

ZONAS DE ALUDES EN LA VALLFERRERA: CLASIFICACIÓN Y RIESGO GEOMORFOLÓGICO¹

MONTSERRAT MASES COBERÓ* y JOAN MANUEL VILAPLANA FERNÁNDEZ*

RESUMEN.- La Vallferrera es una cuenca que se encuentra en el Pirineo Occidental Catalán, limitando al E con Andorra (fig. 1). En ella se ha realizado un estudio de las características de las zonas de aludes, desde dos perspectivas (Mases, 1991): En primer lugar se efectúa una descripción y una clasificación de las diferentes morfologías de las zonas de aludes comparando su distribución con algunos parámetros intrínsecos de la cuenca (litología, relieve preexistente, etc.). Se ha observado que las diferentes morfologías de las zonas de aludes son producto de la adaptación de éstas al relieve glacial preexistente. En segundo lugar se entra en el análisis del riesgo geomorfológico que los aludes comportan en esta zona del Pirineo, identificando cuatro sectores donde el riesgo es alto debido a la interferencia de éstos con la estructura social.

RESUMÉ.- La Vallferrera est une vallée de 193 Km² qui se trouve dans le versant sud des Pyrénées, à la limite occidentale de l'Andorre (fig. 1), et qui draine ses eaux à la Noguera Pallaresa. Dans cette zone on a réalisé une étude qui définit les différentes caractéristiques des zones d'avalanches, selon deux points de vues différents (Mases, 1991): Premièrement on fait une description et une classification des différentes morphologies des zones d'avalanches en comparant leur distribution avec des paramètres intrinsèques du bassin-versant (lithologie, modelé préexistant, etc.). On a observé que les différentes morphologies des zones d'avalanches proviennent de l'adaptation de la dynamique nivale aux formes glaciaires préexistantes. En second lieu on a analysé le risque géomorphologique que produisent les avalanches dans cette vallée pyrénéenne. On a identifié quatre secteurs où le risque est élevé à cause de la superposition entre la dynamique des avalanches et la structure sociale.

ABSTRACT.- Avalanche areas in the Vallferrera: classification and geomorphological risk. The Vallferrera basin is located in the western catalonian Pyrenees, bordering on Andorra. In this area, a study of the snow avalanche path characteristics has been done starting from two points of view (Mases 1991): Firstly, a description and a classification of the different morphologies of the snow avalanche paths have been done. We have compared their distribution with some intrinsic parameters of the basin, like lithology, pre-existent relief, etc. It has been observed that the different morphologies of the

¹ Recibido en noviembre de 1991.

* Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia de la Universitat de Barcelona. Facultat de Geologia. Martí i Franqués s/n 08028 Barcelona.

snow avalanche paths are the results of their adaptation to the pre-existent glacial relief. Secondly, the snow avalanche risk has been analyzed at the Vallferrera basin. There have been identified four zones of high risk, due to the interference between the avalanches and the social structure.

Key-words: Pyrenees, snow avalanche path, snow avalanche risk.

La Vallferrera es una cuenca de aproximadamente 193 Km² que vierte sus aguas a la Noguera Pallaresa y se encuentra en la comarca del Pallars Sobirà, en el Pirineo occidental Catalán, limitando el E con Andorra (fig. 1). La cabecera de esta cuenca sobrepasa los 2500 m (Pica d'Estats 3143, Canalbona 2559, Salòria 2789, etc.) y su cota más baja se situa alrededor de los 900 m.

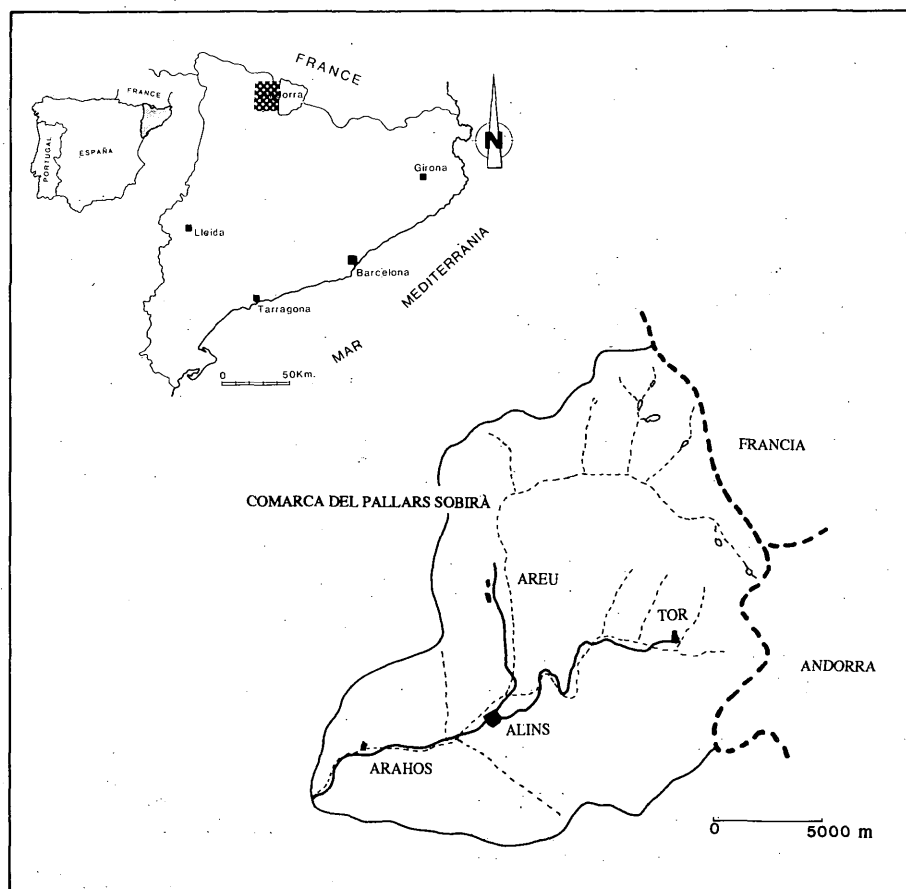


Figura 1. Situación geográfica de la zona estudiada. (Schematic map of the study area).

CLASIFICACION Y RIESGO GEOMORFOLOGICO DE ALUDES

Prácticamente durante nueve meses, las partes más altas de la cuenca (a partir de los 1800 m.) están recubiertas de forma continua por el manto nivoso. Este no permanece estable en el tiempo sino que sufre diferentes cambios, tanto en su composición interna (metamorfismo de la nieve) como en su dinámica, produciéndose desplazamientos: "creeps" y/o aludes.

En este trabajo, no se estudiará la dinámica nival propiamente dicha, sino la distribución espacial y las características morfológicas de las zonas de aludes. En pues un estudio en el que las observaciones de campo se han realizado durante los meses de verano y otoño, en los cuales se puede observar más claramente el efecto que los aludes producen sobre el paisaje.

Cuando en el manto nivoso las fuerzas motrices (componente del peso paralela a la vertiente) superan las fuerzas resistentes (rozamiento, cohesión etc.) se produce una inestabilidad y se desencadena un alud. Así, se define un alud como una porción de masa del manto nivoso que se pone en movimiento por ruptura del equilibrio entre las fuerzas resistentes y las fuerzas motrices (BOSCH, FURDADA, VILAPLANA, 1988-1989).

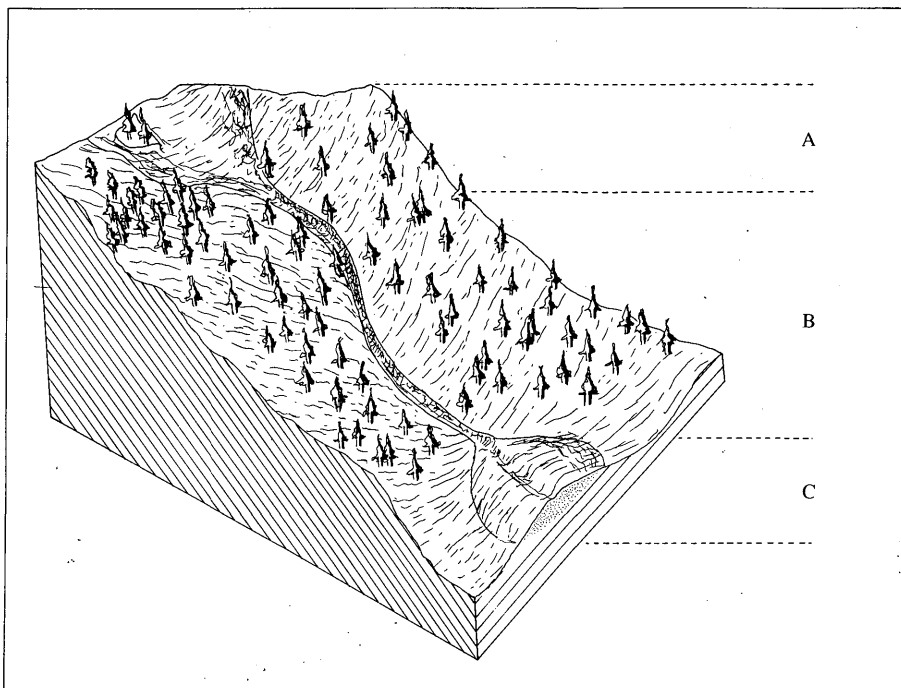


Figura 2: Divisiones de una zona de alud. (Avalanche path parts):
A) Zona de salida. (Starting zone).
B) Zona de trayecto. (Track zone).
C) Zona de llegada. (Runout zone).

En cambio entendemos por zona de alud, aquella superficie o porción del terreno afectada por aludes de forma periódica. Una zona de alud se subdivide a su vez en tres zonas: Zona de salida, es la parte más alta donde empieza a ponerse en movimiento el manto nivoso. Zona de trayecto, donde se produce exclusivamente circulación de la nieve. Zona de llegada, donde el movimiento de la nieve queda frenado y ésta se deposita (MARTINELLI, 1974; ARMSTRONG & ARMSTRONG, 1977) (fig. 2).

1. La localización de las zonas de aludes

El primer paso para realizar tanto la clasificación de las zonas de aludes como el mapa de riesgo, ha sido la identificación espacial de las mismas, es decir, la confección de un mapa de "Localización Probable de Zonas de Aludes" (fig. 3), donde queda representada toda la superficie del territorio afectada por aludes. Esta se ha realizado siguiendo el modelo de mapas confeccionados por el Ministerio Francés de Agricultura. (C.E.M.A.G.R.E.F., 1981) y por el *Servizio de Calamita Pubbliche, Ufficio Neve e Valangue* de la Provincia Autónoma de Trento (1986).

En ella se representan, de color naranja todas las zonas de alud observadas a partir de la interpretación de fotografías aéreas verticales. De color lila las zonas de aludes reconocidas en el campo y a partir de encuestas a la población; y con la superposición de naranja y lila las zonas de alud que han sido reconocidas tanto en el campo como en la fotointerpretación (en la figura 3 la coloración se ha sustituido por diferentes tonos de grises). También se representan con una trama de rayas, siguiendo los criterios de coloración anteriores, las zonas peligrosas donde prácticamente toda la superficie está expuesta a pequeños aludes difícilmente cartografiables de forma individual. Finalmente, utilizando símbolos lineales, se representan las zonas donde existe un peligro localizado en canales estrechos, o zonas donde los aludes circulan preferentemente.

Esta cartografía se realiza a partir de la observación de diferentes criterios de identificación como puede ser la altitud, la orientación de las vertientes respecto al sol, la orientación respecto a los vientos dominantes, la rugosidad de la superficie del terreno, criterios de vegetación, etc. Estos últimos son los que proporcionan una mayor información y se basan prácticamente todos en la destrucción total o parcial del bosque de coníferas y en su posterior regeneración (FURDADA, 1988).

El mayor problema que representan este tipo de mapas es el de la delimitación de la zona de llegada de los aludes, pues la falta de datos históricos y sobre todo el desconocimiento de la dinámica de muchos aludes no nos permite delimitar con extrema precisión los límites máximos de las zonas de llegada.

CLASIFICACION Y RIESGO GEOMORFOLOGICO DE ALUDES



Figura 3: Mapa de localización probable de zonas de aludes. (*Map of avalanche paths*):
1. Intersección de zonas determinadas por fotointerpretación y por encuesta sobre el terreno. (*Intersection of areas determined by photointerpretation and by field inquiries*). 2. Determinación por fotointerpretación. (*Determination through photointerpretation*). 3. Determinación por encuesta sobre el terreno. (*Determination through field work and inquiries*). 4. Aludes. (*Avalanches*). 5. Zonas peligrosas: prácticamente todos los puntos están sometidos a pequeños aludes. (*Hazard zones: all points exposed to small avalanches and sluffs*). 6. Peligro localizado. Zona de circulación preferente. (*Localized hazard: preferent circulation zone*). 7. Zonas con deflación de la nieve. (*Wind-drifting snow zones*).

2. Tipología de las zonas de alud

La clasificación ha resultado ser una tarea difícil, pues la tipología observada de las diferentes zonas de alud es muy diversa y resulta prácticamente imposible incluirlas en una clasificación sencilla, así que se ha optado por realizar una clasificación bidimensional con doble entrada en la que se analizan por separado la zona de salida y la zona de trayecto (fig. 4).

ZONA DE SALIDA \ ZONA DE TRAYECTO	VERTIENTE ABIERTA		PALA BIEN DEFINIDA	CUENCA	COLLADO	PUNTUAL EN ROCA	MÚLTIPLES CANALES EN ROCA	PUNTUAL EN BOSQUE	MÚLTIPLES CANALES EN BOSQUE
	IRREGULAR	REGULAR							
VERTIENTE ABIERTA	1								
LINEAL EN BOSQUE	2		4	5	6	7		8	
MÚLTIPLES CANALES EN BOSQUE									
LINEAL EN ROCA	3								
MÚLTIPLES CANALES EN ROCA									

Figura 4: Clasificación de la morfología de las zonas de aludes. (*Geomorphological classification of the avalanche paths*).

Zonas de salida

En total se han reconocido 6 tipos de zonas de salida:

- Vertiente abierta regular o irregular.
- Pala bien definida.
- Cuenca.
- Collado.
- Salida puntual en bosque.
- Salida puntual en roca.
- Múltiples canales en roca.

Zonas de trayecto

A su vez se han reconocido 5 tipos de zonas de trayecto:

- Vertiente abierta regular o irregular.
- Lineal en bosque.
- Múltiples canales en bosque.
- Lineal en roca.
- Múltiples canales en roca.

Zonas de llegada

En la clasificación, las zonas de llegada no se han tenido en cuenta pues tan sólo se han reconocido dos tipos: vertientes abiertas, donde no hay ninguna morfología de acumulación, y conos de deyección, donde la morfología es de abanico, coincidiendo con conos de derrubios y conos de deyección de dinámica mixta nivo-torrencial.

2.1. Descripción de los tipos morfológicos

Vertiente abierta. Vertiente sin incisiones importantes ni resaltes rocosos, con vegetación escasa (*Festuca supina* y *Rhododendron ferrugineum*) o nula. Con una pendiente que oscila entre 28° y 45°.

Una vertiente se considera regular cuando no tiene ningún resalte rocoso, carece por completo de vegetación, o en todo caso sólo tiene *Festuca supina* y no posee contrapendientes importantes. O bien se trata de vertientes cuya superficie rocosa fue pulida por los hielos cuaternarios.

Por el contrario, una vertiente se ha considerado irregular cuando posee resaltes rocosos (no muy importantes) o en ella la vegetación está más evolucionada con *Rhododendron ferrugineum*, coníferas jóvenes o bien tiene alguna contrapendiente. Estas últimas son características de la vertiente que pueden frenar el movimiento del alud.

Pala bien definida. Se trata de la parte de una vertiente, normalmente la superior, que se caracteriza por una pendiente que oscila entre 30° y 45° y por una gran regularidad sin convexidades ni concavidades significativas. Acostumbra a estar limitada por zonas de la misma vertiente de rugosidad mayor.

Cuenca. El inicio del alud, se produce en una pequeña cuenca, normalmente de dinámica mixta nivo-torrencial, por donde se pueden desencadenar los aludes en toda su superficie o bien bajar individualizados por cada uno de los canales que forman la cuenca. En todo caso la nieve tiende siempre a ir hacia el canal central.

Collado. La salida del alud se produce en un collado, normalmente sin incisiones y ancho.

Zonas de salida puntuales en roca y de trayectos lineales en roca. La misma morfología la encontramos tanto para la zona de salida como para la zona de trayecto. Se trata de una zona deprimida o canal, incidida en una vertiente rocosa por donde pueden desencadenarse o circular los aludes. El grado de incisión en la roca es muy variable: puede tratarse desde canales de fondo plano hasta canales muy incididos. Este tipo de morfología es característico de los circos glaciares.

Zonas de salida puntuales en bosque y de trayectos lineales en bosque. También en este caso la morfología puede ser la misma para las zonas de salida y para las zonas de trayecto. Se trata de una franja longitudinal en el bosque, sin árboles, producida por el paso de los aludes. Normalmente en este caso la incisión es poco importante y la franja suele ser de fondo plano, aunque a veces está fuertemente incidida a causa de los procesos de dinámica torrencial. Este tipo de morfología es típico de zonas más bajas donde los bosques son más importantes.

Múltiples canales en roca. Esta clase no es más que una generalización de la clase lineal en roca. Se caracteriza por la presencia de diversos canales bien definidos en una ladera rocosa. Pueden ocupar parte o la totalidad de la vertiente. Los aludes pueden desplazarse individualmente en uno de los canales o de forma generalizada, en todos ellos a la vez. Una zona de alud se incluye en esta clase cuando la escala de la cartografía que se está utilizando no permite representar un único canal.

Múltiples canales en bosque. Es también una generalización de la clase lineal en bosque. Se trata de diversas franjas longitudinales en el bosque producidas por el paso de los aludes. También como en el caso anterior, una zona de alud se incluye en esta clase cuando la escala de la cartografía que se utiliza no permite representar uno solo de los canales.

3. Clasificación de las zonas de aludes

De la correlación entre las zonas de salida y las zonas de trayecto, se obtienen 54 grupos de tipos morfológicos de zonas de aludes (figura 4), 6 de los cuales no pueden darse en la naturaleza pues corresponden a grupos con la zona de salida puntual (collado, puntual en bosque y puntual en roca) y una zona de trayecto de múltiples canales (en bosque o roca) ya que la nieve que baja por un único canal no tiene suficiente energía como para bifurcarse y modelar más de un canal en la zona de trayecto.

Los grupos obtenidos se agrupan nuevamente en 8 clases de zonas de aludes, siguiendo criterios de similitud morfológica, por ejemplo, en la clase

CLASIFICACION Y RIESGO GEOMORFOLOGICO DE ALUDES

1 quedan incluidas todas las zonas de alud con vertientes abiertas (regulares e irregulares), tanto en la zona de salida como en la zona de trayecto.

De la clasificación se obtiene un mapa de clases de zonas de aludes (figura 5). Lo más destacable de este mapa es observar que existe una clara diferencia entre la mitad N y la mitad S de la cuenca. En la mitad N las zonas de aludes son de menor dimensión y desnivel y su tipología es muy variada. La clase más abundante es la 8 seguida de la 1 y 4. En la mitad S de la cuenca las zonas de alud son de mayor dimensión, de desnivel importante y la clase más abundante es la 5.

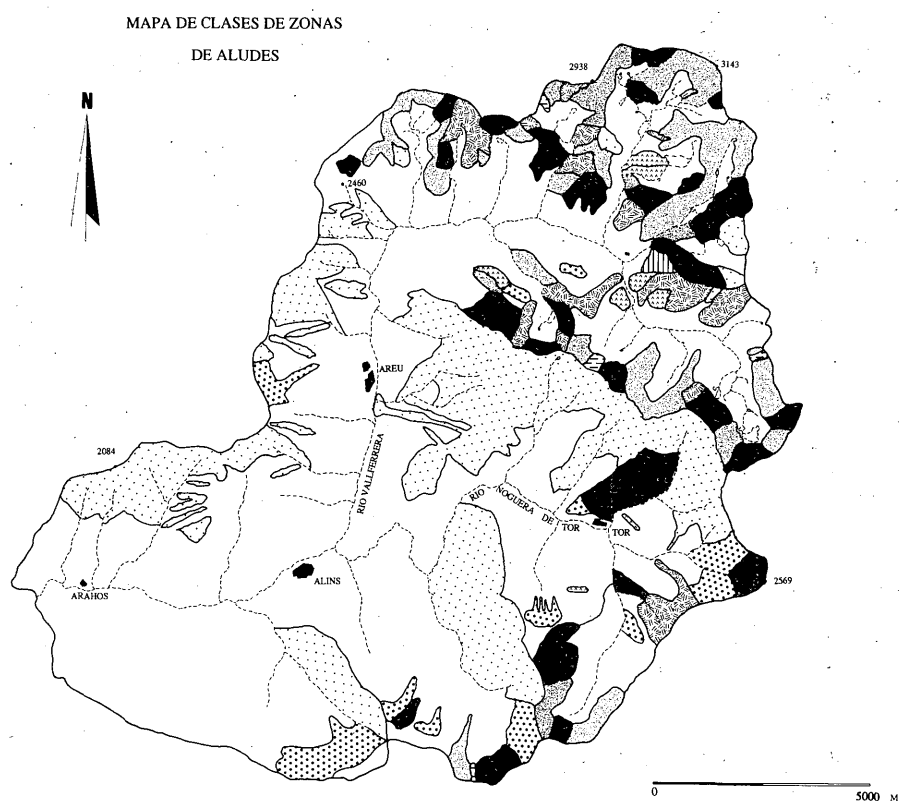


Figura 5: Mapa de clases de zonas de aludes. (Map of avalanche paths kinds).

Esta disimetría N-S coincide con la diferencia litológica existente entre la mitad N y la mitad S de la cuenca. La práctica totalidad del N de la cuenca está constituida por areniscas, pizarras cuarcíticas y filitas más resistentes a la erosión, mientras que en la parte S las litologías más abundantes son pizarras y filitas menos resistentes a la erosión. Por tanto hay una buena correlación entre la zonación observada en el mapa de clases de zonas de

alud y las grandes unidades litológicas. Basándonos en esta observación, podríamos llegar a pensar que la litología condiciona la morfología de las zonas de aludes. De todas formas no hay que olvidar que la Vallferrera fue fuertemente modelada por los hielos cuaternarios y estudios geomorfológicos previos realizados en el Pirineo (SERRA, 1977; VILLAPLANA, 1983) y más concretamente en la Vallferrera (BRU, 1985) establecen una relación directa entre la competencia de las rocas del substrato y las formas resultantes del modelado glaciar. BRU (1975), refiriéndose a la formación de los valles glaciares, afirma que, de una forma general, los valles glaciares más típicos aparecen modelados sobre rocas competentes, mientras que en las rocas menos resistentes las formas típicas aparecen con menor frecuencia.

De este modo en la parte N, donde la roca es más competente y los hielos cuaternarios alcanzaron su máxima extensión, se modelaron circos característicos, de fondo plano y paredes abruptas. Actualmente los aludes se amoldan a esta morfología desarrollándose en las paredes de estos circos. En cambio, en la mitad S de la cuenca, donde la roca es menos competente y donde la extensión y duración de los hielos cuaternarios fue menor, se modelaron pequeñas cuencas y actualmente los aludes se adaptan a esta morfología. En conclusión, las diferentes morfologías de las zonas de alud serían consecuencia de la adaptación al modelado glaciar preexistente.

4. El riesgo de aludes

Hasta ahora hemos tratado el efecto geomorfológico de los aludes (zonación y clasificación morfológica), pero en el trabajo realizado en la Vallferrera, también se ha entrado en el estudio del impacto que tienen aquellos sobre la estructura social, confeccionando un mapa de riesgo de aludes (figura 6).

4.1. Peligrosidad y riesgo geomorfológico

Según PANIZZA (1987) la peligrosidad geomorfológica se define como la probabilidad de que un cierto fenómeno, producto de una inestabilidad geomorfológica, tenga lugar en un cierto territorio y en un periodo de tiempo dado. El riesgo geomorfológico hace referencia a la probabilidad que las consecuencias económicas y sociales que puede producir una inestabilidad geomorfológica no excedan de un cierto nivel. El riesgo geomorfológico es el producto entre la peligrosidad de un determinado proceso y la vulnerabilidad social y económica de un determinado territorio (entendiendo por vulnerabilidad la probabilidad que una determinada situación económico-social sufra daños cuando es afectada por una inestabilidad).

CLASIFICACION Y RIESGO GEOMORFOLOGICO DE ALUDES

5. VIVIENDAS (pueblos, casas habitadas aisladas, refugios de montaña).
4. CARRETERAS ABIERTAS AL TRANSITO UNIVERSAL.
4. ITINERARIO DE ESQUÍ DE MONTAÑA.
3. CAMINOS DE MONTAÑA MUY TRANSITADOS EN EPOCA INVERNAL O EN PRIMAVERA.
3. PISTAS FORESTALES.
2. BORDAS, ERMITAS U OTRAS CONSTRUCCIONES AISLADAS, NO HABITADAS.
1. CAMINO DE MONTAÑA POCO TRANSITADO EN ÉPOCA INVERNAL Y PRIMAVERA.
1. LÍNEA ELECTRICA.
1. BOSQUES.
1. CAMPOS Y PASTIZALES.

Figura 6a: Escala de valores de vulnerabilidad utilizada para confeccionar el mapa de riesgo.
(Leader of vulnerability values used to make the risk map).

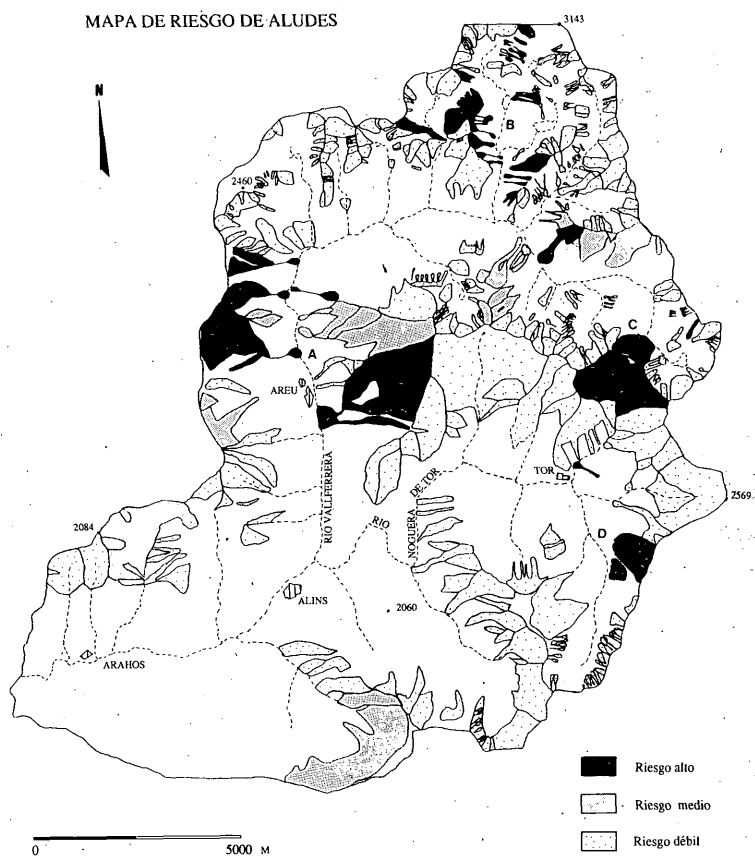


Figura 6b: Mapa de riesgo. (Risk map).

4.2. El mapa de riesgo de aludes

Existen varias formas de realizar un mapa de riesgo de aludes (CASTELEIRO, 1984): A) Por un lado, teniendo en cuenta la vulnerabilidad. Se evalúa la vulnerabilidad de las diferentes construcciones antrópicas o de la presencia humana, obteniendo así un mapa en el que el riesgo de cada zona de alud concreta se da en relación a las otras (mapa de comparación). B) Por otro lado podemos obtener un mapa de riesgo calculando el periodo de retorno de cada alud.

En nuestro caso tan sólo es posible realizar un mapa de riesgo a partir de la valoración de la vulnerabilidad; pues para obtener el periodo de retorno de un alud, hacen falta muchos años de toma sistemática de datos, que de momento en nuestro país no se tienen.

Atendiendo a estas definiciones, el primer paso para confeccionar el mapa de riesgo, ha sido el mapa de "Localización probable de zonas de alud". A esta cartografía inicial se le ha superpuesto la vulnerabilidad del territorio, logrando así el mapa de riesgo.

La valoración de la vulnerabilidad es el punto que presenta más problemas, puesto que a partir de un mapa de peligrosidad se pueden confeccionar infinitos mapas de riesgos dependiendo de los objetos vulnerables de la sociedad que se tengan en cuenta. Será muy diferente confeccionar un mapa de riesgo desde el punto de vista económico, en el que los objetos vulnerables serán aquellos cuya destrucción pueda producir más pérdidas económicas, que el confeccionado desde el punto de vista social, en la que la máxima vulnerabilidad se da a aquel uso del suelo la interferencia del cual con un alud pueda producir más pérdida de vidas humanas (fig. 6). A cada uno de los parámetros de la escala objeto de vulnerabilidad se le ha asociado un valor numérico relativo. Para confeccionar el mapa se han identificado en cada zona de alud estos parámetros de vulnerabilidad y se han ido sumando los valores numéricos asociados, si la suma es mayor o igual a 5 se considera que el riesgo es alto. Entre 3 y 4 riesgo medio, 2 e inferior a 2 riesgo débil.

En el mapa obtenido, se han reconocido cuatro sectores que presentan un riesgo alto:

En el sector A (fig. 6) los aludes llegan hasta el fondo del valle principal, los situados en la vertiente E afecta a un camino que sube a un refugio de montaña muy frecuentado en invierno y a varias casas de campo, los de la vertiente W a los campos de cultivo que quedan más cerca del pueblo de Áreu, pudiendo incluso pasar al otro lado del valle obturando el río.

En los sectores B y C los aludes afectan a varias rutas de esquí de montaña bastante transitadas. En el primer caso se conocen víctimas.

Los aludes del sector D atraviesan una pista forestal que va a Andorra, que próximamente se convertirá en un paso fronterizo.

El resto de zonas de alud con riesgo medio y débil, tienen un menor impacto pues en general no están transitadas en invierno por el hombre, ni afectan a ninguna construcción antrópica, tan sólo inciden sobre alguna pista forestal y sobre el bosque.

En conclusión, el mapa de riesgo obtenido refleja claramente aquellas zonas de alud que tienen mayor impacto sobre la presencia humana y por lo tanto puede ser de utilidad de cara a diseñar y construir obras de prevención o defensa ante los aludes, pues nos marcará las zonas donde es prioritario realizarlas. También es un documento a tener en cuenta de cara a la planificación territorial futura de estas comarcas de montaña.

5. Conclusiones

La morfología de las zonas de alud es muy variada, lo que obliga a confeccionar una clasificación compleja. En este trabajo se han obtenido 54 grupos de zonas de aludes que a su vez se han agrupado en 8 clases. A partir de la representación gráfica de estas clases ha sido posible observar que existe una disimetría entre la mitad N y la mitad S de la cuenca en lo que se refiere a la morfología de las zonas de aludes. Esta morfología es producto de la adaptación al modelado glacial preexistente. Donde se modelaron circos bien caracterizados (BRU, 1985), los aludes actualmente se desarrollan en sus paredes verticalizadas, siendo de poca magnitud y poco recorrido. En cambio donde se modelaron pequeñas cuencas, los aludes se adaptan a esta morfología, siendo de mayor magnitud y recorrido que los anteriores.

Se ha realizado un mapa de riesgo de aludes teniendo en cuenta la vulnerabilidad de la estructura social frente al impacto de los aludes. En este mapa se han identificado 4 sectores donde los aludes presentan un riesgo alto. Estos afectan sobre todo a carreteras de montaña y rutas de esquí de travesía.

Agradecimientos. Agradecemos a Gloria Furdada Bellavista la revisión y crítica del manuscrito original y las sugerencias aportadas.

Este estudio se desarrolló en el marco del "Estudi del Risc d'Allaus al Pirineu Català", patrocinado y financiado por el "Servei Geològic de Catalunya" del "Dpt. d'Obres Públiques i Política Territorial" de la Generalitat de Catalunya.

References

- ARMSTRONG, R. & ARMSTRONG, L (1977). Avalanche atlas. Ouray Country, Colorado I.A.A.R. Univ. of Col. *Occasional paper*. 25.
- BOSCH, X. & VILAPLANA, J. M. (1988). Evolución del manto nival y riesgo de aludes en el Pirineo catalán. *II Simposio sobre Taludes y Laderas Inestables. Andorra La Vella. Volumen de comunicaciones*. E. ALONSO y J. COROMINES (eds.).
- BOSCH, X.; FURDADA, G. & VILAPLANA, J. M. (1989). Los programas de predicción del riesgo de aludes justificación, fundamentos, precedentes y situación actual. *Encuentro internacional "Catástrofes y sociedad", Fundación MAPFRE/ITSEMAP (ed.)* 233-248.

- BRU, J. (1985). Estudi geomorfològic d'un sector del Pirineu Central (Valls Ferrera i de Cardós). *Tesi de doctorado del Departament de Geografia de la Facultat de Geografia i Història de la Universitat de Barcelona. Inédita.*
- C.E.M.A.G.R.E.F. (1981). Plan des zones exposées aux avalanches. *Ministère de Agriculture. France.*
- CASTEIRO, M. (1984). Concepto de riesgo, su desarrollo histórico y tratamiento estadístico. *Apuntes del curso sobre riesgos de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Catalunya.*
- FURDADA, G. & VILAPLANA, J. M. (1988). Memòria del Mapa de Localització Probable d'Allaus. Atlas de Zones probables d'Allau. Fase I, de "L'Estudi del Risc d'Allaus al Pirineu Català", *Servei Geològic de Catalunya, Generalitat de Catalunya. Inédito.*
- FURDADA, G.; BOSCH, X. & VILAPLANA, J. M. (1989). Predicción de zonas con peligro de alud. Consecuencias socioeconómicas de la falta de planificación territorial. *Encuentro Internacional "Catástrofes y sociedad". Fundación MAPFRE/ITSEMAP (Ed.)*, 249-264.
- FURDADA, G. & VILAPLANA, J. M. (1989). Mapa de localització probable de zones d'allaus. Atlas de zones probables d'allaus. Tasques complementàries. *Universitat de Barcelona. Dpt. de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. Informe interno.*
- MARTINELLI, M. (1984). Snow avalanche sites, their identification and evaluation. *Agriculture information Bulletin 360, U.S. Department of Agriculture, Forest Service.*
- MASES, M. (1991). Estudi geomorfològic de la dinàmica nival i risc d'allaus a la Vallferrera (pallars Sobirà). *Tesis de licenciatura. Dpt. de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia de la Universitat de Barcelona. Inédita.* 129 pp.
- PANIZZA, M. (1987). Geomorphological hazard assessment and analysis of geomorphological risk. *International Geomorphology. Part I.* 255-229.
- SERRAT, D. (1988). Estudio geomorfológico del Pirineo Oriental (Puigmal-Costabona). *Notes de Geografia Física. 2:* 39-55.
- SERVIZIO CALAMITA PUBBLICHE. UFFICIO NEVE E VALANGHE (1986). Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe dei comuni de Terragnolo -Trambileno- Vallarsa, *Provincia Autonoma di Trento.*
- VILAPLANA, J. M. (1983). Estudi del glaciariisme quaternari de les altes Valls de la Ribagorça. *Tesi doctoral del Dpt. de Geomorfologia y Tectònica de la Universitat de Barcelona.* 322 pp.
- VILAPLANA, J. M.; BOSCH, X. & FURDADA, G. (1989). Los aludes, un riesgo mal conocido. *Encuentro internacional "Catástrofes y Sociedad" Fundación MAPFRE/ITSEMAP (ed.)* 201-216.