largo de 4 km. También sobresale la abundancia de formas y depósitos periglaciares, en concreto, de grèzes litéas cementados que tapizan las laderas meridionales próximas a Cuevas, así como taludes de derrubios situados bajo los escarpes rocosos y, finalmente, canales de aludes en forma de tobogán (Rodríguez, 1995).

Las condiciones climáticas son propias de un área de montaña, esto es, se caracterizan por precipitaciones muy abundantes, por encima de 1.500 mm de media anual, y temperaturas frías, con un promedio anual inferior a 6°C, a partir de 1.500 m de altitud (Muñoz, 1982; Quirós y Cuesta, 1996). Así pues, los temporales de nieve son muy frecuentes en invierno, por la entrada de masas de aire húmedo y frío de origen polar, que se suceden desde enero hasta abril, ocasionando del orden de tres o cuatro nevadas copiosas que superan con creces los 30 mm en 24 horas, a apenas 750 m de altitud (datos diarios de la estación de Aller, Cuevas, AEMET). Como resultado, se originan mantos nivales con espesores significativos, superiores a 1 m, a partir de 980 m de altitud según nuestras mediciones efectuadas en la Central de Rioseco.

METODOLOGÍA

El trabajo se fundamenta en la recopilación de los episodios de aludes acaecidos en el Puerto de San Isidro en los últimos diez años, para lo cual se ha recurrido al trabajo de campo y la fotointerpretación geomorfológica de imágenes aéreas del Vuelo Americano de 1957, del Principado de Asturias de 2003 y de ortofotografías del PNOA de 2011 y 2015; así como la realización de encuestas en las poblaciones de El Pino, Felechosa y Cuevas y la consulta exhaustiva de tales fenómenos en la prensa local escrita. Por otro lado, mediante la aplicación de los softwares ArcGis 10.1 y Quantum Gis 2.6 (QGIS) se han analizado, a partir de un modelo digital de terreno (malla de resolución de 5 x 5 m), los parámetros que condicionan la estabilidad del manto nival, en especial, altitudes, pendientes y orientaciones (Wozniak y Marquínez, 2004). Por último, también se ha tenido en cuenta el papel de la vegetación sobre el control de los aludes, en concreto, a tenor de su estructura, esto es, de los distintos estratos, razón por la cual se han efectuado inventarios florísticos y se ha consultado el mapa forestal de España a escala 1:25.000 del IFN4.

RESULTADOS

Los aludes de nieve que en los últimos 10 años han incidido con especial recurrencia en la AS-253, casi de manera ininterrumpida, salvo en 2011 y 2012, se producen mayoritariamente en laderas orientadas al S, SO y al O; y en menor medida en las situadas al N y NO. Pese a que las vertientes septentrionales representan el 44,8% del territorio analizado (Fig. 2), sin embargo, los aludes procedentes de ellas son escasos y de pequeñas dimensiones, debido fundamentalmente a que se hallan colonizadas en un 79% por un denso hayedo perteneciente al Monte de Utilidad Pública número 184 (Fig. 3). Por el contrario, las laderas meridionales, sometidas a una mayor radiación solar, disponen no sólo de pendientes muy acentuadas, sino

que además están desprovistas de vegetación, representando el 74,54% de los afloramientos rocosos desnudos del área de estudio.

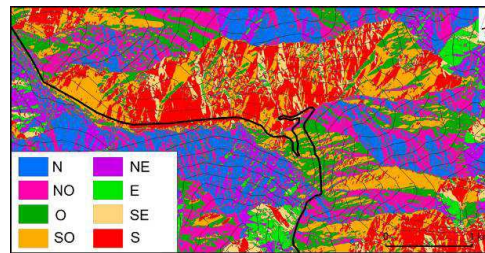


FIGURA 2. Mapa de orientaciones

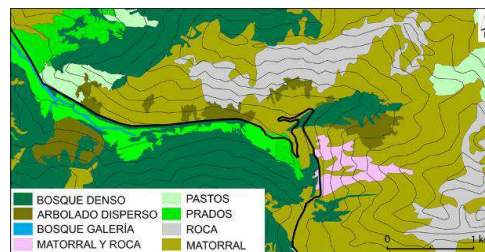


FIGURA 3. Mapa de formaciones vegetales

Las pendientes más propensas para la formación de aludes oscilan entre los 30 y 50°, que ocupan el 57,6% del territorio y alcanzan su máxima proporción en la franja altitudinal situada entre 1.000 y 1.200 m (Fig. 4), representando el 65,54%.

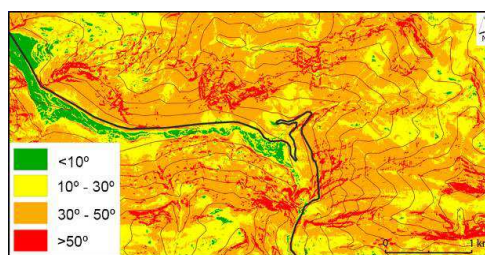


FIGURA 4. Mapa de pendientes

Los aludes de nieve más destacados tienen su punto de partida en torno a 1.600 m de altitud, no obstante, hay zonas de salida por debajo incluso de 1.200 m. Por otro lado, las de tránsito se sitúan entre los 1.150 y 1.200 m,



por la que transcurre un buen tramo de la carretera. Por último, las áreas de llegada descienden hasta los 900 m.

Una vez identificadas las áreas potenciales para la formación de aludes mediante SIG, dicha información se ha contrastado con las evidencias geomorfológicas del trabajo de campo, los aludes caídos entre 2005 y 2015, las entrevistas a las poblaciones locales y las menciones de tales fenómenos en la prensa escrita, a fin de elaborar un mapa de susceptibilidad (Fig. 5). En él se distinguen cuatro categorías: alta, media, baja y muy baja susceptibilidad. En alta susceptibilidad se incluyen las áreas situadas por encima de 1.000 m de altitud, con pendientes superiores a 30° , sin formaciones boscosas ni arbolado disperso y donde los aludes han sido observados en varias ocasiones en los últimos años. Representan un área de $6,46 \text{ km}^2$. En las zonas de media susceptibilidad se hallan los terrenos con más de 1.000 m de altitud, con pendientes superiores a 30° , con arbolado disperso y aludes detectados mediante fotointerpretación. La superficie es de $0,34 \text{ km}^2$. En las zonas de baja se integran las vertientes por encima de 900 m, con pendientes superiores

a 30° , sin atender a la vegetación y excluyendo los rangos anteriormente mencionados. Se extienden por una superficie de $3,55 \text{ km}^2$. Por último, las áreas de muy baja susceptibilidad ocupan los terrenos con pendientes inferiores a 30° y situados a cualquier altitud.

También se ha realizado un mapa de peligrosidad de la carretera AS-253, a tenor de la frecuencia e intensidad de los aludes (Vada, 2011; Vada *et al.*, 2012), donde se señalan las partes más dañadas (Fig. 6). Se han distinguido cuatro niveles. Por un lado, los tramos de alta peligrosidad, donde los aludes inciden varias veces en la misma temporada, rompiendo los quitamiedos y bloqueando la carretera. El trayecto alcanza los 500 m. Los de media peligrosidad se corresponden con los trechos de la carretera sometidos a frecuentes aludes pero de menos potencia, pues aunque inciden en ella no rompen las biondas, afectando a un conjunto de 500 m de carretera. La baja peligrosidad se corresponde con la calzada donde los aludes caen ocasionalmente, pero sin causar ningún daño. Abarcan un total de 3,3 km. Finalmente, el último nivel engloba aquellos tramos no alcanzados por los aludes, lo que supone 2,8 km de la carretera.

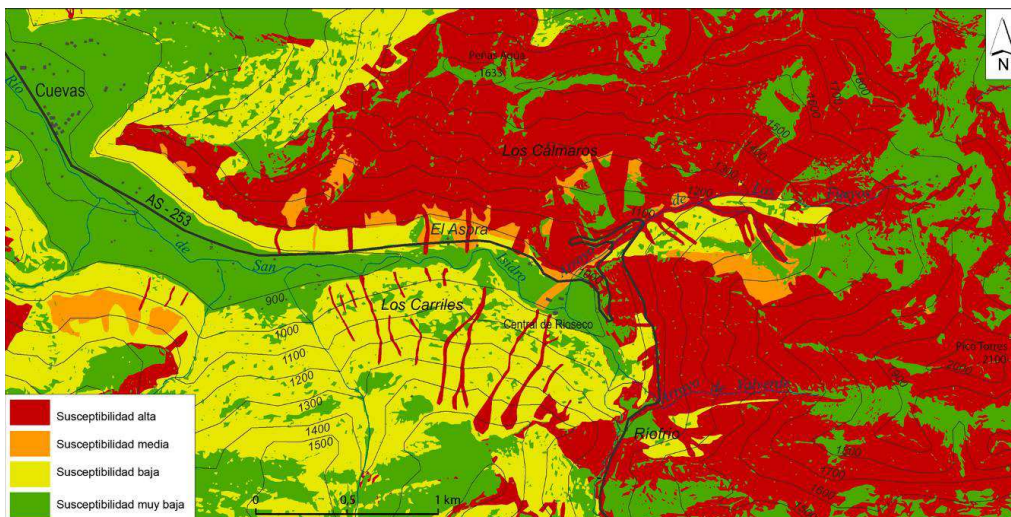


FIGURA 5. Mapa de susceptibilidad de aludes en el Puerto de San Isidro

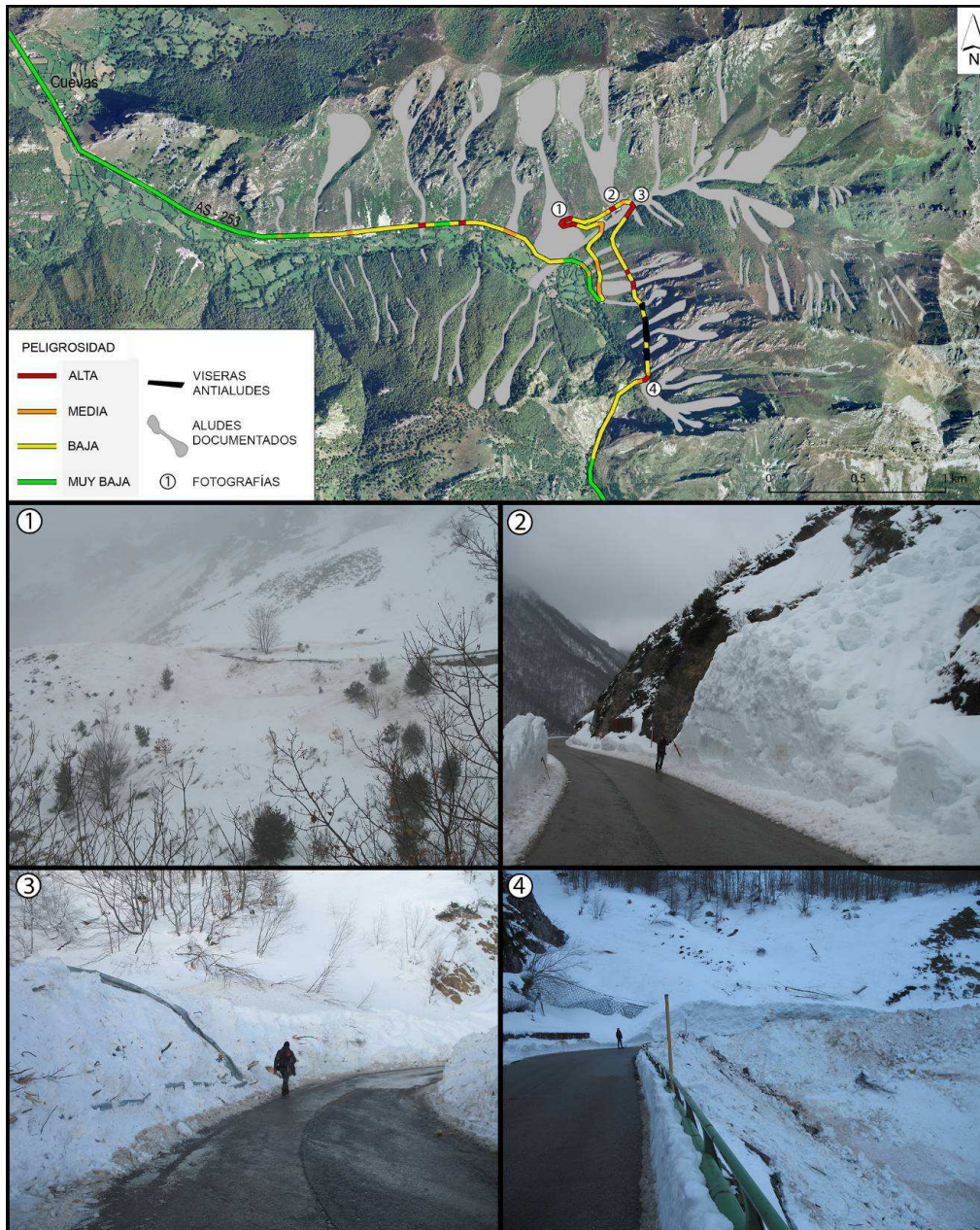
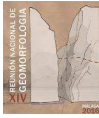


FIGURA 6. Mapa de peligrosidad de los aludes sobre la carretera AS-253 y fotografías de los tramos afectados en 2015. 1. La Rebolleda (p.k. 20). 2. Los Arenales, p.k. 20+200. 3. Puente Cimero (Los Fueyos). 4. La canal de Valverde, p.k. 21+500



CONCLUSIONES

Cabe destacar el espesor significativo que alcanza el manto nival a partir de los 1.000 m, que se explica por la elevada innivación que se produce durante la llegada de los sucesivos temporales entre los meses de diciembre y marzo, debido al efecto de barrera de las alineaciones montañosas. Esto explica, por ejemplo, que las precipitaciones medias anuales en Aller (750 m) sean de 1.333 mm, mientras que en la estación del Puerto de San Isidro (León) a 1.551 m de altitud sólo alcancen los 1.023,7 mm.

Por otro lado, la susceptibilidad de que se produzcan aludes de nieve es muy elevada, afectando a un 39,7% del territorio estudiado, esto es, un total de 6,46 km². Finalmente, la carretera presenta una alta peligrosidad debido a que el trazado discurre tanto por las zonas de llegada de los aludes como por las de tránsito. En concreto, los lugares de mayor peligro se sitúan en torno a El Aspra (p.k. 18), la curva de La Rebolleda (p.k. 20), Los Arenales (p.k. 20+200), Puente Cimero (Los Fueyos) (p.k. 20+300), el punto kilométrico 20+900 y la curva de Valverde (p.k. 21+500). En definitiva, los tramos más peligrosos de la AS-253 suman un total de 1 km, lo que representa el 14% del conjunto de la carretera estudiada. Esto conlleva un grave riesgo tanto para las personas como para las infraestructuras, pese a las medidas antialudes adoptadas a partir de 2008.

AGRADECIMIENTOS

A María Ángeles del Restaurante Cuevas (Aller), Severino González, Ángel Rodríguez Saavedra, personal de mantenimiento de la carretera AS-223 y Mario González Velasco. Salvador Beato Bergua tiene un contrato de investigación con la Universidad de Oviedo gracias al programa FPU del MECED.

REFERENCIAS

- Castañón Álvarez, J.C. 1984. Sobre el modelado originado por los aludes de nieve en el Prau del Albo (Alto Huerna, Asturias). *Ería. Revista de Geografía*, 6, 106-112.
- Chueca, J. y Julián, A. 2010. Cartografía de zonas probables de salida de aludes en el Alto Gállego (Pirineo Central Aragonés) mediante el empleo de SIG. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36 (1), 27-41.
- Frochoso, M., Vada, J.A. y Rodríguez, J.J. 2012. Alud de los Llanos del Tornu (Picos de Europa). *Revista Trimestral Peñalara*, 540, 100-101.
- Furdada, G., Martí, G., Oller, P., García, C., Mases, M. y Vilaplana, J.M. 1995. Avalanche mapping and related GIS applications in the Catalan Pyrennes, *Survey in Geophysics*, 16 (5-6), 681-693.
- González, J.J. 2007. *Geomorfología del Macizo Central del Parque Nacional de Picos de Europa*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid, 231 pp.
- González, J.J. y Serrano, E. 2010. La nieve en los Picos de Europa: implicaciones geomorfológicas y ambientales. *Cuaternario y Geomorfología*, 36 (2), 61-84.
- Julián, A. y Chueca, J. 1999. Cartografía de zonas probables de aludes en el Valle de Ordesa (Pirineo Aragonés). *Geographica*, 37, 73-86.
- Marquín, J., Menéndez, R., Lastra, J., Fernández, E., Jiménez-Alfaro, B., Wozniak, E., Fernández, S., García, J., García, P., Álvarez, M.A., Lobo, T. y Adrados, L. 2003. *Riesgos naturales en Asturias*. Principado de Asturias, Indurot. Universidad de Oviedo y KRK Ediciones, Oviedo, 133 pp.
- Muñoz Jiménez, J. 1982. *Geografía de Asturias*. Ayalga Ediciones, Oviedo, 271 pp.
- Mases, M. y Vilaplana, J.M. 1991. Zona de aludes en la Vallferrera: clasificación y riesgo geomorfológico. *Pirineos*, 138, 39-52.

- Quirós, F. y Fernández, G. (Dirs.) 1996. *Gran atlas del Principado de Asturias. Atlas Geográfico. Tomo I*. Ediciones Nobel, Oviedo, 295 pp.
- Rodríguez Pérez, C. 1995. Estudio geomorfológico del puerto de San Isidro. *Eria. Revista de Geografía*, 36, 63-87.
- Santos, J., Redondo, J.M., Gómez, A. y González, R.B. 2010. Los aludes de nieve en el Alto Sil (Oeste de la Cordillera Cantábrica, España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36 (1), 7-26.
- Vada, J.A. 2011. Estimación del riesgo de aludes en el PR-PNPE 21: Vega de Urriellu, macizo Central de los Picos de Europa. *Actas de las IV Jornadas Técnicas de Nieve y Aludes - Homenaje a Xavier Bosch i Martí, Vielha*, 61-64.
- Vada, J.A., Frochoso, M. y Vilaplana, J.M. 2012. Evaluación y cartografía del riesgo de aludes en el camino PR-PNPE 21 de acceso a la Vega de Urriellu, Picos de Europa (noroeste de España). *Cuaternario y Geomorfología*, 26 (1-2), 29-47.
- Wozniak, E. y Marquínez, J. 2004. Evaluación de la susceptibilidad por aludes de nieve a escala regional: el caso de Asturias. En: Benito, G. y Díez, A. (eds.) *Riesgos Naturales y Antrópicos en Geomorfología*. Volumen II. CSIC, Universidad de Castilla-La Mancha, 509-518.