

4 Zonas experimentales

Las zonas donde se realizaron las campañas experimentales son tres, dos estaciones de esquí situadas en los Pirineos catalanes, Boí Taüll y Vall de Núria y un valle experimental destinado al estudio de los aludes de nieve, situado en los Alpes suizos, Vallée de La Sionne. En esta sección se incluyen las características de las zonas experimentales y el método que se siguió para realizar los experimentos.

4.1 Boí Taüll

La estación de esquí de Boí Taüll está situada en los Pirineos centrales, en la provincia de Lleida. Esta zona tiene una alta potencialidad de aludes (*Figura 4-2*). Se desencadenaron dos aludes en dos zonas diferentes, en Cerví de Durro y en Raspes Roies. Cerví de Durro presenta una zona de salida de aludes situada a 2625 m s.n.m y con pendientes de 40°. El desnivel total de esta zona es de 380 m, la longitud de 900 m y el gradiente medio de 27°. Raspes Roies presenta una zona de salida situada a 2725 m s.n.m. con pendientes de 40°. El desnivel total es de 625 m, la longitud de 1550 m y el gradiente medio es de 26°.

La zona experimental de Boí Taüll se utilizó en el año 1996. Las estaciones sísmicas (capítulo 6) fueron instaladas sobre substrato de roca. Para ello se excavó la capa de nieve hasta llegar al suelo donde se instaló el sensor. Los sensores se instalaron sobre pies triangulares y se orientaron N-S. En el mapa geológico de esta zona (*Figura 4-3*) puede verse la situación de las estaciones que registraron los experimentos realizados en esta zona (alud de Cerví de Durro y alud de Raspes Roies, el 11 del enero de 1996) (Anexo).



Figura 4-1. Fotograma del alud de Raspes Roies, grabado el 11 de enero de 1996 en la estación de esquí de Boí Taüll. Fotografía realizada por Joan Manuel Vilaplana Fernández.

Los aludes registrados en esta zona experimental fueron provocados artificialmente por los trabajadores de la estación. El sistema utilizado fue la explosión de cargas previamente depositadas por el personal de la estación en la cornisa que querían purgar. Unos minutos antes de provocar la explosión se pusieron a registrar los equipos y el personal se alejó de ellos un mínimo de 100 m. Los aludes fueron grabados en vídeo.

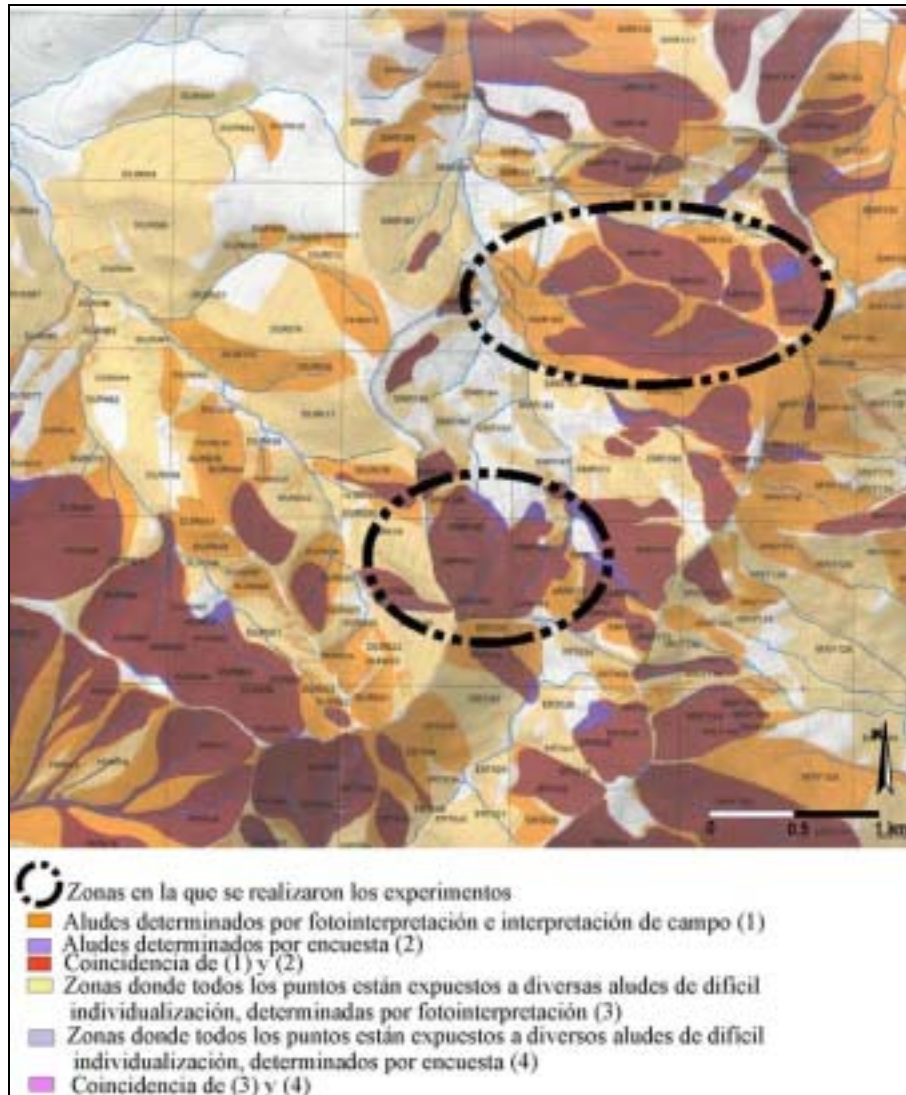


Figura 4-2. Mapa de peligrosidad de aludes (ICC-a,2001) que comprende la zona de Boí Taüll. Se presenta una traducción de la leyenda original.

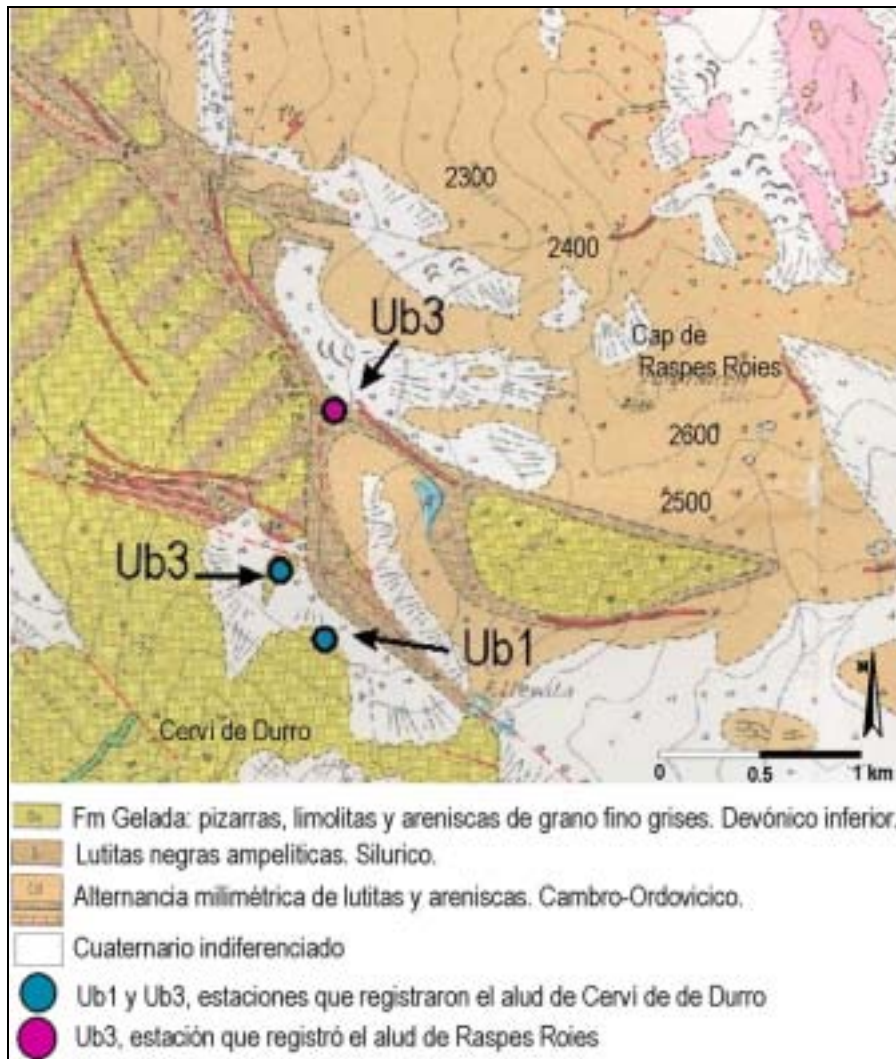


Figura 4-3. Mapa geológico (Geological Institute, 1968) de la zona de Boí Taüll. Se han situado sobre el mapa los emplazamientos que se utilizaron para registrar los aludes de esta zona. Se han añadido cotas sobre el mapa original y los nombres de los picos Cerví de Durro y Raspes Roies para situar las zonas experimentales.

4.2 Vall de Núria

La estación de esquí de Vall de Núria está situada en los Pirineos occidentales, en la provincia de Girona. Este valle presenta una potencialidad de aludes moderada (*Figura 4-4*). Los aludes registrados en Vall de Núria se produjeron en la vertiente de Mulleres (*Figura 4-5*). Esta zona de aludes (Suriñach y otros, 1999) se caracteriza por ser abierta y no canalizada. Las zonas de salida de aludes se sitúan entre 2300 m s.n.m. y 2375 m s.n.m. y tienen una pendiente media de 30°- 45°. El desnivel vertical total es de 300 m y el gradiente medio de 25°. Los recorridos máximos observados son de 500 m (aludes que alcanzan los 2025 m s.n.m.), aunque la mayoría tienen un recorrido de 300 m (aludes que frenan a 2100-2200 m s.n.m.).

Esta zona experimental se utilizó desde el año 1996 hasta la actualidad (2003). Los instrumentos y los emplazamientos utilizados en Vall de Núria cambiaron a lo largo de las campañas. En los dos primeros experimentos realizados en esta zona (24 de enero de 1996 y 1 de febrero de 1996) (Anexo) se instalaron tres estaciones analógicas (capítulo 6) en los puntos indicados en el mapa geológico (*Figura 4-6*). En estos dos primeros experimentos los encargados de la estación avisaron de que iban a provocar aludes artificialmente como tarea de mitigación del riesgo de aludes. Los equipos de aludes de la UB y del ICC se desplazaron con todo el material y lo instalaron en la estación de esquí. Los sensores se instalaron sobre un pie triangular en el suelo, después de excavar la capa de nieve y se orientaron N-S. Después del registro de los aludes se recogió todo el material.

En las campañas posteriores se instaló una estación digital (capítulo 6) (*Figura 4-7*) a principio de temporada y se dejó durante todo el invierno. Los encargados de la estación avisaban cuando iban a provocar aludes y el equipo de la UB se desplazaba hasta Núria para poner en marcha la estación. En algunos casos el equipo no pudo desplazarse hasta la zona y fueron los trabajadores de las pistas los que pusieron en marcha la estación sísmica. Una vez acabado el registro se descargaban los datos en un PC portátil y se dejaba la estación preparada para un nuevo registro. En estas campañas la estación se instaló dentro de una caseta de madera y el sensor se instaló sobre un pie triangular en el suelo (*Figura 4-7*). El hecho de dejar instalado el equipo durante toda la temporada invernal conllevó problemas de deterioro de los instrumentos por las duras condiciones meteorológicas (alta humedad y bajas temperaturas) y por mordeduras de animales. También hay que tener en cuenta que el suelo sobre el que estaba el sensor sufría congelaciones y descongelaciones y la horizontalidad del sensor no pudo asegurarse en todas las campañas.

Los aludes registrados en esta estación fueron provocados artificialmente por los trabajadores de la estación mediante un cañón *avalancheur*. El cañón *avalancheur* dispara una flecha que contiene explosivos. La flecha se dispara hacia la cornisa que se pretende purgar, al cabo de unos segundos de caer en el suelo los explosivos detonan.

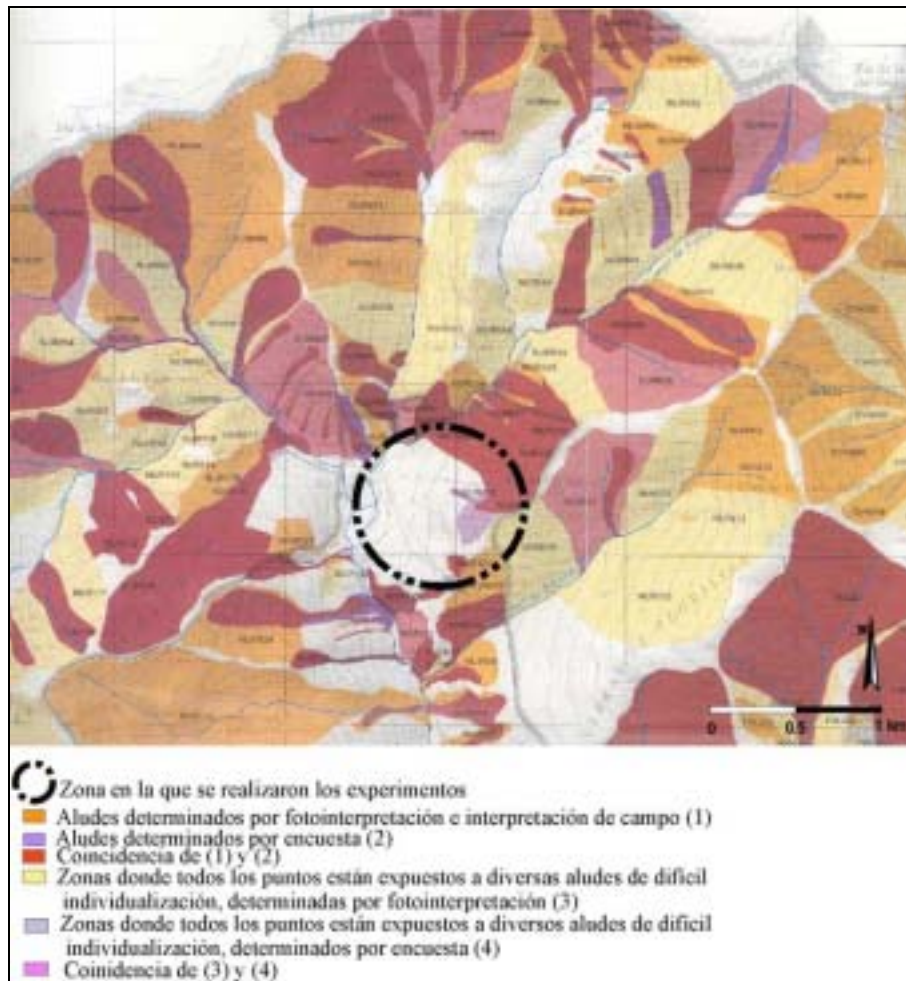


Figura 4-4. Mapa de peligrosidad de aludes (ICC-b, 2000) que comprende la zona de Vall de Núria. Se presenta una traducción de la leyenda original.



Figura 4-5. Fotografía de la vertiente de Mulleres, Vall de Núria. Fotografía realizada por Glòria Furdada Bellavista

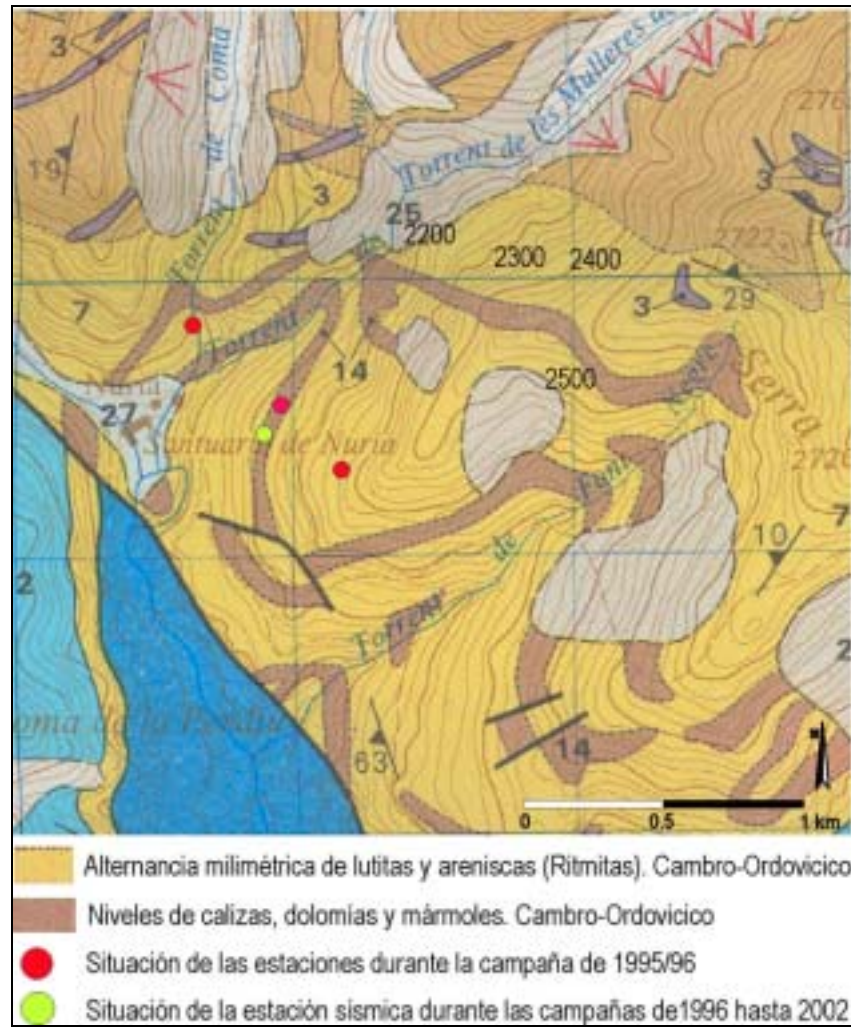


Figura 4-6. Mapa geológico (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1994) de la zona de Vall de Núria. Sobre el mapa se han situado los emplazamientos donde se instalaron las estaciones. Se han añadido cotas sobre el mapa original



Figura 4-7. Fotografía de la caseta (izquierda) donde se dejó instalada la estación en las campañas del 1997-2002 y del sensor (derecha) instalado bajo la caseta de madera. Fotografías realizadas por Glòria Furdada Bellavista.

4.3 Vallée de La Sionne

El Swiss Federal Institut for Snow and Avalanche Research (SLF) construyó en 1998 una zona experimental para el estudio de aludes en Vallée de La Sionne (*Figura 4-8*). Este valle alpino está situado en el norte de Sion, en el centro del cantón de La Valais.

La mayoría de aludes registrados en Vallée de La Sionne se produjeron en la vertiente de Creta Bêsse 1 y Creta Bêsse 2 (*Figura 4-9*). Esta zona de aludes (Amman, 1999; Issler, 1999) presenta varios canales, tiene una longitud de aproximadamente 2500 m, salvando un desnivel vertical de 1200 m, desde los 2650 m s.n.m hasta los 1450 m s.n.m y una media de pendiente de 30°. El área de salida de aludes se extiende en 30 ha con pendientes de 30° y 40°.



Figura 4-8. Fotografía de la zona experimental de Vallée de La Sionne. Esta fotografía fue tomada desde el centro de control construido a 100 m del río de La Sionne. Fotografía realizada por Emma Suriñach Cornet.

A lo largo del canal de Crêta Besse (*Figura 4-8* y *Figura 4-9*) el equipo suizo ha instalado y diseñado diferentes instrumentos de medida y control de los aludes:

- 1- Estación nivometeorológica automática a 2650 m s.n.m.
- 2- Radares FMCW instalados en el suelo (*Figura 4-10*). Hay un total de tres pares de radares a las alturas de 2300 m s.n.m., 1900 m s.n.m. y 1650 m s.n.m. Estos instrumentos proporcionan información de alturas, densidades y velocidades del flujo del alud.
- 3- Cavernas con sensores sísmicos a 2300 m s.n.m. (A), 1900 m s.n.m. (B) y 1500 m s.n.m. (C) (*Figura 4-11* y *Figura 4-12*).
- 4- Sensores de presión, velocidad y densidad a diferentes alturas del flujo a 1650 m s.n.m. (*Figura 4-13*).
- 5- Un centro de control de los instrumentos donde hay instalados, además, 4 radares Doppler y una cámara de vídeo que filma en continuo durante toda la temporada invernal (*Figura 4-14*).

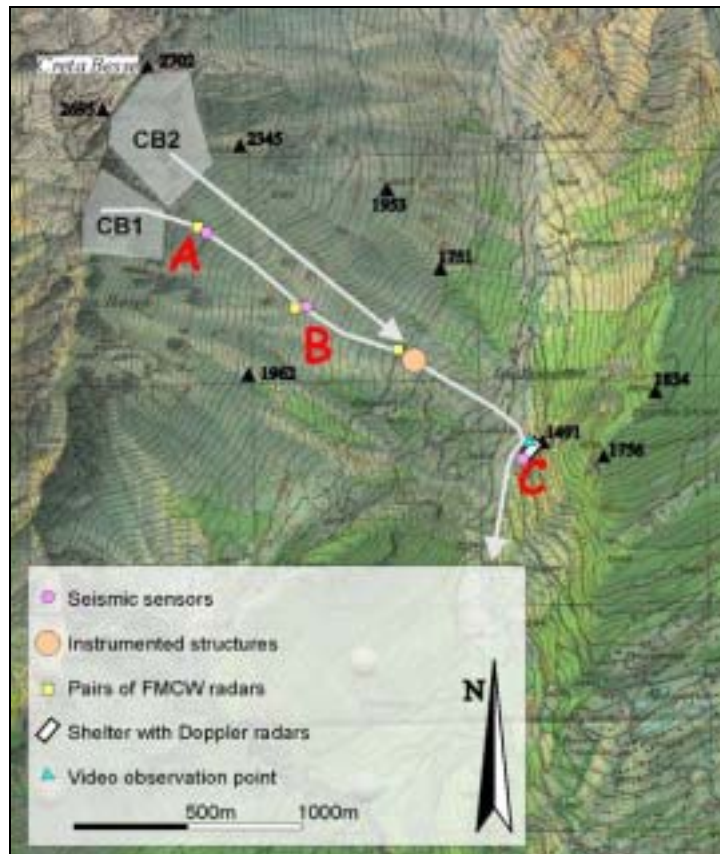


Figura 4-9. Cartografía de la zona experimental de Vallée de La Sionne (Office fédéral de topographie, 1992) y situación de los instrumentos instalados. CRI: Crête Besse 1. CR2: Crête Besse 2. A, B y C: emplazamientos con sensores sísmicos.



Figura 4-10. Radar FMCW instalado en el suelo. Fotografía realizada por Glòria Furdada Bellavista



Figura 4-11. Caverna situada a 1900 m s.n.m, emplazamiento B de Vallée de La Sionne. En esta caverna se instalaron los sensores sísmicos y otros instrumentos de control. Fotografías realizadas por Glòria Furdada Bellavista.



Figura 4-12. Instalación del sensor sísmico del emplazamiento C en Vallée de La Sionne. Fotografía realizada por Emma Suriñach Cornet



Figura 4-13. Sensores de presión, velocidad y densidad a diferentes alturas del flujo instalados a lo largo del canal de aludes. Fotografía realizada por Glòria Furdada Bellavista.



Figura 4-14. Centro de control de los instrumentos. Fotografía realizada por Emma Suriñach Cornet

En los años 1996 y 1997 se registraron aludes provocados en las vertientes de Pointe des Tsarmettes y Lui du Sac (*Figura 4-15*). Para realizar estos experimentos el equipo de aludes de la UB instaló los sensores (capítulo 6) en la estación de esquí de Anzère situada en la ladera opuesta a la que se desarrollaron los aludes. Los sensores se instalaron sobre un substrato de roca que sobresalía la capa de nieve y se orientaron N-S. La instalación y

desinstalación se hizo el mismo día del experimento. Los aludes artificiales que se registraron en estas dos campañas fueron provocados por explosivos lanzados desde un helicóptero.

A partir del año 1999 hasta el 2003 se realizaron las campañas en la zona experimental de Vallée de La Sionne y se registraron aludes desarrollados en la vertiente de Crêta Besse. Al principio de cada temporada invernal se instalaban los sensores (capítulo 6) y se recogían al final de la primavera. En las campañas de 1999 hasta 2001 se registraron aludes provocados artificialmente debido a que los equipos debían de ponerse en funcionamiento manualmente. En los dos últimos años (2002 y 2003) se utilizaron estaciones con registro continuo controladas remotamente desde la UB y por lo tanto también pudieron registrarse aludes naturales.

Para la realización de todas estas campañas se instalaron dos equipos en los emplazamientos B y C (*Figura 4-15*). Los sensores se instalaron sobre un pie triangular en las cavernas construidas sobre roca, al principio de cada temporada los sensores se orientaron N-S. En el emplazamiento B la estación de registro y el sensor se instalaron dentro de la misma caverna. En el emplazamiento C la estación de registro se dejó instalada dentro del centro de control y el sensor se instaló en una caverna situada a 50 m de edificio. El cable de conexión entre sensor y estación estaba dividido en una parte exterior al edificio y otra parte interior, ambas partes se unían mediante una caja de conexiones instalada en la pared. Estas medidas fueron necesarias para asegurar el hermetismo necesario para la seguridad del personal que trabaja dentro del edificio de control durante los experimentos. Durante la primera instalación se hicieron medidas comparativas de la estación con el cable dividido junto con una estación con un cable sin modificar. La comparación dio como resultado efectos nulos de la división del cable. En la última campaña realizada los técnicos observaron una importante acumulación de humedad en la caja de conexiones. Las anomalías en los registros de esta campaña se atribuyeron a este problema. En general, a lo largo de las campañas los equipos tuvieron problemas técnicos en varias ocasiones atribuidos a las duras condiciones meteorológicas, de alta humedad y bajas temperaturas, que soportaron los equipos.

El grupo de investigadores suizo instaló dos sensores sísmicos en los emplazamiento A y B con la finalidad de utilizarlos como sistema de *triggering* para poner en funcionamiento el resto de instrumentos (radares FMCW, cámara de vídeo, etc). El equipo suizo nos cedieron las señales sísmicas de siete aludes para su posible estudio.

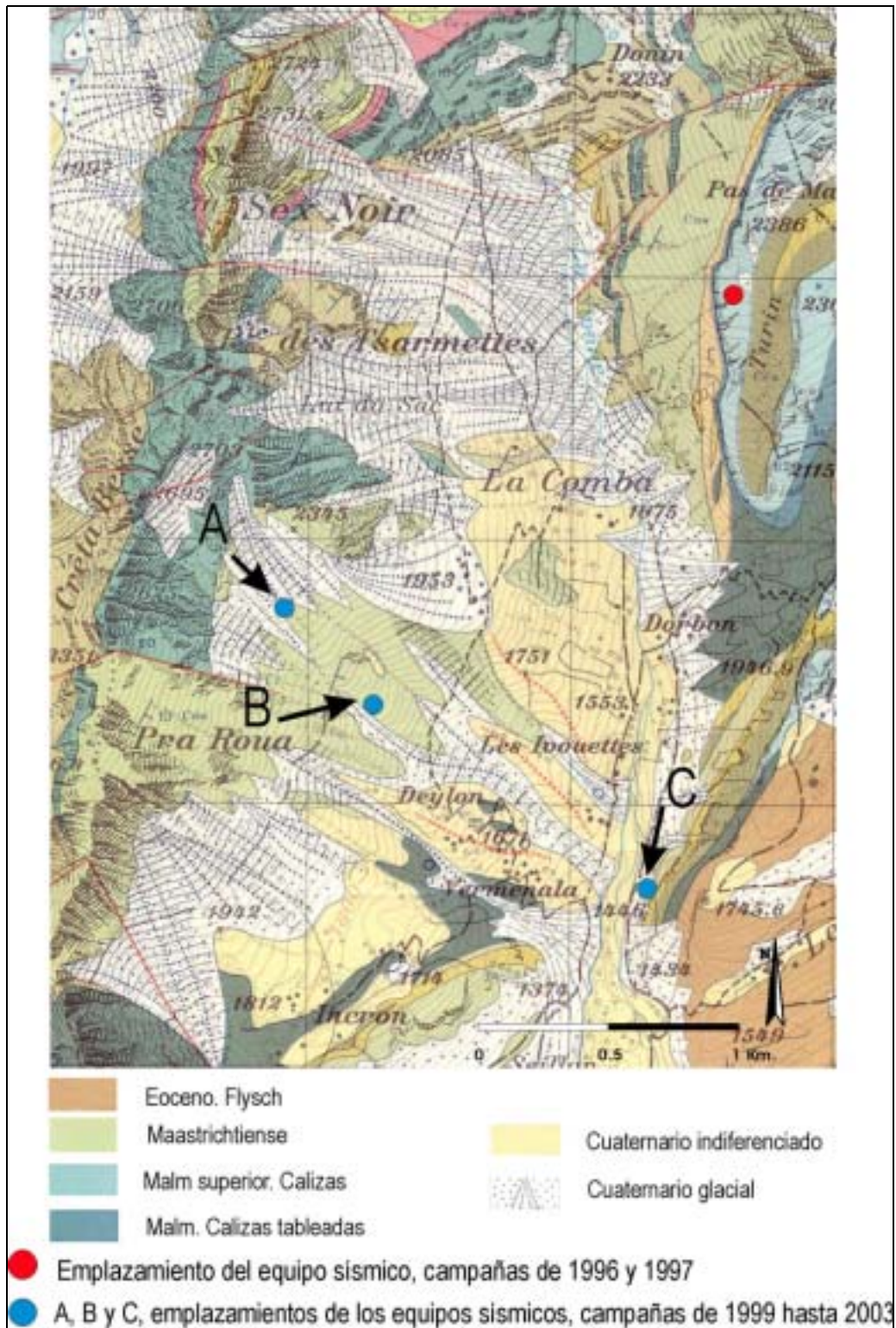


Figura 4-15. Mapa geológico (Atlas Geologique de la Suisse, 1942) de Vallée de La Sionne. Sobre el mapa se han situado los emplazamientos que se utilizaron en las campañas experimentales.

