

CARTOGRAFÍA DE ZONAS PROBABLES DE ALUDES EN EL PIRINEO ARAGONÉS: METODOLOGÍA Y RESULTADOS

A. Julián Andrés, J. L. Peña Monné, J. Chueca Cía, J. Zabalza Martínez,
A. Lapeña Laiglesia e I. López Moreno

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Zaragoza

RESUMEN

En este trabajo presentamos tres ejemplos de cartografía de zonas probables de aludes en el Pirineo Aragonés (Canal Roya-Espelunciecha, valle de Ordesa y valle de Pineta) en los que se incluyen aquellas áreas que se han visto, o pueden verse afectadas por avalanchas de nieve. La metodología utilizada, en la que se combina la observación de fotogramas aéreos con el trabajo de campo y, en menor medida, la encuesta sobre el terreno, se basa en la consideración de determinados factores intrínsecos a las vertientes como son el límite altitudinal, el valor de las pendientes, la morfología y rugosidad de las laderas, su orientación y la cubierta vegetal presente en la zona.

Palabras clave: Cartografía, aludes, Pirineo Aragonés.

ABSTRACT

In this work a cartography of probable snow avalanche areas in the Aragonese Pyrenees (Canal Roya-Espelunciecha, Ordesa valley and Pineta valley) is showed. In this cartography we have included the areas which have been or could be affected by snow avalanches. The methodology adopted combines the observation of aerial photographs with field work and, to a lesser extent, the use of enquiries in the area, and it is based on the consideration of those

Fecha de recepción: marzo de 2001.
Fecha de admisión: junio de 2001.

factors directly related to the slopes, like altitudinal limits, the slope values, the morphology and rugosity of the versants, the aspect of the slopes and the vegetation cover.

Key words: Cartography, avalanches, Aragonese Pyrenees.

1. INTRODUCCIÓN

Los aludes constituyen un fenómeno frecuente dentro de los ámbitos montañosos. Aunque en España la cifra de daños personales por avalanchas de nieve no es equiparable a la registrada en otros lugares del entorno europeo como Austria, Suiza o Francia, no por ello debe despreciarse, y si a ello añadimos los considerables costes directos e indirectos ligados a la afección de las infraestructuras, debemos contemplar el riesgo de aludes en España como importante. Este riesgo viene además, sin duda, potenciado por el auge que las actividades de montaña han cobrado en las últimas décadas. Por tanto, en estos momentos, el estudio de los aludes es no sólo un atrayente objetivo de investigación sino una necesidad cada vez más acuciante de cara a la prevención de riesgos y a la ordenación del espacio.

La elaboración de cartografías temáticas en las que se delimiten las áreas expuestas en mayor o menor grado al desencadenamiento de aludes, considerando diversos factores relacionados con las vertientes como topografía, vegetación, exposición, etc., es una de las tareas prioritarias en los estudios sobre riesgo de avalanchas. Aunque la validez última de este tipo de cartografías sólo se alcanza cuando se complementa con la información referente a las condiciones meteorológicas y el estado de la nieve en un momento dado, no cabe duda de que por sí misma constituye una herramienta básica para la ordenación y planificación del territorio, además de ser el punto de partida para la elaboración de cartografías de riesgos.

En este trabajo analizamos los factores básicos con representación espacial que favorecen o determinan el desencadenamiento de aludes y presentamos tres ejemplos de cartografía en los que se delimitan las áreas susceptibles de verse afectadas por dicho fenómeno. Los espacios elegidos se localizan en el Pirineo central aragonés (Canal Roya-Espelunciecha, valle de Ordesa y valle de Pineta) (Fig. 1) y consideramos son especialmente representativos tanto por la ubicuidad de las avalanchas registradas en ellos como por tratarse de territorios en los que las actividades recreativas ligadas a la montaña alcanzan una gran relevancia.

2. MÉTODO DE TRABAJO

Los aludes de nieve se engloban dentro de los procesos geomorfológicos característicos que afectan a las laderas en ámbitos de montaña. En su desencadenamiento intervienen diversos factores que pueden agruparse en dos grandes tipos: factores extrínsecos a las vertientes, vinculados a las condiciones nivo-meteorológicas y, dado que en ellos la variabilidad temporal es fundamental, difícilmente representables en el espacio; y factores intrínsecos a las vertientes, de carácter más permanente, localizables sobre el territorio y, por consiguiente, susceptibles de cartografiar. La cartografía de zonas probables de aludes, en la que se reflejan aquellas zonas en las que se han producido aludes en algún momento, o en las que considerando diversos criterios podrían desencadenarse, se apoya en este segundo tipo de factores.

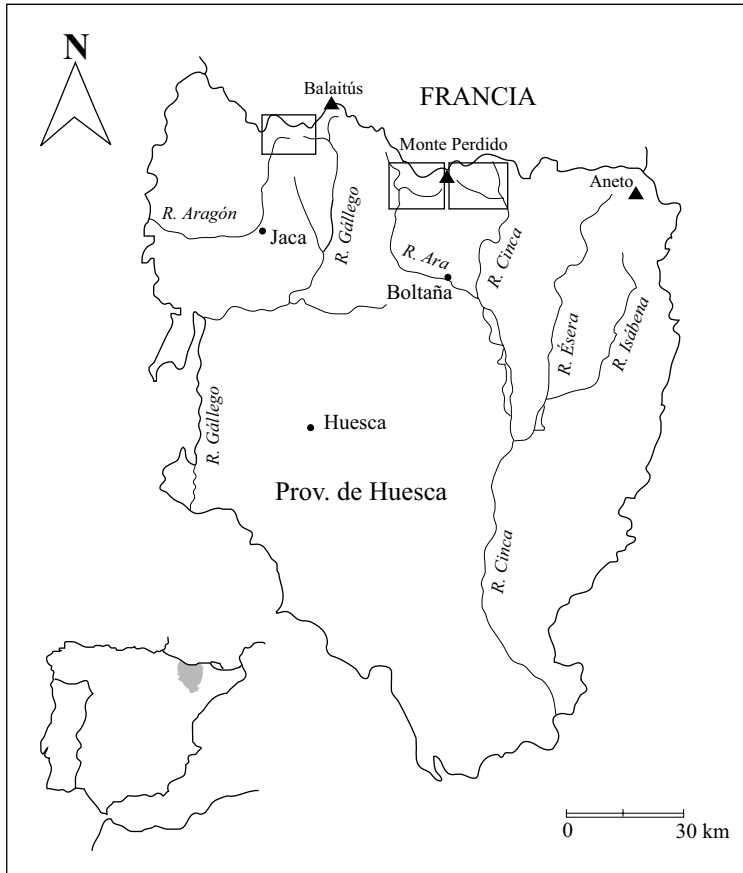


Figura 1. Situación de las áreas de estudio.

La metodología utilizada para elaborar la cartografía que aquí presentamos fue establecida en sus fundamentos básicos por el Ministerio de Agricultura francés (CEMAGREF, 1981) en los años 70. En España, con algunas adaptaciones, ha sido adoptada por el grupo de trabajo de la Universidad de Barcelona en diversos sectores del Pirineo oriental (Furdada, G., *et al.*, 1989; Furdada, G., 1996; Oller, P., *et al.*, 1998) y, por nuestra parte, tras un primer trabajo sobre el valle de Ordesa (Julián, A. y Chueca, J., 1999), hemos aplicado el mismo método a otros ámbitos del Pirineo central como el valle de Pineta (Zabalza, J., 2000) y el sector Canal Roya-Espelunciecha (Lapeña, A., 2000).

Las fases o etapas básicas que definen este tipo de trabajos, todas ellas complementarias y, en ocasiones, simultáneas en el tiempo, son la fotointerpretación, la observación directa en el campo, y las encuestas a personas vinculadas a las áreas de montaña objeto de análisis. Si bien las tres etapas son importantes, sin duda la fotointerpretación es básica pues a través de ella, observando las huellas dejadas en el medio natural, podemos constatar la ocurrencia de

avalanchas; pero además, a partir de determinados criterios se pueden delimitar aquellas áreas más favorables al desencadenamiento de aludes.

El trabajo de campo es imprescindible para obtener información de sectores afectados por sombras, sectores que en ámbitos con relieves verticalizados, como es el caso de las laderas de orientación Norte de los valles de Ordesa o de Pineta pueden representar una extensión considerable. Por otra parte, la observación directa sobre el terreno permite disponer de datos más detallados, especialmente los referidos a la vegetación (huellas del paso de la nieve, grado de recuperación en función de la frecuencia de aludes); así como actualizar la información obtenida a través de la fotografía aérea, algo que puede ser básico cuando no se dispone de fotogramas muy recientes. El reconocimiento de campo que hemos llevado a cabo en los distintos sectores nos ha permitido atestiguar el funcionamiento de muchos de los principales caminos de avalanchas e, incluso, en casos puntuales, comprobar cómo el área afectada por un alud de gran magnitud (Bco. de la Canal, en el valle de Ordesa, campaña invernal 1996-1997) llegó a rebasar los límites máximos esperados a partir de fotointerpretación.

La fase de encuesta puede ser muy relevante de cara a ratificar los datos obtenidos en las etapas anteriores y, sobre todo, para la valoración de la frecuencia y magnitud de los aludes. Lamentablemente, acometer una campaña de encuestas, sobre todo si se pretende abordar de forma sistemática entre los distintos grupos de población relacionados con la montaña y dotarla de una cierta continuidad a lo largo de varios años, es tarea bastante compleja. Por otra parte, la disposición de determinadas personas a facilitar datos sobre el desencadenamiento de avalanchas puede estar limitada por condicionantes económicos, apreciándose frecuentemente cierta reticencia a hablar de un tema que tiene «mala prensa». Para la realización de estos trabajos no hemos llevado a cabo una encuesta sistemática, pero sí que hemos corroborado algunos datos significativos con la colaboración de representantes del colectivo montañero y de algunos organismos como el Centro de Interpretación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

Respecto a los criterios que permiten identificar y delimitar las zonas probables de aludes tienden a clasificarse en directos e indirectos, en función de que se refieran a los factores intrínsecos a las vertientes, en el primer caso, o a factores extrínsecos, relacionados con las condiciones nivo-meteorológicas, en el segundo caso (Furdada, G., 1996; McClung, D. y Schaerer, P., 1996). Para elaborar los ejemplos de cartografía aquí presentados los criterios directos en los que nos hemos apoyado son: el límite altitudinal, el valor de las pendientes, la morfología y rugosidad de las laderas, y la vegetación. Entre los criterios indirectos hemos considerado la orientación de las vertientes respecto a la radiación solar. La combinación coherente de todos, o al menos de buena parte de estos criterios, nos ha permitido plasmar en la cartografía las áreas más expuestas a las avalanchas de nieve.

- 1) El límite altitudinal marca la cota inferior a partir de la cual durante una determinada época del año (finales de invierno y principios de primavera en nuestras latitudes) las precipitaciones son en forma de nieve y las bajas temperaturas favorecen su conservación. Este límite viene marcado aproximadamente por la isoterma de 0° C que, para el Pirineo y durante los meses invernales, ha sido establecida en torno a los 1.600 m. (García-Ruiz, J.Mª., *et al.*, 1985). Las estimaciones concretas para los sectores más próximos a los cartografiados son de 1.693 m. para la cabecera del río Aragón

(Creus, J., 1987) y de 1.670 m. para la cuenca del Ara (García-Ruiz, J.M^a., *et al.*, 1985). En principio, la probabilidad de que se desencadene un alud en áreas situadas a alturas inferiores es mínima; sin embargo, esas mismas zonas pueden verse afectadas por el paso o la llegada de una avalancha originada en cotas superiores.

- 2) Respecto a los valores de pendiente más favorables al desencadenamiento de aludes, se considera necesaria una inclinación de al menos 28° para que la componente longitudinal del peso de la nieve supere las fuerzas de resistencia; ahora bien, lo cierto es que no hay un límite inferior preciso de seguridad por debajo del cual se pueda afirmar que las laderas no se van a ver afectadas por aludes, dependiendo dicho límite de las condiciones de la nieve (serán infrecuentes las avalanchas de nieve húmeda pero, por el contrario, las de nieve polvo pueden recorrer fácilmente trayectorias horizontales e incluso contrapendientes). En el otro extremo, sobre vertientes con ángulos de pendiente superiores a los 45°, la cantidad de nieve que se llega a acumular no es suficiente como para que se generen avalanchas de cierta significación.
- 3) La morfología de la vertiente —cóncava o convexa— es otro factor que puede inhibir o favorecer respectivamente el deslizamiento de la capa de nieve. Algo más complejo puede ser el análisis de la rugosidad (en principio a un incremento de la rugosidad corresponde un mejor anclaje de la nieve y, por tanto, disminuye la posibilidad de una avalancha), pues en esta propiedad inciden elementos tan diversos como la litología —alternancia de materiales lábiles con otros más resistentes que quedan en resalte—, la disposición de las capas a favor o en contra de la pendiente, la existencia de formas de relieve más o menos favorables, o el tipo de vegetación.
- 4) La vegetación es uno de los criterios directos más importantes para la delimitación de zonas probables de aludes. En primer lugar, en la vegetación permanecen las huellas del paso de las avalanchas, manifiestas bien en la ausencia total de aquélla cuando la frecuencia del fenómeno es importante, bien en la existencia de una vegetación específica mejor adaptada a la acción de la nieve. Pero además, sabemos que el porte y la densidad de la vegetación son determinantes en relación con el desencadenamiento de aludes. Las zonas cubiertas de pasto serán las más favorables, seguidas de las tapizadas por una masa relativamente densa de arbustos. Los sectores de bosque cerrado son los menos proclives a registrar avalanchas, aunque pueden verse afectados en mayor o menor medida por avalanchas originadas en otras áreas situadas fuera del bosque, a cotas superiores.
- 5) Por último, la incidencia de la orientación de la vertiente respecto al sol se manifiesta básicamente en el tipo de aludes que tienden a desencadenarse: de nieve suelta o polvo en las laderas septentrionales y de nieve húmeda en las meridionales, pero también en la permanencia y la estabilidad del manto nival a lo largo del año.

La cartografía de zonas probables de aludes, basada en los criterios que acabamos de mencionar, ha sido elaborada inicialmente en color y a escala 1:25.000, tomando como referencia fundamental las fotografías aéreas suministradas por el Instituto Geográfico Nacional (verticales, en blanco y negro, a escala 1:30.000 y tomadas en septiembre de 1981). Para facilitar la reproducción en este trabajo hemos reducido considerablemente la escala y hemos

adaptado la simbología al blanco y negro, si bien los aspectos recogidos en la leyenda son esencialmente los mismos a los originales (Figs. 2, 3 y 4).

Los elementos con plasmación espacial considerados en estos mapas integran aspectos relacionados con el relieve, la red fluvial, el fenómeno de los aludes y con infraestructuras antrópicas, y son los siguientes: 1) crestas de divisorias; 2) escarpes; 3) picos principales; 4) red fluvial; 5) ibones y embalses; 6) curvas de nivel; 7) zona probable de aludes; 8) canales de aludes; 9) conos mixtos; 10) carreteras y pistas; 11) sendas; 12) edificaciones.

Con la inclusión de determinados elementos relacionados con el relieve y con la red fluvial pretendemos no tanto aportar información de carácter geomorfológico (información que, por otra parte, aparece en mapas específicamente geomorfológicos de las zonas respectivas que aquí no presentamos), sino facilitar la ubicación sobre el terreno de los demás elementos.

Las zonas probables de aludes, los canales de aludes y conos mixtos constituyen los elementos clave de la cartografía. Las zonas probables de aludes reflejan, tal y como ya se ha comentado, todas aquellas áreas que bien han registrado avalanchas de nieve en algún momento o bien, en función de los criterios expuestos y con unas condiciones meteorológicas y del manto nival favorables, son susceptibles de ello, independientemente de la magnitud que el fenómeno pueda alcanzar. Los canales de aludes (cuyo funcionamiento en determinadas épocas del año es de carácter torrencial) representan un peligro localizado, por cuanto la nieve tiende a circular circunscrita dentro de sus límites, aunque esta circunstancia incrementa la velocidad y, por consiguiente, los efectos devastadores de la nieve. Como se puede apreciar en los mapas están profusamente representados en los tres sectores analizados y en algunos casos son atravesados por carreteras o sendas muy frecuentadas, por lo que es fundamental una ubicación precisa así como la valoración de su dinamismo. En cuanto a los conos de aludes, aunque potencialmente constituyen zonas que pueden verse afectadas por aludes, dado que en la mayoría de los casos su origen no es exclusivamente nival sino que en él también intervienen la dinámica torrencial y la acción de la gravedad (asociadas igualmente a los canales de aludes), hemos preferido designarlos conos mixtos y diferenciarlos añadiendo a la trama asignada a las zonas de aludes la simbología propia de estas morfologías.

Por último, en los mapas se localizan las carreteras y pistas, las sendas y las edificaciones (para este trabajo, y dada la escala final de reproducción de la cartografía hemos realizado una selección de los más significativos). A pesar de que en la cartografía no se contemplan en sentido estricto factores como la peligrosidad o los riesgos (lo cual requeriría el cálculo de períodos de retorno de los aludes y la realización de cuantificaciones y valoraciones económicas y sociales) la mera ubicación de dichos elementos y su relación con las áreas que pueden verse afectadas por avalanchas puede resultar de gran utilidad para la ordenación y gestión de los espacios analizados así como para facilitar información a los frecuentes visitantes de los mismos.

3. RESULTADOS

Tal y como puede apreciarse en los tres ejemplos de cartografía presentados (sector de Canal Roya-Espelunciecha, valle de Ordesa y valle de Pineta), una parte importante de las tres áreas se halla expuesta a la acción de las avalanchas de nieve. Muchos de los factores que se consideran favorables para el desencadenamiento de aludes, anteriormente mencionados,

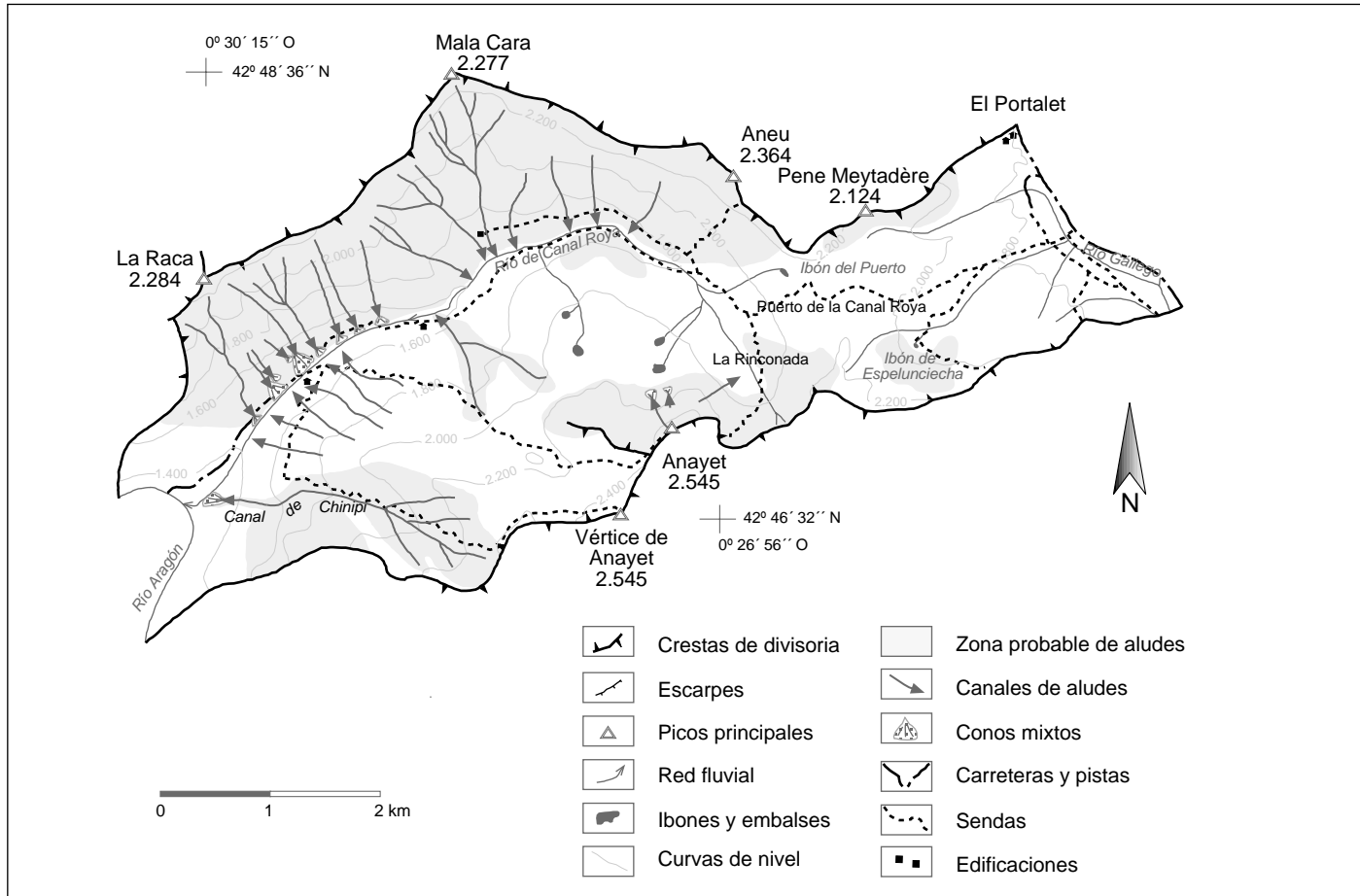


Figura 2. Cartografía de zonas probables de aludes del sector de Canal Roya-Espelunciecha.

concurrir en estos sectores pirenaicos; sectores, por otra parte, de gran atracción turística lo que, sin duda, acrecienta el interés de delimitar las áreas más proclives a este fenómeno.

El sector de Canal Roya-Espelunciecha se localiza entre las cabeceras de los ríos Aragón y Gállego (Fig. 2). La Canal Roya constituye un pequeño valle afluente del Aragón por su margen izquierda, drenado por el río que le da nombre, y que se halla separado de Espelunciecha (en este caso las aguas vierten al Gállego) por el también denominado puerto de la Canal Roya. Si tomamos como referencia altitudinal invernal de la isoterma de 0° C durante la estación fría (noviembre-abril) la estimada por Creus, J., (1987) para la cabecera del Aragón (1.693), la mayor parte del sector supera este límite, pues tan sólo el fondo del valle se encuentra por debajo de los 1.700 m. Esto favorece que durante los meses más fríos, que es cuando se registran las máximas precipitaciones (en la cercana estación de los Arañones ubicada a 1.260 m. la precipitación media anual es de 1.871 mm. con un primer máximo en diciembre seguido muy de cerca por el mes de octubre) (De la Riva, J., 1997), se acumule y conserve un importante manto nival. Otros factores que favorecen el desencadenamiento de aludes son las pendientes de las laderas (gran parte de la superficie se encuentra dentro del intervalo de 28°-45° C) así como la vegetación, caracterizada fundamentalmente por formaciones arbustivas de escasa densidad y pastizales. Las masas boscosas densas, potencialmente inhibitorias del deslizamiento de la nieve, han sufrido en este sector un fuerte presión antrópica, por lo que tan sólo se conservan en la zona de entrada de la Canal Roya y siempre por debajo de los 1.700 m. de altitud.

En la cartografía se aprecian diferencias significativas en la distribución de zonas probables de aludes entre la Canal Roya, especialmente afectada en su vertiente Sur, y el sector de Espelunciecha, donde la probabilidad de registrarse aludes es más limitada. En la vertiente Sur de la Canal Roya se localizan grandes cuencas de alimentación nival, lo que unido a unas pendientes medias muy favorables hace que toda ella, en mayor o menor grado, se halle expuesta a las avalanchas, estando además surcada por canales de larga trayectoria (Foto 1). Por el contrario, en la vertiente Norte los canales adoptan, en general, un menor desarrollo longitudinal y las áreas probables de aludes se concentran fundamentalmente en torno a la canal de Chinipi y en la base del pico de Anayet (2.545 m.). En el sector de Espelunciecha la probabilidad de avalanchas es relativamente escasa, reduciéndose a áreas muy localizadas al pie de Pene Meytadère (2.124 m.) y en torno al ibón de Espelunciecha donde, no obstante, los aludes suelen ser de pequeñas dimensiones.

El segundo sector cartografiado coincide básicamente en su totalidad con el valle de Ordesa, territorio integrado dentro del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Fig. 3). Este valle, de dirección fundamental Este-Oeste, se halla recorrido por el río Arazas, característico curso de montaña que, tras recibir el drenaje de la vertiente meridional de los elevados macizos de Monte Perdido (3.355 m.), Cilindro (3.322 m.), Marboré (3.247 m.), Taillón (3.170 m.) y Gabietos (3.334 m.), y el mucho más limitado de la vertiente septentrional de la Sierra de las Cutas (2.236 m.) y Custodia (2.387 m.), confluye con el río Ara.

Desde el punto de vista climático, las precipitaciones son relativamente abundantes (entre los valores de estaciones próximas podemos citar los 1.635 mm. anuales en Linás de Broto, a 1.330 m. de altura, o los 1.621 mm. de Fanlo, a unos 1.320 m.; lógicamente estas cifras deben ser mayores en cotas superiores) registrándose el mayor volumen en otoño y primavera (García-Ruiz, J.M^a, y Martí-Bono, C.E., 1993). Por otra parte, de acuerdo con los cálculos

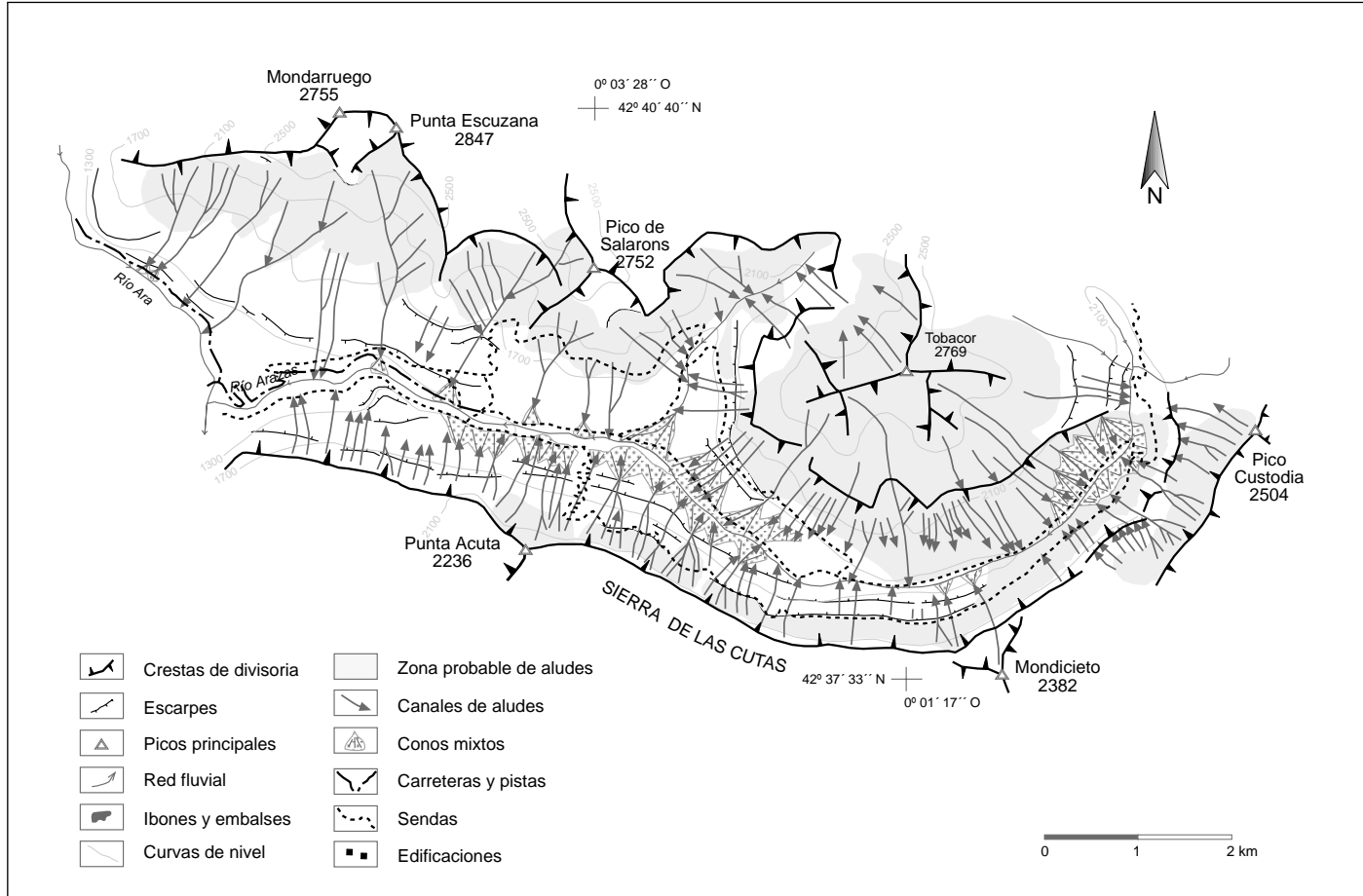


Figura 3. Cartografía de zonas probables de aludes del valle de Ordesa.



Foto 1. Canal de aludes en la ladera Sur del sector de la Canal Roya (primavera de 2000) (A. Lapeña e I. López).

efectuados por García-Ruiz *et al.* (1985), la isoterma de 0° C durante la estación fría se localiza a 1.670 m. en la cuenca del Ara, lo que repercute en la potenciación estacional (especialmente a finales de invierno y principios de primavera) de los procesos ligados a la nivación en la zona estudiada cuya práctica totalidad se emplaza por encima de los 1.100 m. de altitud y una buena parte sobrepasa los 1.700 m.

En relación con las pendientes, tan sólo el propio fondo de valle y algunas zonas reducidas en las proximidades del Tobacor, se encuentran por debajo del límite de 28° C, mientras que los sectores con pendientes por encima de los 45° C, en los que difícilmente se puede

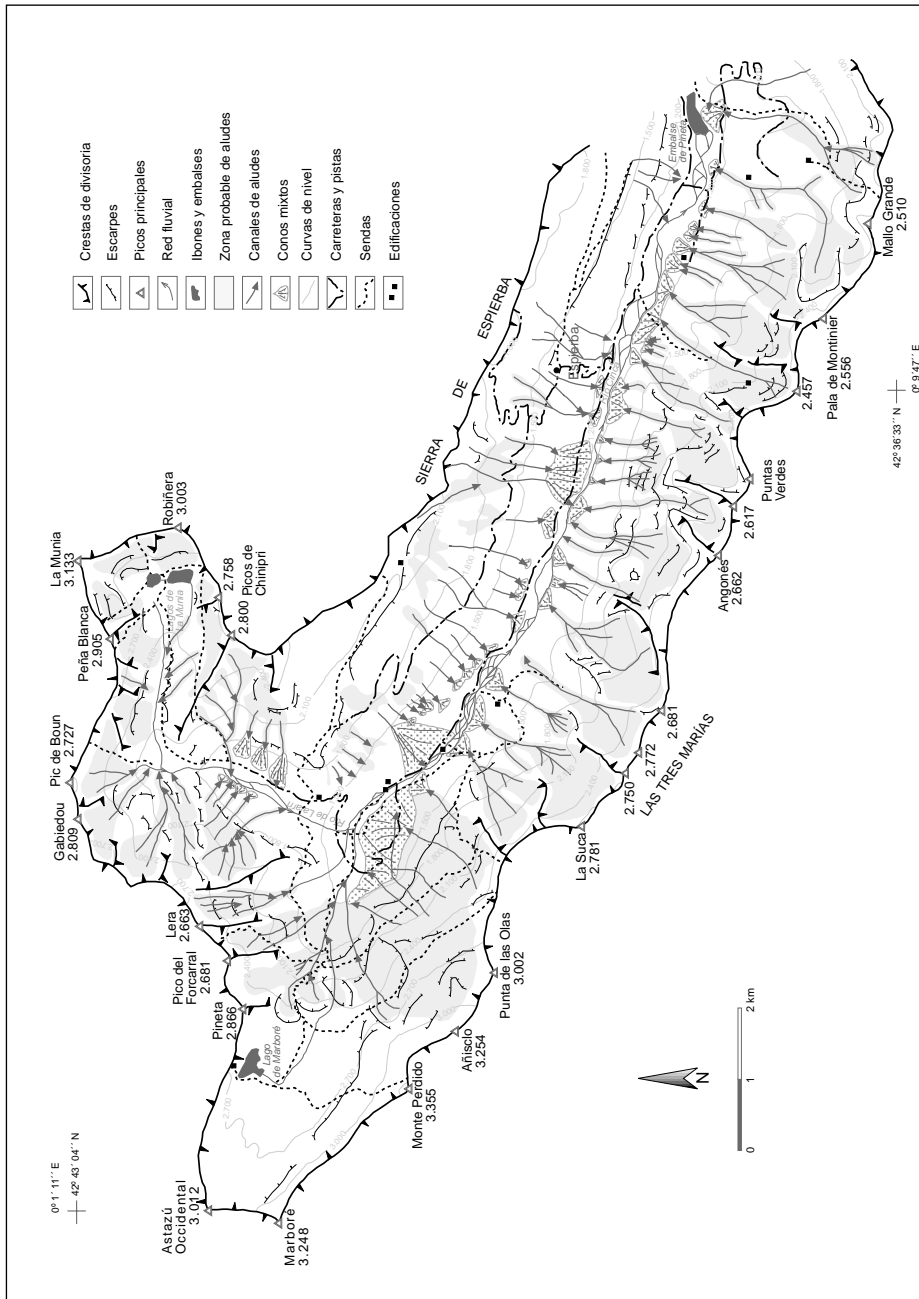


Figura 4. Cartografía de zonas probables de aludes del valle de Pineta.

acumular nieve suficiente como para dar lugar al desencadenamiento de aludes importantes, coinciden con los grandes escarpes de las paredes del valle. En las vertientes septentrionales —fundamentalmente las correspondientes a la Sierra de las Cutas— los cantiles quedan, por tanto, fuera de las áreas que pueden verse afectadas por aludes, iniciándose las mismas a su pie, donde la acumulación de derrubios ha suavizado el perfil de las laderas. Por el contrario, en las vertientes de orientación meridional, hemos englobado estas paredes dado que en la mayor parte de los casos enlazan con zonas de pendientes inferiores en las que sí se acumulan masas importantes de nieve que pueden precipitarse sobre los escarpes.

La escasez o ausencia de vegetación arbórea, que en este sector se manifiesta a partir de los 1.800 m. de altitud, constituye uno de los factores más favorecedores en el desencadenamiento de aludes. Las comunidades relativamente densas de arbustos difícilmente podrán servir de anclaje una vez que las primeras nevadas los enmascaran, configurando una superficie lisa y deslizante. Los pastizales de herbáceas son la vegetación que presenta una rugosidad más escasa; pero si además se encuentran tapizando laderas de morfología suave y sin resaltes rocosos —sector de Tobacor o Sierra Custodia—, constituyen una superficie de deslizamiento excepcional.

En cuanto a la distribución espacial de las zonas que pueden verse afectadas por avalanchas de nieve se aprecia una clara disimetría entre la ladera Norte y la ladera Sur, disimetría que responde fundamentalmente a una diferente morfología entre los dos márgenes del valle. En las vertientes de orientación septentrional, en las que las alturas máximas apenas rebasan los 2.200 m. y en las que los valores de las pendientes son muy elevados, las zonas probables de avalancha —al margen de los canales de aludes, de carácter localizado— conforman una estrecha banda al pie de los grandes cantiles de la Sierra de Las Cutas, banda que tan sólo a partir del sector de las Gradas de Soaso se extiende hasta el fondo del valle. Por el contrario, en las laderas de orientación Sur estas zonas alcanzan una extensión más amplia. En este caso, la mayor elevación de las cotas superiores (por encima de los 2.700 m. en determinados puntos) y, fundamentalmente, el carácter más tendido de las vertientes, favorecen una acumulación de nieve netamente superior.

Los canales de aludes pueden aparecer englobados dentro de áreas probables de aludes, pero muy frecuentemente sirven de conexión entre estas últimas, que constituirían el sector de arranque de los aludes, y el fondo del valle, en el que se ubican los depósitos de origen mixto nivo-fluvial con morfología en conos de dimensiones muy variables. Los ejemplos más significativos de este tipo de canales los encontramos en ambos márgenes del valle, atravesando los bosques mixtos de coníferas y hayas, siendo fácilmente identificables mediante la observación de las alteraciones que sufre la vegetación (Foto 2).

El valle de Pineta, tercero de los sectores pirenaicos considerados en este trabajo, se halla recorrido por el tramo superior del río Cinca y por el más modesto río de Lalarri, que confluye con el anterior por su margen izquierda (Fig. 4). Rodeado por algunas de las máximas cumbres pirenaicas, entre las que destacan Monte Perdido (3.254 m.), Añisclo (3.254 m.), Marboré (3.248 m.) o La Munia (3.133 m.) este profundo valle de origen glaciar cuenta con vertientes muy favorables para el desencadenamiento de aludes. Las precipitaciones (1.149 mm. anuales en el embalse de Pineta, a 1.050 m. de altitud) registran su máximo en el otoño y aunque en este caso no contamos con datos precisos de la ubicación altitudinal de la isoterma de 0° C en época invernal, si tomamos como referencia los 1.600-1.700 m. establecidos para otros secto-



Foto 2. Efectos del alud registrado en el Bco. de la Canal en la temporada invernal 1996-97; el alud atravesó la carretera de acceso a la Pradera de Ordesa y destruyó numerosos pies de pino silvestre situados en la ladera opuesta (J. Chueca y A. Julián).

res, hemos de considerar que buena parte de este espacio registra abundantes precipitaciones en forma de nieve y que, al mismo tiempo, las condiciones para su conservación son óptimas.

La distribución de la vegetación dentro del valle tiene una influencia decisiva en el desigual reparto de las zonas probables de aludes. Las formaciones boscosas densas se asientan entre los 1.000-1.900 m., pasando a ser sustituidas a partir de esta altitud por bosques abiertos de pino negro, de menor resistencia a la movilización del manto nival. Por encima de estas cotas y, en ocasiones compartiéndolas, las vertientes de orientación Sur y el sector de Lalarri se hallan tapizadas por masas de matorral y pastizales alpinos, mientras que las vertientes de orientación Norte, más arriba de los límites del bosque, se muestran desprovistas de vegetación.

Al igual que en el caso de Ordesa, la cartografía de zonas probables de aludes del valle de Pineta también manifiesta una marcada disimetría entre ambas vertientes, aunque en este caso la vertiente más afectada es la de orientación Norte. La ausencia de áreas importantes de acumulación de nieve (determinada por su menor altura y su exposición solana) y la considerable cubierta vegetal restringen notablemente la extensión de estas áreas en la vertiente Sur. En las laderas de la cara Norte destaca por su magnitud y su gran actividad el sector del circo de Pineta, favorecidas por la ubicación de grandes cuencas de alimentación nival bajo los picos de Añisclo (3.254 m.), Punta de las Olas (3.002 m.), Pineta (2.866 m.), Forcarral (2.681 m.) y Lera (2.663 m.); aunque la probabilidad de registrarse avalanchas de nieve

afecta a la práctica totalidad de las vertientes Norte, al igual que al sector más septentrional del valle (Lalarri-La Munia).

Por otra parte, los canales de aludes, zonas de peligro localizado, son igualmente numerosos y aparecen tanto englobados dentro de zonas probables de aludes más amplias (sector del circo de Pineta), como sirviendo de conexión entre las áreas de acumulación de nieve y el fondo del valle, atravesando en ocasiones formaciones boscosas importantes (sector de La Suca-Mallo Grande) (Foto 3). En la vertiente Sur, donde como ya se ha comentado las condiciones no son favorables para el desencadenamiento de aludes, los canales tienen un recorrido mucho más limitado y dado que, en general, no conectan con cuencas importantes de acumulación de nieve, su peligrosidad es también menor.



Foto 3. Canal de aludes en la ladera Norte del valle de Pineta (primavera de 2000) (J. Zabalza).

4. CONCLUSIONES

La observación de fotografías aéreas, complementada con el trabajo de campo y la realización puntual de encuestas, nos ha permitido elaborar una cartografía de zonas probables de aludes de tres sectores del Pirineo central aragonés. En esta cartografía se incluyen no sólo aquellas áreas en las que tenemos constancia se han registrado avalanchas de nieve, sino también aquellas que, considerando diversos criterios como el límite altitudinal, el valor de las pendientes, la morfología y rugosidad de las laderas, o la vegetación, podrían verse afectadas en algún momento.

Los resultados obtenidos nos muestran que estas zonas son considerablemente extensas, de forma especial en las vertientes en las que las condiciones topográficas favorecen la acumulación de un importante manto nival durante los meses de invierno y principios de primavera. Pero además, al margen de estas zonas, hemos de destacar los numerosos canales de aludes existentes, muchos de los cuales conectan dichas zonas con el fondo del valle. En este caso, el peligro es de carácter localizado, dado que la nieve se desliza confinada dentro del canal, por lo que la delimitación de la zona que puede verse afectada es mucho más sencilla. Los efectos observados en la vegetación muestran la capacidad destructiva de los aludes que circulan por estos canales, por lo que resulta de gran interés una localización precisa de los mismos.

La elaboración de cartografías de peligrosidad o de riesgos, objetivo último de este tipo de estudios, implica la consideración de factores meteorológicos, cambiantes a lo largo del tiempo pero igualmente determinantes, así como combinar la información aportada por la cartografía de zonas probables de aludes con datos relativos a la frecuencia del fenómeno, valoraciones económicas de las infraestructuras existentes, y valoración de peligro directo para el hombre. En cualquier caso, consideramos que la inclusión de los elementos de origen antrópico más significativos que aparecen en los tres sectores analizados (vinculados en este caso fundamentalmente a la actividad turística: carreteras y pistas, sendas y edificaciones), dentro de la cartografía de zonas probables de aludes que hemos realizado, supone ya contar con una herramienta excepcional de cara a la planificación y ordenación de éstos y de otros territorios de la montaña aragonesa.

BIBLIOGRAFÍA

- CEMAGREF (1981): *Plan de zones exposées aux avalanches*. Ministère de l'Agriculture, France.
- CREUS, J. (1987): «Algunas características de la alta montaña en los Pirineos Centrales», *X Congreso Nacional de Geografía. Comunicaciones*, vol. 1, Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, págs. 137-146, Zaragoza.
- DE LA RIVA, J. (1997): *Los montes de la Jacetania. Caracterización física y explotación forestal*, Serie investigación nº 10, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 360 págs., Zaragoza.
- FURDADA, G. (1996): *Estudi de los allaus al Pirineu Occidental de Catalunya: predicció espacial i aplicacions de la cartografia*. Geoforma Ediciones. 315 págs. Logroño.
- FURDADA, G., VILAPLANA, J. M. y BOSCH, X. (1989): «Predicción de zonas con peligro de alud. Consecuencias socioeconómicas de la falta de planificación territorial». En

- Fundación MAPFRE/ITSEMAT (Eds.): *Encuentro Internacional «Catástrofes y Sociedad»*. 249-264, Madrid.
- GARCÍA-RUIZ, J. M. y MARTÍ BONO, C. E. (1993): *Mapa Geomorfológico del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido*. Instituto Pirenaico de Ecología, 119 págs. Zaragoza.
- GARCÍA-RUIZ, J. M., PUIGDEFÁBREGAS, J. y MARTÍ BONO, C. E. (1985): *Los recursos hídricos superficiales del Alto Aragón*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, 224 págs. Huesca.
- JULIÁN, A. y CHUECA, J. (1999): «Cartografía de zonas probables de aludes en el valle de Ordesa (Pirineo aragonés)», *Geographicalia*, 37, págs. 73-86, Zaragoza.
- LAPEÑA, A. (2000): *Aludes: estudio de peligrosidad en el sector de Canal Roya-Espelunciecha (Pirineo central aragonés)*, Proyecto fin de carrera, Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, 156 págs. (Inédito).
- McCLUNG, D. y SCHAERER, P. (1996): *Avalanchas*. Sua Edizioak-Ediciones Desnivel, 309 págs.
- OLLER, P., MARTÍ, G. y MARTURIÀ, J. (1998): «New methods applied to avalanche mapping», *Proceedings Second Congress on Regional Geological Cartography and Information System*, págs. 211-215, Barcelona.
- ZABALZA, J. (2000), *Geomorfología y localización de aludes en el valle de Pineta (Pirineo central, Huesca)*, Proyecto fin de carrera, Dpto. de Geografía y Ordenación del territorio, Universidad de Zaragoza, 51 págs. (Inédito).