

PLAN DE ZONIFICACIÓN DEL TERRENO SEGÚN LA PELIGROSIDAD POR ALUDES PARA EL PIRINEO DE CATALUNYA

P. OLLER¹, M. JANERAS², O. COSTA¹, C. GARCÍA-SELLÉS¹, E. MUNTÁN³, G. MARTÍ¹ y P. MARTINEZ¹.

¹ Unitat de Riscos Geològics. Àrea d'Enginyeria Geològica i Risc. Institut Geològic de Catalunya.

² Geocat Gestió de Projectes SA.

³ Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona

RESUMEN

En las siguientes líneas se presenta el plan de zonificación del terreno según la peligrosidad por aludes para el Pirineo de Catalunya. Este proyecto se definió en tres fases: (1) preparación de las bases de conocimiento, (2) establecimiento de la metodología y reglamentación y (3) producción cartográfica. Las fases 1 y 2 están actualmente finalizadas. Ello ha permitido avanzar en el conocimiento de la dinámica de aludes y la dinámica nival en esta zona así como definir una metodología para realizar la zonificación del terreno según la peligrosidad de aludes de forma homogénea y objetiva en todo el territorio. En la fase final, se proveerá de cartografía de peligrosidad a escala local, detallada, como soporte a la planificación urbanística por un lado y a la protección civil por otro, dando respuesta al mandato que tiene el IGC en relación con la identificación del riesgo.

1. INTRODUCCIÓN

En los Pirineos de Catalunya, los aludes afectan cada invierno a actividades deportivas de ocio, estaciones de esquí, carreteras y en general, a infraestructuras que se encuentran por encima de los 1500 m de altitud. De forma menos frecuente, por debajo de estas cotas, pueden afectar a zonas habitadas. El trabajo realizado en la obtención de información de aludes históricos a través de encuestas a la población y búsqueda en archivos históricos ha permitido conocer la ocurrencia de aludes que afectaron a poblaciones en el pasado, la

mayoría de los cuales no se han vuelto a repetir con igual magnitud hasta la actualidad (Rodés, 1999; García et al., 2006; Oller et al., 2006; Rodés y Miranda, 2009). No obstante, en el pasado reciente, durante el episodio mayor del 6 al 8 de febrero de 1996, dos aludes causaron daños importantes en un hostel de montaña en la comarca del Ripollès (Girona), y el 31 de enero de 2003, otra avalancha destruyó completamente un chalet en la urbanización de la Pleta de Vaquèira (Val d’Aran, Lleida). Hoy en día sabemos que en fechas anteriores se produjo la destrucción total o parcial de casas aisladas e incluso, de poblaciones enteras (figura 1). Sólo en el episodio de la Val de Toran de 1855, se contabilizaron hasta 57 víctimas, la mayoría de ellas al quedar destruidas por las avalanchas las casas donde se habían refugiado. En este episodio, en total se tiene noticia de la destrucción de 58 casas (García et al., 2006). Si por un lado consideramos que estas avalanchas pueden volverse a repetir, y por otro, el fuerte aumento de la ocupación del suelo experimentado a partir de los años 70 del pasado siglo (Apellaniz et al., 2008), podemos concluir que el riesgo de aludes es significativo.

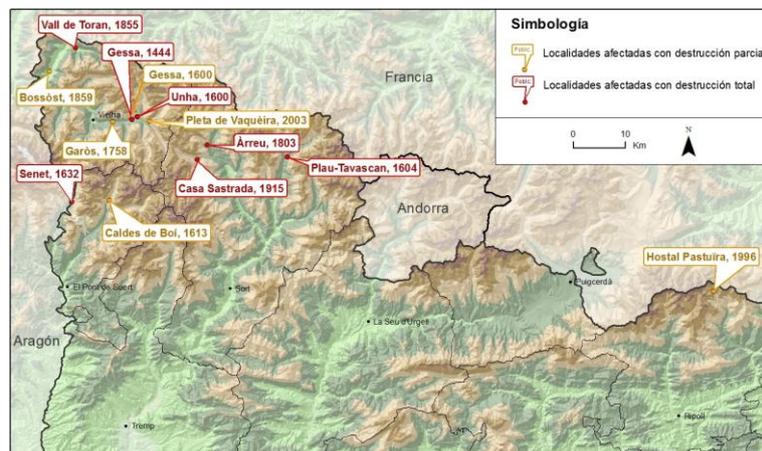


Figura 1. Distribución de las catástrofes por aludes documentadas en el Pirineo de Catalunya, registradas en la BDAC.

Con el objetivo de reducir el riesgo de aludes, en el año 2004, la Unidad de Geología del Institut Cartogràfic de Catalunya (UG-ICC, actualmente IGC), concibió el Plan de Zonificación del Terreno Según la Peligrosidad por Aludes para el Pirineo de Cataluña (PZTSPA) en el marco de la Línea Estratégica del Riesgo de Aludes. El Mapa de Zonas de Aludes (MZA), realizado entre 1986 y 2006, permitió disponer de la primera cartografía de susceptibilidad de un peligro geológico a escala 1:25.000, elaborada de forma sistemática para todo el territorio (Oller et al., 2005). La puesta en marcha, en 2005, de la Base de Datos de Aludes de Catalunya (BDAC), permitió almacenar de forma ordenada la información de aludes registrada (zonas susceptibles, eventos de fuentes histórico-testimoniales y recientes) en un único repositorio, ofreciendo un entorno para su permanente actualización y consulta, y a una escala más detallada. En el presente, la BDAC se encuentra alojada, mantenida y alimentada en el Institut Geològic de Catalunya

(IGC). Para la gestión urbanística y la protección civil, es necesario disponer de cartografía detallada a escala local de la peligrosidad del fenómeno (1:5.000 ó de mayor detalle). Se consideró, en consecuencia, que para proveer a la administración de la documentación básica para la prevención y protección de aquellas poblaciones con riesgo identificado, era necesario iniciar el PZTSPA, siguiendo el ejemplo de los países alpinos.

La zonificación del terreno según el peligro de aludes (ZTSPA) es una herramienta fundamental para la prevención de los riesgos geológicos y, en especial, para la planificación urbanística (OFAT et al., 2001). Los primeros mapas se realizaron en Suiza a partir de los años 60 (Frutiger, 1970) y, poco a poco, otros países como Francia, Austria, Italia, Estados Unidos o Canadá, aplicaron una metodología similar. A partir de los años 80, empezaron a aparecer las primeras reglamentaciones que plantean la zonificación de la peligrosidad como la conocemos actualmente (p. ej. OFF-IFENA, 1984). En Catalunya sólo existe cartografía de peligrosidad reglamentaria en relación con la inundabilidad. Los usos admisibles en las zonas inundables vienen regulados en el Reglamento de la Ley de Urbanismo, aprobado por el decreto 305/2006, de 18 de julio. Para el resto de riesgos geológicos el IGC está trabajando conjuntamente con la Direcció General d'Ordenació del Territori i Urbanisme de la Generalitat de Catalunya (DGOTU) para la definición de una zonificación del terreno según la peligrosidad geológica, coherente, homogénea y objetiva, que regule los usos admisibles en los planes urbanísticos, de acuerdo con la Ley de Urbanismo de Catalunya (D. L. 1/2005 26 julio) y reglamento asociado (D. L. 305/2006 18 julio). Según esta ley, se prohíbe urbanizar y construir en zonas de riesgo. El PZTSPA nació con este objetivo, para conocer la peligrosidad y por lo tanto, el riesgo, en las poblaciones pirenaicas donde se ha identificado susceptibilidad. Mientras estas poblaciones no dispongan de un dispositivo de protección, las cartografías serán indispensables para los planes de emergencia de protección civil.

Las zonas de peligrosidad de aludes se han definido tradicionalmente en términos de período de retorno y presión de impacto (Mears, 1992). La metodología se basa en zonificar el terreno según la peligrosidad en dos o tres clases: alta (color rojo), media (color azul) y baja (color amarillo). Estas cartografías acostumbra a ser reglamentarias y, por lo tanto, de obligado cumplimiento, e implican la prohibición de construcción en el caso de peligrosidad alta y de construcción con restricciones en el caso de peligrosidad media. La zona de peligrosidad baja no acostumbra a tener restricciones constructivas significativas. La metodología para determinar la peligrosidad consiste en el análisis del terreno, del registro de aludes recientes, de los aludes reconstruidos a partir de los daños en la vegetación, suelo o estructuras y de datos históricos. El cálculo numérico se realiza en la fase final del proceso de análisis y tras el calibrado a partir de los datos disponibles. Su peso en el proceso de análisis es relativo a la existencia de tales datos (Freer & Schaerer, 1980; Mears, 1992; McClung & Schaerer, 2006).

En Catalunya, las primeras ZTSPA se llevaron a cabo para la planificación y protección de infraestructuras y urbanismo a partir de 1997 por la UG-ICC. Desde el inicio y hasta el final de la fase 2 del PZTSPA se aplicó la metodología de zonificación suiza por tratarse de la más sólidamente instaurada en su ámbito territorial. Estas primeras zonificaciones tenían un carácter de recomendaciones dado que no iban acompañadas de una reglamentación urbanística. El PZTSPA ha servido para analizar los distintos métodos usados en los diferentes países alpinos y definir una metodología propia a partir de los criterios justificativos de cada una de ellas.

2. METODOLOGÍA

El proyecto del PZTSPA se definió en tres fases: (1) preparación de las bases de conocimiento (2004-2011), (2) establecimiento de la metodología y reglamentación (2009-2010) y (3) producción cartográfica (2012-2020).

La primera fase consistió en detectar las necesidades de información de base, obtenerla, almacenarla y explotarla. Un primer objetivo fue la implementación de la Base de Datos de Aludes de Catalunya (BDAC; Oller et al., 2005) que permitió almacenar ordenadamente toda la información recopilada desde el inicio del proyecto, en 1986 (Furdada, 1990). En esta base de datos se introducen en formato cartográfico y alfanumérico los datos provenientes del análisis del terreno, la observación del fenómeno, las encuestas a la población, y la documentación histórica. El registro de eventos permitió, por un lado, realizar una primera caracterización de los episodios de aludes mayores en el Pirineo de Catalunya y, por otro, el calibrado del modelo de simulación numérica suizo Aval-1D (Oller et al., 2010).

En paralelo, la participación en proyectos de investigación centrados en el análisis dendrocronológico (ALUDEX, OAPN 11/2003 y AVDENPYR) permitió reconstruir episodios mayores ocurridos durante las últimas décadas y conocer mejor los parámetros de frecuencia/magnitud en las zonas estudiadas. Para ello se seleccionaron diferentes zonas de aludes de interés en cuanto a la información potencial relacionada con la actividad y el riesgo de aludes almacenada en los anillos de los árboles.

En esta fase, se avanzó también en la delimitación de la zonificación nivológica del Pirineo. Se analizaron los datos de 75 estaciones meteorológicas situadas en los Pirineos de Catalunya y se seleccionaron las más representativas en relación a su situación, altitud, extensión temporal, continuidad y calidad de los datos. Fueron validadas y usadas para obtener los valores estadísticos del espesor de nieve reciente a 24 y 72 h y el espesor de nieve total, para períodos de retorno de referencia de 10, 30, 100 y 300 años. Estos datos son básicos para la aplicación de los modelos numéricos de dinámica de aludes.

En la segunda fase, se determinó el número de localidades donde sería necesario realizar la ZTSPA. Para ello se cruzó la información espacial de la BDAC con los elementos vulnerables existentes en la base planimétrica 1:5.000 del ICC. A la capa de inventario se le añadió el alcance máximo estadístico obtenido a partir de los parámetros definidos por Furdada (1996), aplicando el modelo α - β noruego (Lied y Bakkehøy, 1980); Figura 2.

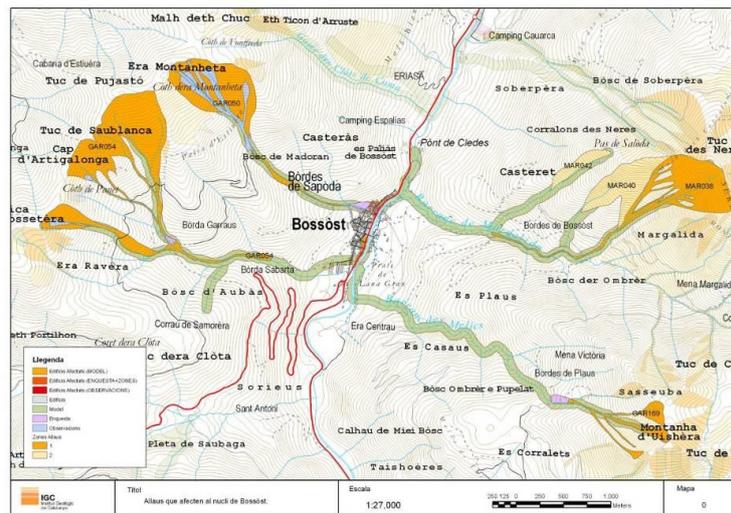


Figura 2. Análisis realizado para la identificación de los núcleos de población donde aplicar la ZTSPA.

Se obtuvo un total de 41 núcleos de población con riesgo (figura 3). Se diferenciaron dos prioridades. Con prioridad 1, veinte núcleos sobre los cuales se superpone la información histórico-testimonial u observacional. Los núcleos con prioridad 2, un total de 21, son aquellos en que únicamente se produce superposición debido al alcance obtenido a partir del modelo estadístico, pero no hay constancia histórica ni observacional.

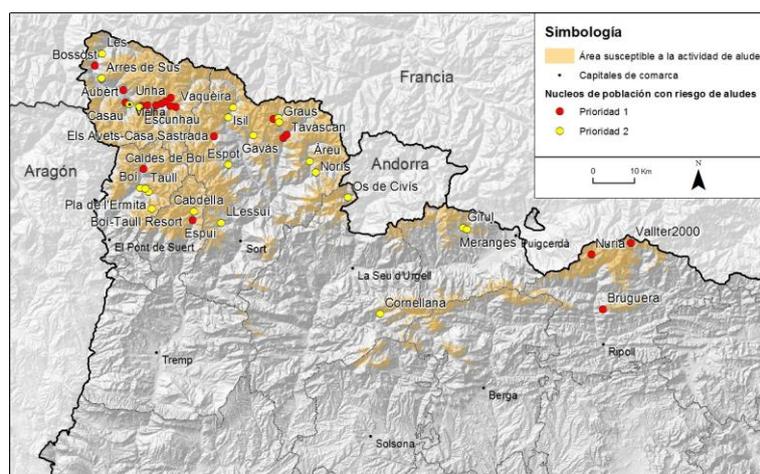


Figura 3. Poblaciones con riesgo identificado (prioridad 1 y 2).

También en la segunda fase, se definió la escala de trabajo y especificidades metodológicas tales como los eventos de referencia, la matriz de peligrosidad o los modelos de simulación numérica a utilizar. Para ello se trabajó en una zona piloto en el municipio del Naut Aran (Val d’Aran, Lleida) con el asesoramiento del Instituto Federal Suizo para el Estudio de la Nieve y los Aludes (SLF-WSL). En este trabajo, se compararon las diferentes metodologías de zonificación implementadas en los países del arco alpino (Francia, Suiza, Italia y Austria), analizándolas a fondo con el objetivo de concebir la metodología de zonificación más adecuada a las propias especificidades (Janeras et al., 2011).

Para guiar a la administración y técnicos en la elaboración de tales cartografías, así como para realizarla de forma homogénea en todo el territorio se redactaron unos Requisitos para la Elaboración de la Zonificación del Terreno Según la Peligrosidad por Aludes (REZTSPA). El documento de requisitos indica cuales son los pasos a seguir: (1) búsqueda de documentación de base, (2) análisis del terreno, (3) búsqueda histórico-testimonial, (4) análisis nivometeorológico, (5) reconstrucción de los escenarios avalanchosos de referencia, (6) modelización de la dinámica de aludes, (7) zonificación del terreno según el peligro de aludes y (8) recomendaciones y propuesta de alternativas de defensa. Los usos admisibles para las tres clases de peligrosidad fueron definidos conjuntamente con la DGOTU.

Finalizadas las fases 1 y 2, actualmente se está trabajando en la tercera fase del PZTSPA con las primeras cartografías ya en producción, para los núcleos de prioridad 1.

3. RESULTADO

El conjunto del proyecto ha contribuido a una mejora del conocimiento de la dinámica de aludes y dinámica nivológica en los Pirineos, y al establecimiento de las bases para la realización de la ZTSPA.

Para la caracterización de la dinámica de aludes se trabajó con un conjunto de 522 aludes mayores, entendiendo por mayor aquel alud que excede su tamaño habitual provocando daños en el bosque e infraestructuras próximas (Schaerer, 1986). Se dispone de datos de aludes principalmente ocurridos en los siglos XX y XXI, y puntualmente anteriores. Normalmente, superan el tamaño 3 según la escala canadiense de tamaño de aludes, a los cuales se atribuyen presiones de impacto superiores a los 100 kPa (McClung y Schaerer, 2006). Se constata que estos aludes principalmente son de nieve seca, con o sin aerosol (el 81%), mientras que los de nieve húmeda constituyen el 17% (figura 5). Hay que mencionar la ocurrencia de “slushflows” durante el invierno 1997-98 (Furdada et al., 2000), fenómeno muy raro en los Pirineos, según el conocimiento actual, y que se

consideró como un caso a parte. Se observaron diferencias en el alcance de los aludes en relación a su distribución espacial. Para ello se trabajó con el ángulo α , o ángulo de alcance. Este ángulo varía de los 15° a los 50° (McClung y Mears, 1991), siendo los valores bajos los correspondientes a los aludes más continentales y extremos. Se observa como los valores mínimos (alrededor de los 16°) se registran en la zona de clima oceánico, Aran-Franja nord Pallaresa, y en la zona de clima de influencia mediterránea, Ter-Freser, en la parte más oriental. En la zona interior, de clima intramontano o de transición, el alcance es menor, con valores que oscilan entre los 18 a 21° (figura 5). Ello puede deberse a que en esta zona el período de retorno de los aludes mayores, es mayor.

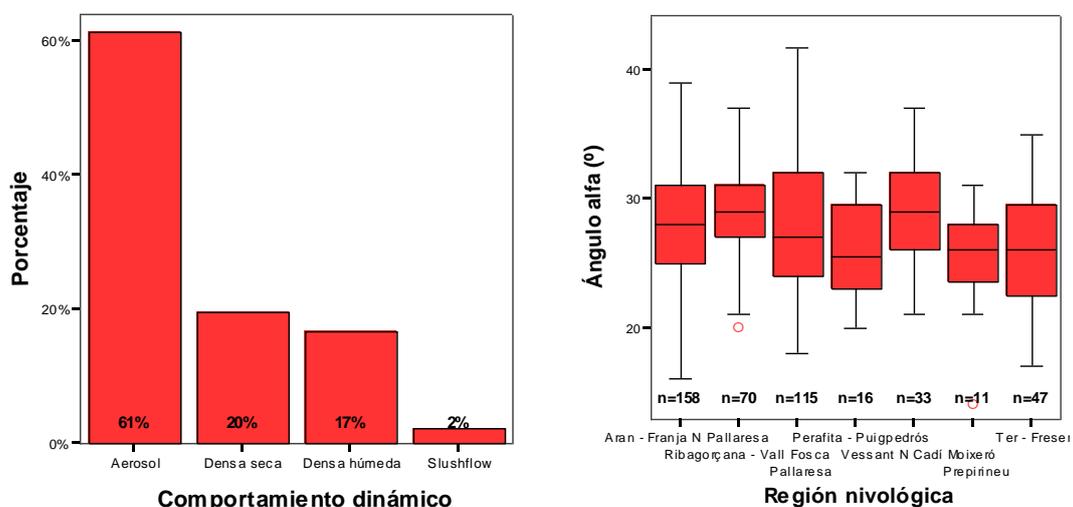


Figura 5. Comportamiento dinámico de los aludes mayores registrados (izquierda) y valores del ángulo α en relación con la región nivológica (de oeste a este, derecha).

En relación con el calibrado del modelo numérico Aval-1D (Oller et al., 2010), se llegó a la conclusión de que se obtiene un buen ajuste al aplicar los coeficientes de fricción establecidos para los Alpes, en los Pirineos, para aludes de alta frecuencia ($T=30$). No se dispuso, sin embargo, de datos suficientemente precisos para calibrar aludes de baja frecuencia. Se detectó que es mayor la incertidumbre en los parámetros de entrada en el modelo que el posible error en el resultado a causa del uso de tales coeficientes. No se observaron diferencias significativas entre los aludes analizados en la parte oriental y en la occidental del Pirineo de Catalunya. En consecuencia, en el uso de Aval-1D en los Pirineos, se recomienda la utilización de los coeficientes establecidos para los Alpes, pero siempre que sea posible, es conveniente realizar una calibración previa, para una mayor fiabilidad.

Los datos obtenidos del análisis dendrocronológico en seis zonas de aludes distribuidas a lo largo del Pirineo de Catalunya permitieron poner a punto la metodología e identificar y reconstruir episodios avalanchosos mayores del pasado a nivel regional, así como aludes

locales, no detectados a partir de las fuentes clásicas (Muntán et al., 2004, 2009). El volumen de acontecimientos registrados se incrementó en un 60% y en la mayoría de casos, se pudo establecer le extensión de estos (figura 6). La dendrocronología demostró ser una técnica complementaria que aporta información de magnitud y frecuencia de aludes difícilmente obtenible a partir de otras fuentes (Muntán et al., 2010). Esta metodología se ha empezado a aplicar en el proceso de ZTSPA, allí donde hay bosque.

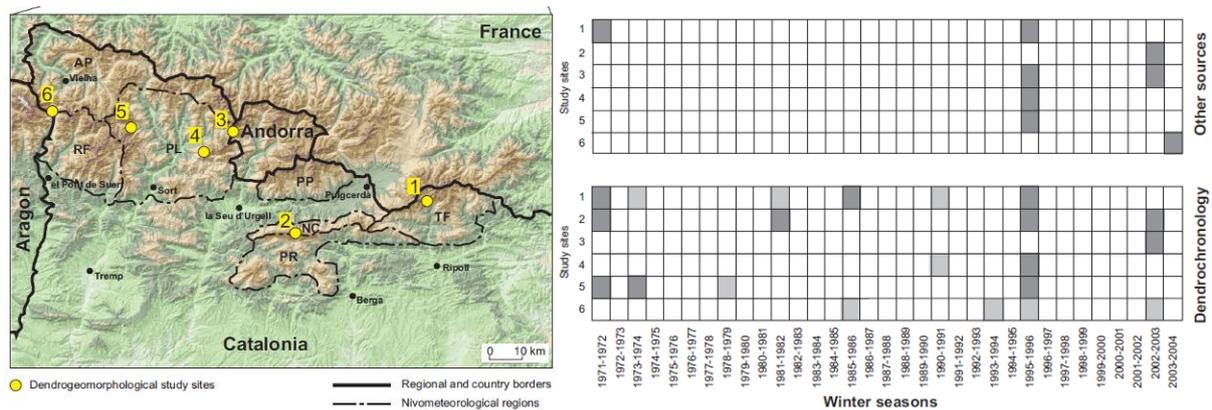


Figura 6. Zonas de aludes donde se aplicó la técnica dendrocronológica (izquierda) y episodios reconstruidos (derecha). El gráfico de la parte superior derecha muestra los eventos registrados en la BDAC. El gráfico inferior derecho, los eventos obtenidos a partir de la dendrocronología (un 60% más). Los cuadros más oscuros representan aludes mayores (Muntán et al., 2009).

En relación con la zonificación nivológica del Pirineo, se obtuvieron los valores de espesores de nieve para los períodos de retorno requeridos (10, 30, 100 y 300 años). Dada la escasez de series temporalmente extensas en altitud, actualmente se está realizando un proceso de análisis y selección de los valores más representativos para la confección de un mapa de distribución de espesores de nieve reciente y totales. Este mapa definirá los valores recomendados para la simulación de aludes y dimensionamiento de obras de defensa.

Con respecto a la definición de la ZTSPA, el trabajo en la zona piloto permitió probar las distintas metodologías aplicadas en Suiza, Italia, Austria y Francia. Para poder hacer un análisis comparativo de los resultados de los diferentes métodos, la peligrosidad se clasificó en alta, media y baja. En la figura 7 se muestra la comparación de los resultados según las cuatro metodologías en términos de superficie afectada, considerándola desde una cota de referencia en el inicio de la zona de llegada. Así, se homogeneizaron en rojo las zonas para la mayor restricción (en general de prohibición de edificación), en azul, las zonas de restricción intermedia (edificación permitida bajo restricciones parciales estrictas) y, finalmente en amarillo, las zonas de restricciones menores, en general, de tipo organizativo.

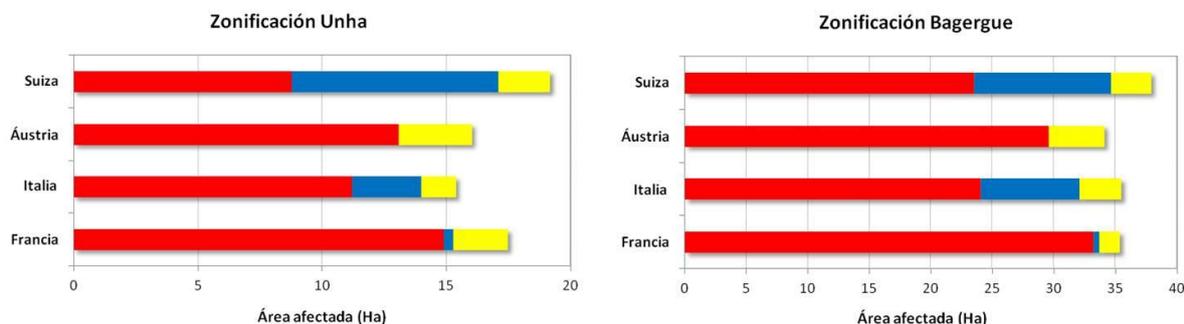


Figura 7. Extensión de terreno según las clases de peligrosidad obtenidas para cada población en función de la metodología utilizada.

Se observa cómo, a pesar de haber configuraciones distintas del terreno en las localidades analizadas, se mantiene la proporcionalidad en los resultados. La zonificación suiza es la que toma mayor extensión, pero de una forma muy gradual en el sentido longitudinal de la avalancha, de tal manera que la zona roja es la más reducida. La segunda en extensión es la zonificación francesa, pero por el contrario, es la menos gradual, teniendo una máxima extensión de la zona roja. Finalmente, la zonificación austríaca tiene la particularidad de ser bicolor, marcando una gran extensión de la zona roja, sólo superada por la francesa, y una extensión global más reducida. La comparación de las metodologías permitió constatar qué representan en términos de extensión de la peligrosidad las diferencias existentes entre ellas.

A partir de esta experiencia comparativa y los criterios que justifican las diferentes metodologías, se extrajeron las consideraciones que finalmente definirían la matriz de zonificación (figura 8). (1) Es conveniente una zonificación simple, con pocas clases, considerándose óptima la división en tres grados de peligrosidad. (2) El límite de altas presiones para el trazado de la zona roja que se adoptó es el nivel de 30 kPa. Este límite de presión es el más comúnmente aceptado y es considerado como el máximo exigible para una vivienda reforzada. (3) El alud de período de retorno de 100 años se demostró insuficiente en algunas ocasiones como delimitación del alcance máximo de influencia urbanística. Se creyó preferible trabajar con el alud de 300 años. Así pues, se estima imprescindible trabajar con dos escenarios de referencia (T=30, T=300). (4) Se consideró que la peligrosidad baja (amarillo) puede ser un recurso opcional para situaciones en que los aludes excepcionales tienen un elevado grado de incertidumbre por desconocimiento y falta de información. Se incorporó el concepto francés de máximo alud verosímil (AMV) desde el punto de vista de interpretación del terreno, por no depender exclusivamente de los resultados de cálculo de situaciones extremas.

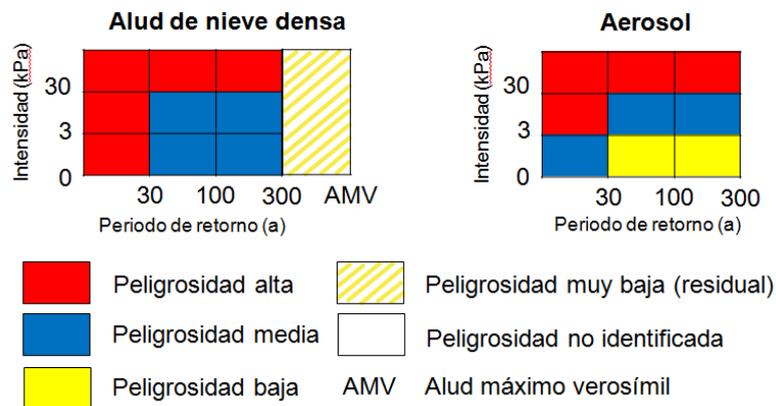


Figura 8. Matriz de peligrosidad adoptada en el Pirineo de Catalunya para la ZTSPA.

El resultado de la aplicación de la matriz adoptada para el Pirineo de Catalunya puede visualizarse en la figura 9.

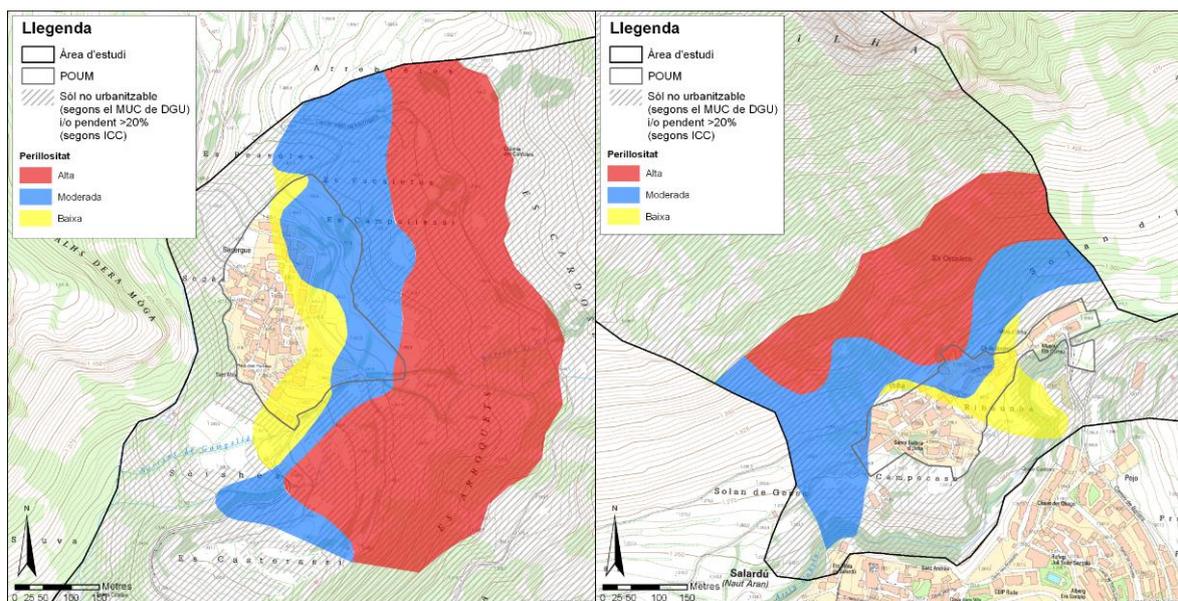


Figura 9. ZTSPA en el núcleo de Bagergue (izquierda) y Unha (derecha), ambos en el municipio del Naut Aran (Val d'Aran, Lleida)

4. CONCLUSIONES

El PZTSPA ha servido para definir una matriz de peligrosidad de aludes y una metodología para realizar la ZTSPA de forma homogénea y comparable en el Pirineo de Catalunya. La metodología establece tres clases de peligrosidad a semejanza de la metodología suiza pero incorporando el concepto de máximo alud verosímil de la

metodología francesa.

De forma simultánea, el PZTSPA ha supuesto un impulso en el conocimiento de la dinámica de aludes y del comportamiento nivológico del Pirineo de Catalunya. A la vez que se ha incrementado el volumen de información sobre los acontecimientos del pasado, se ha mejorado el conocimiento del tipo de dinámica de aludes, su distribución geográfica, períodos de retorno e intensidad, así como de los períodos de retorno de las nevadas y espesores totales de nieve.

La ZTSPA permitirá conocer el riesgo a mayor detalle en las poblaciones con peligrosidad. Todo ello servirá para gestionar la protección civil en situaciones de emergencia y para priorizar la realización de actuaciones de defensa a fin de que este riesgo sea reducido progresivamente.

Esta metodología servirá en el futuro para una mejor gestión de la planificación urbanística.

REFERENCIAS

- Apellaniz, L., Carreras, F., Erra, G., 2008. *Estudi de l'evolució del sòl urbà a la vall d'Àneu*. Projecte de final de carrera Ciències Ambientals. UAB.
- CADS, 2008. RISKAT. Els riscos naturals a Catalunya. Informes del CADS 6.
- Canadian Avalanche Association, 2002: *Guidelines for Avalanche Risk Determination and Mapping in Canada*. McClung, D.M., C.J. Stethem, P.A. Schaerer and J.B. Jamieson, (eds.). Canadian Avalanche Association, Revelstoke, BC
- Committee on Ground Failure Hazards Mitigation Research, Division of Natural Hazard Mitigation, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council, 1990. *Snow Avalanche Hazards and Mitigation in the United States*. USA.
- Freer, G. L.; Schaerer, P. A., 1980. Snow –avalanche hazard zoning in British Columbia, Canada. *Journal of Glaciology*, Vol. 96, No. 94: 345-354.
- Frutiger, H., 1970. *The avalanche zoning plan*. Translation N0 11. Department of Agriculture, Forest Service, Alta Avalanche Study Center.
- Furdada, G., 1996. *Estudi de les allaus al Pirineu Occidental de Catalunya: predicció espacial i aplicacions a la cartografia*. Geoforma Ediciones. Logroño. 315 pp.
- Furdada, G.; Martínez, P.; Oller, P.; Vilaplana, JM. (2000): Slushflows at el Port del Comte, Northeast Spain. *Journal of Glaciology*. Vol 151. Cambridge (UK).
- Furdada, G.; Vilaplana, J. M.; Bosch, X.; Martínez, P., 1990. Supplying the Catalan Pyrenees (Spain) with a public avalanche warning system. *Proceedings of the ISSW 1990*, 119-129.
- García, C., Martí, G., Barriendos, M., Gavaldà, J., Rodés, P., 2006. La reconstrucción de riesgos naturales en la miniglaciación. El alud catastrófico de abril de 1855 en el valle de Toran. J.M. Cuadrat Prats, M.A. Saz Sánchez, S.M. Vicente Serrano, S. Lanjeri, M. de Luis Arrillaga y J.C. González-Hidalgo (Eds.). *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC)*, 2006, Serie A, nº 5, 147-156. Zaragoza.

- Janeras, M., Pons, J., Oller, P., Costa, O., Margreth, S., Muntán, E., Martínez, P., 2011. Zonificació del terreny en base a la perillositat d'allaus als Pirineus de Catalunya. Contrast de metodologies en una zona pilot al Naut Aran (Val d'Aran). *Actes de les 4es Jornades Tècniques de Neu i Allaus*. Vielha e Mijaran, Val d'Aran, 65-69. IGC-CGA-SMC.
- Lied, K. and Bakkehoi, S., 1980. Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, V26, p165-178.
- McClung, D.; Schaerer, P., 2006. *The Avalanche Handbook*. The Mountaineers books. Seattle, USA.
- Mears, A.I., 1992. *Snow-avalanche hazard analysis for land use planning and engineering*. Colorado Geological Survey, Denver.
- Muntán, E., Andreu, L., Oller, P., Gutiérrez, E., and Martínez, P.: Dendrochronological study of the avalanche path Canal del Roc Roig, First results of the ALUDEX project in the Pyrenees, *Ann. Glaciol.*, 38, 173–179, 2004.
- Muntán, E.; García, C.; Oller, P.; Martí, G.; García, A.; Gutiérrez, E. (2009). Reconstructing snow avalanches in the Southeastern Pyrenees. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1599-1612.
- Muntán, E.; Oller, P.; Gutiérrez, E., 2010. Tracking past snow avalanches in SE Pyrenees. In M. Stoffel et al. (eds.), *Tree Rings and Natural Hazards: A State-of-the-Art*. Springer Science+Business Media B.V. 2010. 47-51.
- Office fédéral de l'aménagement du territoire (OFAT), Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE), Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 2001. *Prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire*. Berne, 1997.
- Office fédéral des forêts-Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (1984): *Directive pour la prise en considération du danger d'avalanches lors de l'exercice d'activités touchant l'organisation du territoire*, Berna-Davos.
- Oller, P.; Janeras, M.; de Buen, H.; Arnó, G.; Christen, M.; García, C.; Martínez, P.: Using AVAL-1D to simulate avalanches in eastern Pyrenees. *Cold Regions Science and Technology*. Vol. 64, pp. 190-198. Elsevier, 2010.
- Oller, P., Marturià, J., González, J. C., Escriu, J., Martínez, P.: El servidor de datos de aludes de Cataluña, una herramienta de ayuda a la planificación territorial. *Actas del VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Valencia, 2005
- Oller, P.; Muntán, E.; Marturià, J.; García, C.; García, A.; Martínez, P.: The avalanche data in the Catalan Pyrenees. 20 years of avalanche mapping. *Proceedings of the International Snow Science Workshop*, 305-313. Colorado, 2006.
- Rodés, P., 1999. *Análisis de los accidentes por aludes de nieve en España*. Pere Rodés y Muñoz 1999.
- Rodés, P.; Miranda, C., 2009. Aludes de nieve del pasado, anteriores al siglo XIX. *Anales de Medicina y Socorro en Montaña* 9, 8-14.
- Schaerer, P. (1986): Winter weather. Weather patterns for major avalanches. *The Avalanche Review*, Vol. 4, No. 3.