

LA RECONSTRUCCION DE RIESGOS NATURALES EN LA MINIGLACIACION. EL ALUD CATASTROFICO DE ABRIL DE 1855 EN EL VALLE DE TORAN

Carles GARCÍA*, Gloria MARTÍ*, Mariano BARRIENDOS**, Jordi GAVALDÀ***, Pere RODÉS

* Servei Meteorològic de Catalunya

** Departament d'Història Moderna, Universitat de Barcelona

*** Conselh Generau d'Aran

RESUMEN

El marco climático de la última miniglaciación presenta en determinados momentos un acusado incremento de la frecuencia y magnitud de episodios meteorológicos extremos. Una de estas pulsaciones, a mediados de siglo XIX, ofrece eventos de singular magnitud como los aludes de abril de 1855. El frío y las nevadas inusitadas para un mes de abril propiciaron severos impactos en varias poblaciones. El estudio de las situaciones meteorológicas diaria y la recopilación de información sobre el terreno permite recomponer las condiciones nivometeorológicas del evento. El objetivo de este tipo de reconstrucciones va dirigido a un mejor conocimiento de la variabilidad climática, sus manifestaciones extremas, y la mejora de los instrumentos legales y técnicos para la minimización de los riesgos naturales.

Palabras clave: Alud, Miniglaciación, Reconstrucción Climática, Riesgos Naturales

ABSTRACT

Climatic context of Little Ice Age (14-19th Centuries) shows short periods with strong increase of frequency and magnitude of extreme weather events. The so-called climatic oscillations, with durations around 20-40 years, appear with no regular temporal patterns. Last climatic oscillation known for Western Mediterranean Basin (AD c. 1830-1870) produced evident increase on catastrophic flood frequency. In this context, reconstruction of catastrophic snow avalanche of April 1855 is presented for a better comprehension of natural climatic variability but also to improve natural hazards management and prevention.

Key words: Avalanche, Climatic Reconstruction, Little Ice Age, Natural Hazards

1. INTRODUCCION

La reconstrucción de riesgos naturales del pasado es una línea de trabajo con un interés creciente. El contexto actual, con el cambio climático inducido por el hombre y las incertidumbres en torno a su incidencia en el régimen de precipitaciones, deja abierta la posibilidad de que determinados riesgos climáticos vean incrementada su frecuencia y magnitud en un futuro próximo (PARRY, 2000; MCCARTHY *et al.*, 2001; BENITO *et al.*, 2005).

Por otra parte, determinados ámbitos de alta montaña están experimentando en los últimos 20 años una gran afluencia de visitantes a lo largo de todo el año para actividades de ocio cuya preparación o experiencia son limitadas. Parece obvio, pues, que las situaciones de catástrofe natural serán más habituales y sus impactos más severos a menos que no se actúe decididamente en una mejora de la capacidad preventiva y paliativa de estas manifestaciones extremas, especialmente las de carácter climático. En este contexto se circunscribe la reconstrucción del evento de aludes excepcionales de abril de 1855.

1.1. Tema de estudio, objetivos y métodos

El presente trabajo de reconstrucción climática pretende aportar conocimientos sobre los aludes de nieve, y analizar uno de sus eventos que se produjo en un contexto de condiciones climáticas muy adversas. La posibilidad de desarrollar estudios retrospectivos sobre eventos de magnitud y severidad no registrada en época moderna permite ubicar mejor las características de los que se producen en la actualidad y mejorar su previsibilidad.

La investigación paleoambiental presenta unas dificultades evidentes por la baja densidad y variedad de la información disponible, especialmente de carácter instrumental. Se impone, en consecuencia, una aproximación interdisciplinaria con métodos poco habituales y fuentes de información poco ortodoxas. El presente trabajo está en esta línea y por ello pone especial énfasis en la explicitación de los datos empleados en la reconstrucción del evento, sus características y su procedencia. La experiencia en reconstrucción de riesgos climáticos en época histórica no es muy amplia. Para el caso de aludes catastróficos es algo novedoso. mientras que existen algunos referentes para inundaciones (BARRIENDOS y MARTÍN-VIDE, 1998), sequías (BARRIENDOS y DANNECKER, 1999) u olas de frío (BARRIENDOS y LLASAT, 2003). En consecuencia, el debate metodológico todavía está abierto y a lo largo del trabajo se expondrán diferentes vías para afrontar la descripción y el análisis no sólo del alud de abril de 1855, objeto de estudio, sino del conjunto de circunstancias climáticas de la miniglaciación que encontramos como contexto.

1.2. La singularidad de los aludes como riesgo natural con incidencia de múltiples factores

Puede afirmarse que los aludes son un riesgo natural no suficientemente tenido en cuenta en el estado Español, tanto desde el punto de vista de la legislación vigente como del de la producción científica, pese a acumular año tras año un goteo de víctimas mortales, e incluso observándose un incremento en los últimos años (MARTÍNEZ y OLLER, 2004). Su incidencia en el ámbito socio-económico es por partida doble: por una parte, hay que distinguir los aludes denominados naturales y por otra los accidentales.

Los aludes naturales son aquellos que se desencadenan por sí mismos, de forma espontánea, sin la intervención de ningún elemento externo al manto nivoso, dada la alta inestabilidad del manto. Como aludes naturales, hay que destacar los de carácter catastrófico; son aquellos que se desencadenan en condiciones nivo-meteorológicas extremas, y por tanto se caracterizan por una menor recurrencia temporal. Su impacto socioeconómico es notorio, dado que su magnitud es tal que llega a afectar a los fondos de valle, cada vez más densamente urbanizados. La estrategia de mitigación de su impacto se basa en una planificación territorial que, obviamente, considere las zonas de máximas afectación por alud (OLLER *et al.*, 2004). El evento objeto de estudio se encasilla en esta categoría; tanto la determinación de su localización exacta como la definición de las condiciones nivometeorológicas desencadenantes, sin duda, deberán tenerse en cuenta en la futura gestión territorial de la zona afectada.

Una problemática distinta, tanto por sus efectos sobre la población como por su estrategia de mitigación, comportan los aludes accidentales. Son aludes muy frecuentes y de potencial recurrencia plurianual, de dimensiones mucho menores, pero con un índice de mortalidad superior a los catastróficos en nuestro país, dado que es el propio individuo sepultado por el alud el que lo ha provocado al sobrecargar un manto nivoso de estructura inestable.

En la génesis de los aludes intervienen cuatro factores: dos de ellos de carácter variable, el estado del manto nivoso y la meteorología; uno de carácter fijo, el relieve; otro de carácter antrópico, la sobrecarga efectuada por una o más personas. La actividad de aludes es considerada como riesgo natural desde el momento que la peligrosidad del fenómeno, es decir su frecuencia y magnitud, intersectan con el ámbito socio-económico (población, infraestructuras, recursos). El alud se convierte así en un riesgo natural en función de la vulnerabilidad del territorio.

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

La reconstrucción climática en altas resoluciones temporales tiene escasas fuentes de información utilizables. Los aludes presentan además la dificultad adicional de afectar sólo áreas de alta montaña, donde la presencia humana es siempre más reducida y por lo tanto lo es la capacidad de dejar testimonios fehacientes de situaciones meteorológicas de riesgo.

2.1. Fuentes de información para el evento de alud

La identificación y descripción del alud de abril de 1855 ha empleado básicamente información obtenida en prensa diaria. Cuando este tipo de fuente no está disponible, se debe acudir a fuentes documentales de ámbito local, como libros de actas de los consejos municipales o informes emitidos por autoridades gubernativas o judiciales. En este sentido se ha consultado el mapa contenido en la memoria *Montes Publics d'Aran 1879-1881*, Monte núm. 281, depositado en el Arxiu Istoric Generau d'Aran, Conselh Generau d'Aran. Dada la severidad de este evento y su impacto en la memoria de la población local, se ha contado también con un testimonio oral transmitido de generación en generación, como pista para concretar la búsqueda en fuentes documentales. Este trabajo de encuesta sobre el terreno ha permitido identificar la avalancha causante de la mayor parte de las víctimas citadas en las fuentes documentales. Se trata de la zona de alud comprendida entre Coret de Poimaurin y Cap de Canarilhes, por encima del conjunto de cabañas de Porcingles; según el “Mapa de zonas de aludes de Catalunya”, nº 1, Val d'Aran nord, editado por el Institut Cartogràfic de Catalunya, corresponde a la zona de alud TOR275 (Figura 1).

2.2. Fuentes de información para el evento meteorológico

Para el análisis sobre las circunstancias meteorológicas del evento, se ha recurrido a observaciones instrumentales anteriores a la existencia de servicios meteorológicos oficiales, que pueden encontrarse en fondos documentales de diferentes entidades (observatorios astronómicos, academias científicas) o en las publicaciones periódicas que eran el reflejo de esta actividad. Para las reconstrucciones sinópticas se han empleado datos diarios de presión atmosférica procedentes de 13 ciudades diferentes de Europa Occidental: Cádiz/San Fernando, Palermo, Madrid, Barcelona, París, Milán, Padua, Praga, Armagh, Edinburgo, Basilea/Berna, Estocolmo y Uppsala.

2.3. Fuentes de información para el contexto climático

La caracterización del contexto climático en épocas preinstrumentales pasa necesariamente por el empleo de proxy-data. Es decir, datos obtenidos en fuentes de carácter cualitativo que no necesariamente describen o definen variables climáticas, sino sus efectos directos, inducidos o impactos en otros elementos, procesos o actividades. La disponibilidad de este tipo de series todavía es muy limitada en nuestro país, pues la reconstrucción climática es una especialidad de desarrollo reciente. En el presente trabajo se podrán sintetizar resultados de zonas próximas al área de estudio, procedentes de diferentes indicadores proxy, como la actividad en los glaciares pirenaicos mediante liquenometría y morfología glaciar (CHUECA y JULIÁN, 1999; MATEO y GÓMEZ, 1998), dendroclimatología (CREUS, 1991-1992; Id. 2000), o fuentes documentales para la reconstrucción de sequías e inundaciones (BARRIENDOS y MARTÍN-VIDE, 1998; BARRIENDOS y LLASAT, 2003).

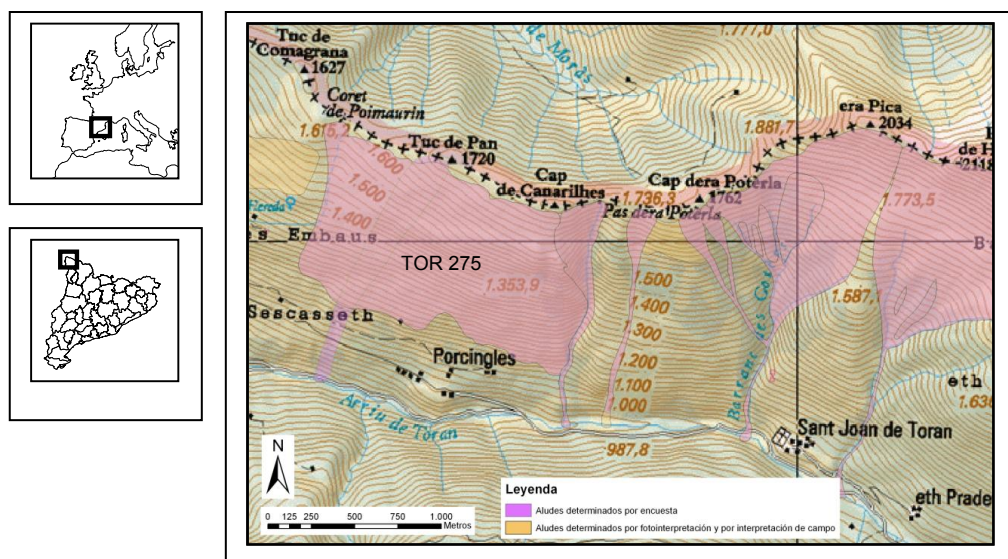


Fig. 1: Mapa de localización de la zona afectada por el alud de 5 de abril de 1855. (Institut Cartogràfic de Catalunya, 1997)

3. EL CONTEXTO CLIMÁTICO DE LA MINIGLACIACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LOS RIESGOS CLIMÁTICOS

El alud de abril de 1855 se produce en la fase final de la última miniglaciación registrada, que se produjo entre principios del siglo XIV y finales del siglo XIX. Este episodio climático no presentó unas condiciones térmicas o pluviométricas estables, sino una sucesión de pulsaciones en las que se aprecian descensos de la temperatura o fuertes incrementos en la irregularidad pluviométrica, con el consiguiente incremento en la frecuencia y severidad de hidrometeoros catastróficos (inundaciones, grandes nevadas, temporales de mar, lluvias persistentes, sequías...).

3.1. Cronologías de pulsaciones frías en el Pirineo

La sucesión de oscilaciones frías dentro de la miniglaciación ha sido definida y caracterizada por diferentes autores, empleando diferentes tipos de proxy-data y zonas de estudio. Los registros dendroclimáticos en Capdella (Pallars Jussà) muestran las siguientes fases frías

(CREUS, 1991. Citado en MATEO y GÓMEZ, 1998): 1350-1370, 1440-1460, 1463-1515, 1535-1580, 1590-1603, 1675-1715, 1800-1825, 1890-1905.

Algunas de estas oscilaciones, debido a su duración y severidad, llegan a propiciar avances en los glaciares. Los trabajos de Chueca y Julián en la Maladeta (1999) y Mateo y Gómez en el valle del Madriu en Andorra (1998), describen y analizan estos avances empleando métodos liquenométricos. La cuantificación de estas oscilaciones frías no es fácil, pero por las altitudes a las que llegaban los glaciares estudiados, se ha podido establecer un descenso respecto a la temperatura media anual actual en el macizo de la Maladeta de entre $-0,13^{\circ}\text{C}$ y $-0,76^{\circ}\text{C}$ (CHUECA y JULIÁN, 1999).

Respecto a las precipitaciones, Creus (2000) establece unos patrones a partir de indicadores dendroclimáticos que pueden considerarse generales en la Península Ibérica: se produce una sucesión de fases secas y lluviosas destacando un periodo lluvioso a principios de siglo XIV, otro seco en la primera mitad del siglo XV, otro lluvioso en la segunda mitad del siglo XV, un siglo XVI relativamente lluvioso, un siglo XVII relativamente seco, y condiciones secas que se prolongan durante los siglos XVIII y XIX, salvo una breve recuperación a mediados de este último siglo. En definitiva, la miniglaciación presenta regímenes de precipitación poco abundante, sólo alternados por periodos lluviosos pero cuya irregularidad comporta incremento de los riesgos climáticos.

3.2. Cronologías sobre riesgos climáticos

Un fenómeno característico de la miniglaciación, además de su relativa sequedad y déficit térmico, es la presencia de incrementos en la frecuencia y severidad de determinados riesgos climáticos. Estos incrementos no son sostenidos sino que se concentran en oscilaciones de dos a cuatro decenios de duración y pueden coincidir con fases de avance glaciar.

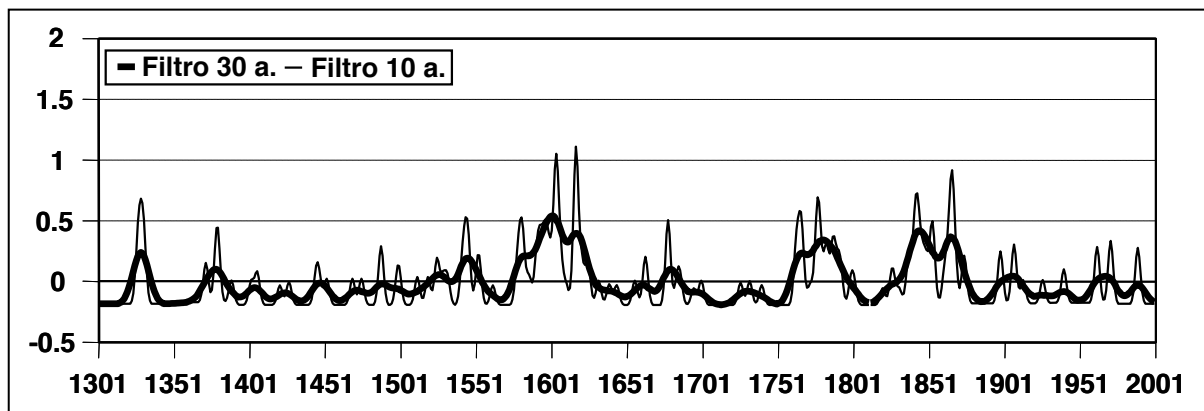


Fig. 2: Inundaciones catastróficas en Catalunya. Distribución temporal de su frecuencia (filtro gaussiano de paso bajo, en ventanas de 10 y 30 años) (LLASAT *et al.*, 2003).

En el caso de Catalunya, se produce una evidente concentración de inundaciones catastróficas en unas pulsaciones muy concretas: 1580-1620, 1760-1800 y 1840-1870 (BARRIENDOS y MARTÍN-VIDE, 1998; LLASAT *et al.*, 2003; BARRIENDOS y LLASAT, 2003) (Figura 2). Cabe como ejemplo la situación de la desembocadura del río Llobregat, que sólo entre julio y octubre de 1850 sufrió 7 desbordamientos y 4 crecidas (CODINA, 1994).

4. EL ALUD DE ABRIL DE 1855

El 5 de abril un alud se abate sobre el valle de Toran. Se produjeron alrededor de 60 víctimas mortales y la destrucción de unas 58 casas; hubo también daños y víctimas por aludes en otros sectores de Arán, como Unha y Bagergue. Se trata del alud conocido con mayor número de víctimas en la península Ibérica.

4.1. Localización del evento

El valle de Toran tiene una orientación este-oeste, en la que destaca la disimetría de la vegetación entra las riberas derecha e izquierda: mientras el margen izquierdo del valle, orientado al norte, está cubierto por un espeso bosque de abetos y hayas y los asentamientos humanos han sido muy escasos, en el margen derecho del valle, orientado al sur, la distribución de la vegetación está totalmente antropizada y es donde históricamente se han situado la mayor parte de los asentamientos distribuidos por toda la ladera.

Actualmente, la actividad de aludes se observa en las zonas canalizadas situadas al este de Porcingles. Se trata de avalanchas, habitualmente de nieve húmeda que, con un periodo de retorno inferior a los cinco años, llegan a alcanzar el fondo del valle cortando la carretera de acceso a Sant Joan de Toran. A media ladera, en los puntos más favorables, se reconocen marcas en la vegetación que delatan actividad de aludes de pequeña magnitud que posiblemente se producen en situaciones de altas temperaturas y que habitualmente son de fondo, involucrando la totalidad del manto nivoso.

Los testimonios consultados sitúan el asentamiento de “La Casagnau” al oeste del actual núcleo de Porcingles y la casa donde se refugiaron las víctimas a 1 km al noroeste de este núcleo y a 1060 m de altitud. Esta amplia zona de alud está situada en la vertiente orientada al sur con la cota máxima situada en el Tuc de Pan a 1720 m. (Figura 1).

La zona de salida entre los 1720 y los 1480 m., está ocupada por amplias zonas de prado alpino sin apenas irregularidades y una pendiente comprendida entre los 25 y los 35°. Entre los 1480 m. y los 1200 m. existen unas barras rocosas que atraviesan horizontalmente la vertiente con pendientes de 35 a 45°. En ellas aparecen árboles de forma dispersa. Por debajo de los 1200 m. la pendiente vuelve a suavizarse entre los 20 y 35°. Pueden apreciarse pequeñas incisiones en el terreno. La vegetación es abundante y la presencia antrópica ya es evidente, aumentando hacia el fondo del valle con una importante parcelación del terreno.

4.2. Precipitación y temperatura previas al evento

El año 1855 y los precedentes fueron muy lluviosos respecto a las condiciones actuales, al menos en Barcelona. La frecuencia de las inundaciones así lo pone de manifiesto (Figura 2) pero también con los registros instrumentales ya disponibles en la época. Una anomalía positiva muy evidente se produce durante el decenio 1851-1860 en los meses de invierno y primavera. Por otro lado, las temperaturas de este periodo son las propias de las condiciones de miniglaciación: la serie de Barcelona muestra unos valores con fuerte irregularidad térmica a nivel estacional. Las temperaturas medias anuales normalizadas muestran una sucesión de años muy fríos entre 1853 y 1855, especialmente el primero de ellos. En el caso de los valores mensuales de precipitación y temperatura, la serie de Barcelona muestra una situación interesante: el verano de 1854 fue muy cálido, otoño e invierno de 1854-1855 fueron relativamente secos pero bastante fríos hasta enero de 1855, el verano de 1855 nuevamente muy caluroso para acabar con el inicio de invierno de 1855-56 nuevamente con un frío acusado.

La situación más cercana al episodio de abril de 1855, muestra el mes de febrero de 1855 normal en cuanto a temperaturas y precipitación pero el mes de marzo de 1855 se inicia una tendencia progresiva muy acusada de incremento de la precipitación y de descenso de las temperaturas que culmina en junio de 1855. Dentro de este contexto, el alud de 1855 es una consecuencia lógica de un altamente probable escenario de copiosas nevadas extemporáneas en el Pirineo.

4.3. Evolución de las condiciones nivometeorológicas a partir de la reconstrucción sinóptica

La disponibilidad de datos de presión diaria (aprox. 12-14 horas pm.) para diferentes localizaciones de Europa Occidental permite reconstruir la situación atmosférica estableciendo por lo menos la presencia de los centros de acción más importantes, su magnitud y localización. Se observa un predominio de la circulación atmosférica meridiana durante el otoño e invierno de 1855 con los meses de febrero y marzo con predominio de depresiones circulando al Norte de los Pirineos.

Se procede a reconstruir de una forma aproximada la evolución de las condiciones nivometeorológicas en los días previos al alud. Este proceso se efectúa por analogía a partir del conocimiento de las consecuencias nivometeorológicas de determinadas situaciones sinópticas en la Val d'Aran. Consideramos válida esta aproximación, aunque con lógicas reservas, dado el suficiente conocimiento que se deriva de las observaciones del manto nivoso y de la actividad de aludes efectuadas en los últimos 20 años, así como de la red de estaciones nivometeorológicas automáticas, implantadas a partir de 1997 en la Val d'Aran. Estos datos permiten un conocimiento del comportamiento nivometeorológico para diferentes situaciones sinópticas.

Nos remontamos al 24 de marzo de 1855 (Figura 3). Durante el 24 y el 25 un rosario de bajas presiones se mantiene sobre Europa occidental, con un núcleo depresionario cercano a los Pirineos. Son posibles nevadas moderadas, temperaturas bajas y vientos flojos o moderados de componente N. El 26 de marzo se mantiene la misma situación, aunque la aparición de una nueva borrasca sobre el centro peninsular sugiere la existencia de una vaguada muy marcada a niveles medios de la troposfera y un aumento de la inestabilidad. En la Val d'Aran es probable que las nevadas se intensifiquen durante esa jornada, las temperaturas se mantengan bajas y el viento sea flojo o moderado. En días posteriores, las borrascas se van rellenando y desconfigurando; la ausencia de gradiente bórico mantiene el viento flojo, las temperaturas no se recuperarían apreciablemente, siendo posibles nevadas residuales. En los días siguientes, el tiempo es anticiclónico, pero las temperaturas, allí donde hay registros, se mantienen en general por debajo de las habituales para la época. El 1 de abril se detecta un potente anticiclón sobre el norte de Europa y una profunda depresión en el Mediterráneo occidental; en estas condiciones las temperaturas descienden (se registran heladas en sectores del litoral de Catalunya); aunque nieva en la sierra prelitoral, en la Val d'Aran muy probablemente no hay precipitación, el viento es fuerte del noreste. Esta situación se mantiene hasta el 4 de abril, en que el puente anticiclónico que se tendía entre las altas presiones de Escandinavia y el núcleo de las Azores se rompe y penetra una depresión atlántica por la Bretaña, en dirección SE hasta centrarse en el golfo de Génova (Figura 4). En su recorrido, provoca el día 4 inundaciones en Bilbao y a medida que avanza hacia el Mediterráneo canaliza una advección del NW y N sobre el Pirineo. El día 5 se acumula poco más de un metro de nieve reciente en la Val d'Aran, con temperaturas bajas y vientos moderados del N y NW. En esa misma tarde, tras 12 horas de nevada intensa se produce el alud de Canejan.

4.4. Hipótesis sobre las causas del alud

A la vista de la probable evolución nivometeorológica descrita se apuntan dos hipótesis sobre las causas del alud. La primera, con elevado grado de certeza dados los testimonios escritos, es la intensa y extraordinaria nevada del día 5 de abril. El espesor de nieve reciente y la elevada intensidad horaria con que precipita (aproximadamente 10 cm/hora) serían suficientes para provocar aludes de grandes dimensiones. Se trataría de una situación nivometeorológica muy similar a la registrada el 30 de enero de 2003.

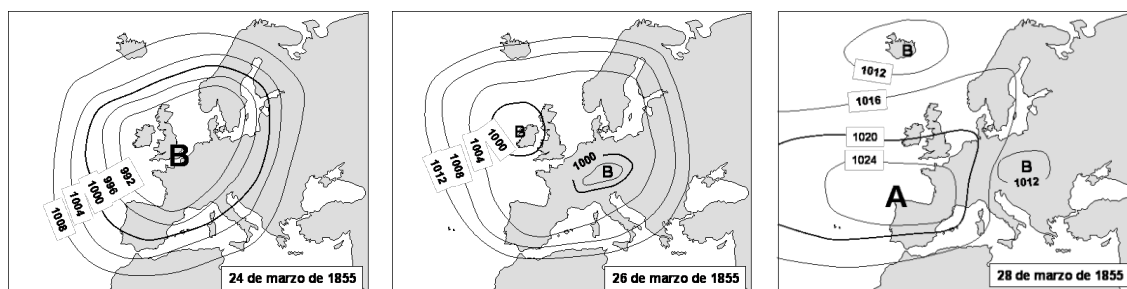


Fig. 3: Configuración meteorológica diaria (12-14 p.m.). 24, 26 y 28 de marzo de 1855.

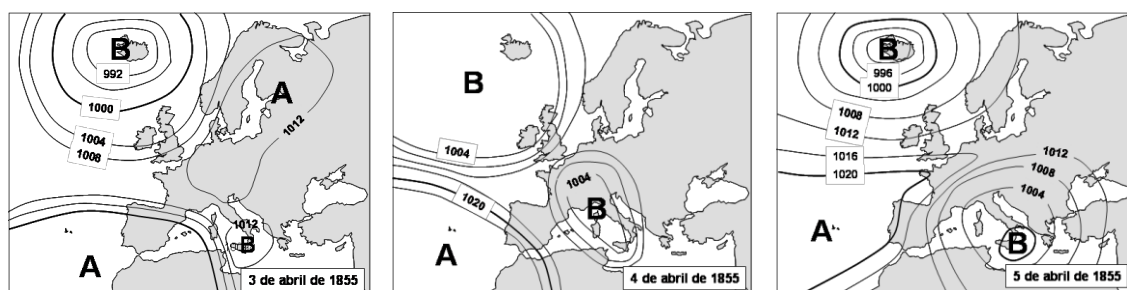


Fig. 4: Configuración meteorológica diaria (12-14 p.m.). 3, 4 y 5 de abril de 1855.

Aunque la nevada del día 5 es suficiente para desencadenar el alud, hay que considerar como desestabilizante del manto nivoso la evolución nivometeorológica registrada en los días previos a la gran nevada; es decir, la nevada del día 5 probablemente pudo depositarse sobre un manto nivoso poco estable. Las nevadas moderadas o intensas, continuadas desde el 24 al 27 de marzo, de nieve seca, dadas las bajas temperaturas darían lugar a un manto incohesivo. Las temperaturas aún más bajas registradas a partir del día 1 de abril y la entrada de viento fuerte del N y NE favorecerían el transporte de nieve, formándose grandes placas de viento (depósitos de nieve altamente inestables) en laderas orientadas al sur y al oeste, es decir a sotavento del viento dominante. Estas placas se verían sobrecargadas por el peso de la gran nevada del día 5 de abril, desprendiéndose enormes aludes, descritos en los documentos de la época. Esta segunda hipótesis vendría avalada por el hecho de que los diversos aludes descritos en los textos parecen producirse todos ellos en laderas orientadas al sur y al oeste (afecciones a los pueblos de Casagnau, Unha y Bagergue). Esta situación tendría grandes similitudes con la registrada entre el 20 y 30 de enero de 1996 (nevadas con temperaturas bajas y sin viento) y los aludes excepcionales posteriormente desencadenados el 6 de febrero de 1996 al paso de un frente frío del NW con nevadas moderadas y viento muy fuerte del NW

que movilizó la nieve depositada entre el 20 y el 30 de enero, localizándose la mayoría de los aludes en laderas sur (GARCÍA *et al.*, 2000).

Para reafirmar la singularidad del evento de 1855, la consulta de la bases de datos relativa a la actividad de aludes en el Pirineo de Catalunya (MARTÍ *et al.*, 1997), elaborada por el Institut Cartogràfic de Catalunya, se desprende que ningún alud de características similares ha sido observado en un mes de abril en la Val d'Aran, por lo menos en los últimos 60-80 años. Únicamente se han observado aludes de nieve polvo en abril por encima de 2500 m de altitud.

5. CONCLUSIONES

Tanto el tipo de alud en cuestión, nieve polvo con efecto aerosol dada la magnitud de los daños causados, como la cota de la zona de salida (entre 1400-1700 m), cota muy baja para ser un alud de nieve polvo, ponen de manifiesto que las circunstancias nivometeorológicas de frío intenso del episodio son impropias de un mes de abril en las condiciones climáticas actuales. De hecho, en ningún mes de abril de los últimos 60-80 años se ha observado un alud de nieve polvo de dimensiones medianas o grandes con zona de salida por debajo de 1400-1700 m en la Val d'Aran, la zona más proclive a este tipo de dinámica nival.

No obstante, dichas condiciones sí han sido observadas en los meses más fríos del invierno (el episodio más reciente en enero de 2003). Por tanto, de cara a la ordenación territorial, en las condiciones climáticas actuales sí es posible la repetición de un evento como el de 1855 en los meses más fríos del invierno, aunque parece poco probable en un mes de abril.

6. AGRADECIMIENTOS

Proyecto MILLENNIUM, "European climate of the last millennium", (IP 017008-2).
Proyecto ALUDEX, "Caracterización de aludes catastróficos a través del estudio dendrocronológico y nivel-climático" (REN2002-02768).
Programa "Ramón y Cajal", Ministerio de Educación y Ciencia.
Soporte financiero de los proyectos europeos: ADVICE (ENV4-CT95-0129), IMPROVE (ENV4-CT97-0511), SPHERE (EVG1-CT-1999-00010), EMULATE (EVK2-CT-2002-00161).

7. REFERENCIAS

- BARRIENDOS, M. y MARTÍN-VIDE, J. (1998). "Secular Climatic Oscillations as Indicated by Catastrophic Floods in the Spanish Mediterranean Coastal Area (14th-19th Centuries)." *Climatic Change*: 38, 473-491.
- BARRIENDOS, M. y DANNECKER, A. (1999). "La sequía de 1812-1824 en la costa central catalana. Consideraciones climáticas e impacto social del evento." En Raso, J.M. y Martín Vide, J. (eds.). *La climatología española en los albores del siglo XXI*. Oikos-Tau, Barcelona, 53-62.
- BARRIENDOS, M.; LLASAT, M.C. (2003). "The Case of the 'Maldá' Anomaly in the Western Mediterranean Basin (AD 1760–1800): An Example of a Strong Climatic Variability." *Climatic Change*: 61, 191-216.

- BENITO, G.; COROMINAS, J.; MORENO, J.M. (2005). Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático, en Moreno, J.M. (dir.): *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE*, capítulo 12, 525-616.
- CHUECA, J. y JULIÁN, A. (1999). Reconstrucción de valores térmicos a partir del análisis espacial de morrenas glaciares en el macizo de la Maladeta (Pirineo Central Español): siglos XVII-XX. En Raso, J.M. y Martín Vide, J.: *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Asociación Española de Climatología, 139-146.
- CODINA, J. (1994). *Inundacions al delta del Llobregat*. Rafael Dalmau, Barcelona, 77 pp.
- CREUS, J. (1991). "Tendencia secular de la temperatura de Mayo en el Pirineo Oriental." *Notes de Geografia Física*: 20-21, 41-49.
- CREUS, J. (2000). "Variabilidad y estabilidad del clima español durante el último milenio. Estudio de fuentes dendrocronológicas." En García Codrón, J.C. (coord.): *La reconstrucción del clima en época preinstrumental*, Universidad de Cantabria, Santander, 81-122.
- GARCÍA, C. et al. (2000). *Butlletí nivològic i d'allaus. Temporada 1995/96*. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona, 126 pp.
- LLASAT, M.C.; BARRIENDOS, M.; BARRERA, A. y RIGO, T. (2003). "Climatological analysis of flood frequency in Ter, Llobregat and Segre basins from 14th to 20th century." En Thorndycraft, V.; Benito, G.; Barriendos, M.; Llasat, M.C.: *Palaeofloods, Historical Data & Climatic Variability. Applications in Flood Risk Assessment*, PHEFRA Workshop Proceedings, CSIC-CCMA, 275-280.
- MARTÍ, G.; MASES, M.; OLLER, P. y MARTURIÀ, J. (1997). The avalanche cadastre management using GIS in the Catalan Pyrenees, *Proceedings Second Congress on Regional Geological Cartography and Information Systems*, pp. 205-210.
- MARTÍNEZ, P. y OLLER, P. (2004). Els accidents per allaus al Pirineu de Catalunya. / *Jornades Tècniques de Neu i Allaus*, Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona junio 2004, 4 pp.
- MATEO, M. y GÓMEZ, A. (1998). El glaciario histórico. La pequeña edad del hielo en el valle del Madriu (Andorra). En Gómez Ortiz, A. y Salvador Franch, F. (eds.): *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*, Barcelona, 397-406.
- MCCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J. y WHITE, K.S. (Eds.) (2001): *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge, 1005 pp.
- OLLER, P.; MARTURIÀ, J.; MARTÍ, G.; GONZÁLEZ, J.C. y MARTÍNEZ, P. (2004): Avalanche Mapping in the Catalan Pyrenees, balance and future perspectives. *Proceedings of the 4th ICA Mountain Cartography Workshop*. Vall de Núria, 13-22.
- PARRY, M.L. (Ed.) (2000). *Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: The Europe ACACIA project*, Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, 320 pp.