



XIII REUNIÓN NACIONAL DE CUATERNARIO
Centre de Congressos d'Andorra la Vella
Andorra, del 4 al 7 de Julio de 2011
Valentí Turu y Ana Constante (Eds.)



EL GLACIALISME DE LES VALLS DE LA VALIRA DEL NORD: EVIDÈNCIES D'UN ENGLAÇAMENT CONTINUAT FINS A L'HOLOCÈ

Valentí Turu i Michels (1)

EL CUATERNARIO EN ESPAÑA Y ÁREAS AFINES, AVANCES EN 2011

EL QUATERNARI A ESPANYA I ÀREES AFINS, AVENÇOS EN 2011



(1) Fundació P. Marcel Chevalier, Av. Príncep Benlloch 66-72, AD 500 Andorra la Vella, Principat d'Andorra.

El darrer cicle glacial a Andorra

L'empremta glacial a Andorra i les seves fases van ser ja clarament identificades per Prat (1980), però també de forma simultània per Serrat i Vilaplana (1979). D'aquí cal retenir una fase d'expansió que assolí un màxim englaçament, on totes les glaceres de les principals valls andorranes van confluïr, seguida per una d'estabilització amb la formació del complex glaciolacustre de La Massana. La fi del màxim englaçament a les valls d'Andorra es produeix per una fase de disjunció de les valls afluent dels col·lectors principals (*The Last Termination*) i una fase de circs amb una expressió geomorfològica molt marcada (Tardiglacial). Hom se centra en la cronologia d'aquesta fase d'estabilització post-màxim, la disjunció i les implicacions de la darrera fase de circs.

Cronologia de la fase d'estabilització post-màxim i la deglaciació

La qualitat i quantitat dels dipòsits presents a les valls de la Valira Nord han permès efectuar una reconstrucció detallada de les pulsacions glacials amb austeritat de datacions i fent ús de l'estratigrafia seqüencial (Turu, 2002a i b). Situant en un gràfic el conjunt de datacions que es disposen s'observa tot un seguit de fluctuacions glacials que permeten relacionar-los amb events climàtics de caire global (Fig. 1).

En aquesta figura s'ha representat el darrer cicle glacial a la Valira Nord, el Würm alpi subdividit segons Renault-Miskovsky (1992) en Würm I o "antic" (> 35 Ka), el Würm II o "recent" (35 Ka BP - 18 Ka BP) i Tardiglacial que segons aquest autor terminaria als 8,2 Ka BP). En aquesta figura s'han representat en vertical els cossos sedimentaris representatius de la Valira del Nord (Turu i Bordonau, 1997; Turu, 2001, 2002a i b; Turu et al., 2002), alguns dels quals hom ha pogut datar directament a La Massana o indirectament a la vall principal de la Valira (Turu 1994; Turu et al. 2007; Jalut & Turu 2007), com també relacionar l'etapa de màxim englaçament amb les terrasses fluvials del Segre-Valira (SV-T4, Turu & Peña 2006a i b).

Diversos dels episodis glacials reconeguts a l'Hemisferi Nord, com el LGM, han quedat registrats en els sediments de la vall del Valira Nord. També s'han situat a la esmentada figura els events Heinrich de curta durada (< 1 Ka) produint un refredament gradual del clima (Broecker, 2005).

Pel cas de la Valira del Nord els events H1, H2 i H3 coincideixen amb notables avenços dels fronts glacials que han quedat registrats en els sediments, mentre que pels events més antics (H4 i H5) els dipòsits han estat menys importants.

Un event Heinrich tanca un cicle de refredament climàtic progressiu (cicle Bond) fet que comporta una sobtada millora climàtica (Bond et al., 1993). Aquests cicles de Bond presenten una periodicitat de 6-10 Ka variant estadis (clima fred) i interestadis (clima suau) en cicles de 2-3 Ka (cicles de D-O de Dansgaard-Oeschger).

Els interestadis i estadis tenen una especial empremta en el registre sedimentari de les valls del Valira Nord, la qual obturada per la vall principal, registrava els canvis climàtics en forma de sistemes deltaics pro-glacials en els interestadis i en forma de morenes basals (Till) en els estadis d'avançament glacial. Aquesta dinàmica se segueix fins a *The Last Termination* moment en el qual es registren els darrers estadis i interestadis glacials al llac del La Massana (Pomerià, Pre-Bölling i Dryas I). Amb l'arribada del Bölling es produeix un retrocés dels fronts glacials sense precedents, de forma que el següent estadi d'avenç glacial (Dryas II) els fronts glacials ja no aconseguen assolir les posicions anteriors. Amb el interestadial Allerød els aparells glacials queden molt reduïts i tot just assolixen els fons de vall amb el darrer estadi (el Dryas III o YD). De forma posterior les glaceres queden confinades en els circs glacials fins desaparèixer als Pirineus (Còpons i Bordonau, 1994) poc després dels 10.000 anys.



M. Chevalier



Glacera de la Valira del Nord: Gràfic d'extensió glacial versus volum sedimentat

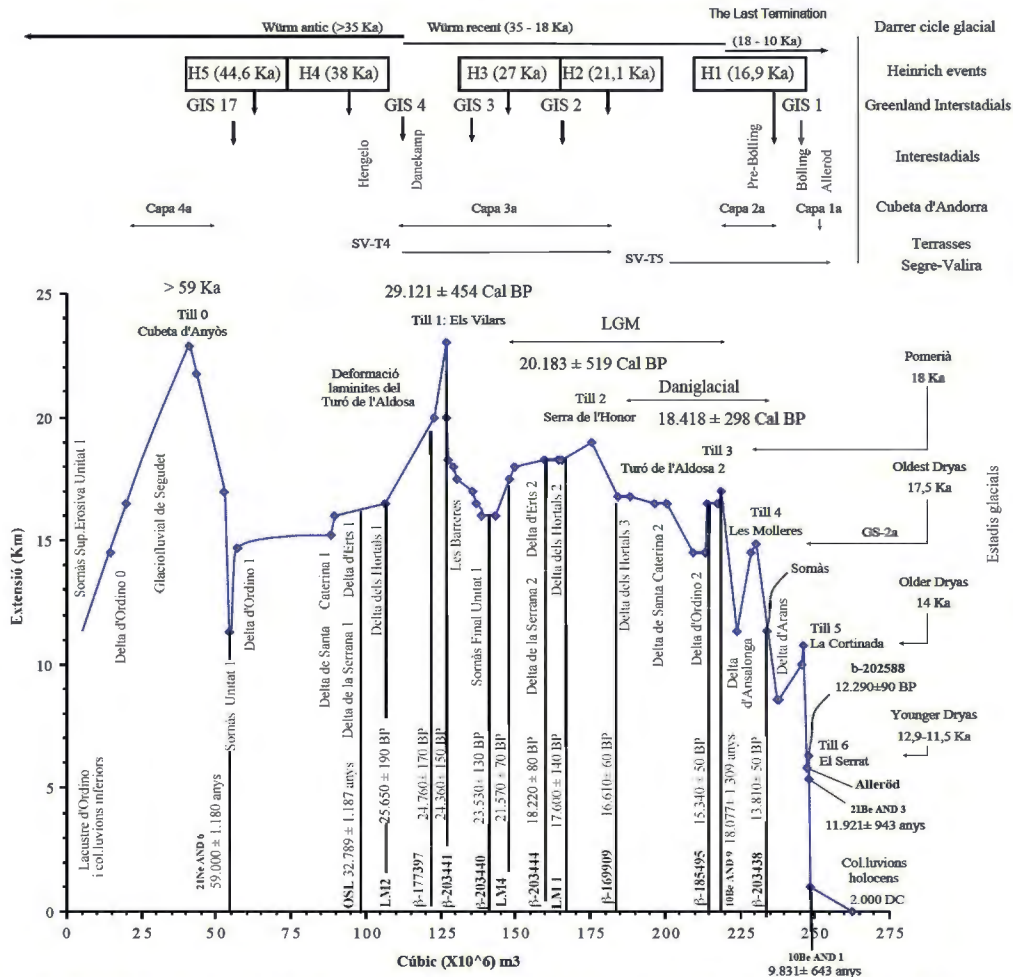


Fig. 1: Fent ús de la estratigrafia seqüencial (Turu 2002 a i b, mostres LM1, LM2 i LM4) i afegint a les descripcions de Turu & Bordonau (1997) juntament amb les dades de prospecció geofísica del fons de vall d'Ordino i la Massana (Turu et al., 2002), ha estat possible calcular el volum de materials glaciolluvials i glaciolacustres entre episodis d'avenç glacial (Till 0 a Till 6). Cal tenir present que el volum de sediments dipositat en un determinat moment està en funció de la taxa de sedimentació, per tant aquest gràfic permet relacionar extensió glacial (en ordenades) versus temps registrat (en abscisses). S'han afegit datacions radiocarbòniques inèdites (anys BP no calibrats) efectuades en sediments de la Valira del Nord (β 1777397; β 203441; β 203438) i a la Gran Valira (β 185455; β 203438; β 202588 i β 169808). També s'han afegit datacions inèdites per cosmogènics (^{21}Ne i ^{10}Be) de superfícies de poliment glacial a Engolasters (AND 9), al Roc del Quer a Canillo (AND 6), Encodina a El Serrat (AND 3) i al circ de la Coma del Forat d'Arcalis (AND 1).

La deglaciació final dels circs i implicacions
Un cop la glacera de la Valira del Nord retrocedeix fins assolir el seu circ glacial i desaparèixer completament poc després dels 10.000 anys, queden al descobert gran quantitat de superfícies d'erosió glacials.

Les interaccions nuclears dels raigs còsmics amb la superfície rocosa produeix un diferent nombre de isòtops cosmogènics, però únicament alguns d'ells poden ser detectats en la matriu rocosa donat que són molt escassos. Entre aquests hi han els isòtops de gasos nobles com el ^{21}Ne (estable) i els isòtops radioactius, com el ^{10}Be amb una vida mitja d'uns 1,5 Ma. La producció dels diferents isòtops cosmogènics depenen de la composició mineral de la roca (sovint quars) amb l'elevació i la latitud. Una vegada es coneguda la producció i mesurada la concentració de l'isòtop cosmogènic en la roca una simple relació de proporcionalitat permet obtenir el temps d'exposició de la mateixa. Si hi ha hagut erosió parcial de la superfície en qüestió o bé ha estat tapada, l'edat obtinguda serà sempre inferior a la real de la superfície. En principi es pot obtenir l'edat de la superfície i la taxa d'erosió analitzant dos o més isòtops cosmogènics.

Si la mostra de roca en qüestió ha estat exposada en superfície durant un temps i posteriorment ha estat coberta, el temps mínim des de l'exposició inicial pot

ser estimada solucionant un parell d'equacions (Bierman et al., 1999), que pels cosmogènics radioactius té la forma de:

$$C = B [1 - \text{EXP}(-\lambda_e t_e)] \text{EXP}(-\lambda_b t_e)$$

on C és la concentració de l'isòtop cosmogènic mesurat, B (= P / λ) és la relació entre la producció i la constant de desintegració, t_e el temps d'exposició i t_b el temps que la superfície ha estat aïllada de la superfície. L'equació equivalent per a cosmogènics estables és:

$$C = P t_e$$

on P és la producció de l'isòtop.

Amb aquestes equacions es pot obtenir el temps total d'exposició del sumatori de $t_b + t_e$. Si la superfície ha estat exposada i coberta prèviament al seu mostreig múltiples vegades, que és el cas esperable quan hi han avanços i retrocessos d'una llengua de glaç, aquests càlculs subestimen el temps total de la superfície d'erosió (Bierman et al., 1999).

S'exposa a continuació els casos de dos mostres de superfícies glacials de la capçalera de la vall d'Ordino (AND 3) i circ de la Coma del Forat (AND 1) (Fig. 2).

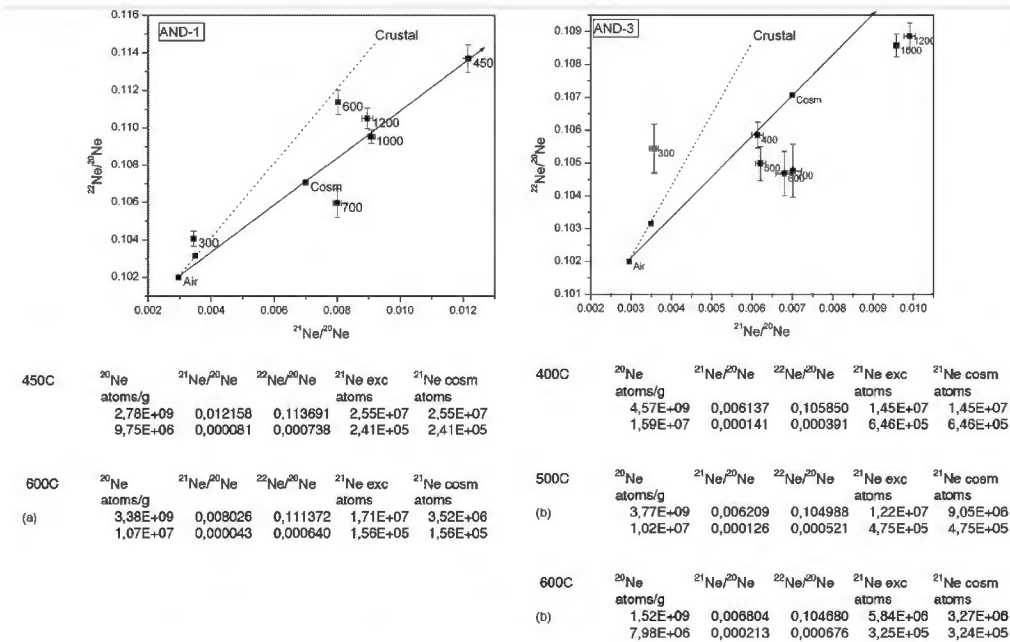


Fig. 2: Representació en un diagrama d'isòtops del Neó la trajectòria de les concentracions de ^{21}Ne cosmogènic a les mostres AND 1 i AND 3 per diferents esglasons de temperatura. Les correccions aplicades s'han marcat segons les lletres a i b, que corresponen (a) Fernandez-Mosquera (2003) i (b) Fernandez-Mosquera (2000 i 2003).

Ambdues mostres van ser preses en venes de quars de superfícies glacial a uns 2.460 m d'alçada (AND 1) i 1.730 m (AND 3). El resultat de forma independent ha estat exposat a les comunicacions S4 (1) i G1 (5). L'edat ¹⁰Be d'aquestes mostres fou de 9.831±843 anys (AND 1) i 11.921 ± 943 anys per AND 3. No obstant l'edat ²¹Ne fou molt superior, de 225.000 ± 2.220 anys (AND 1) i 362.000 ± 11.700 anys (AND 3), denotant que t_e²¹Ne és pràcticament d'un ordre de magnitud t_e¹⁰Be.

Per treure conclusions geològiques a partir d'aquestes dades cal aplicar un model teòric per a la producció dels isòtops cosmogènics. Aquí cal modelitzar el cas d'una superfície d'erosió (glacial) on la taxa d'erosió en el temps no es constant (cicles glacials i interglacials). Estudiant un model simple d'aquest escenari real per l'isòtop estable (²¹Ne) podem esbrinar la ciclicitat del temps d'exposició. En aquest sentit es proposa un escenari d'erosions episòdiques, on la superfície és denudada per una sèrie (temporal) d'esdeveniments discrets (glaciació), cada un dels quals involucra la remoció de fragments de roca d'espessor "w". Aquest és el model d'exfoliació periòdica de Muzikar (2008), que il·lustra bé el cas de les mostres AND 1 i AND 2. En aquest model la possibilitat per unitat de temps que un fragment de la superfície de gruix constant es desprengui solament ho pot fer a intervals regulars de temps T, amb una relació causa-efecte entre els períodes d'enllaçament de t/T.

Quan s'ha assolit l'equilibri, un cop s'ha completat un cicle des de t = 0 (just abans de ser exfoliada la superfície) fins t = T (just després del següent esdeveniment d'exfoliació), l'isòtop cosmogènic la producció del cosmogènic estable és igual a:

Mostra	C	Po	t	T	t/T	w
AND 1	29020000	128,97	225.000	200.000	1,125	59,24
AND 3	26820000	74,09	362.000	321.770	1,125	59,24
	Atm/gSiO2	Atm/gSiO2	Anys	Anys	-	cm

Taula 1: Resultats obtinguts del tanteig numèric del model periòdic de Muzikar (2008)

$$C = P_0 t + P_0 T / [EXP (w/L) - 1]$$

on L és la profunditat de penetració de la radiació còsmica en la roca (62 cm aprox.) i T és el paràmetre del model i representa ser la mitja del temps que hi ha entre events d'exfoliació de roca de gruix "w".

La producció així calculada no pot sobrepassar mai la mesurada, és obvi. Per altra banda el període d'exfoliació (t/T), si està en relació amb el factor geomorfològic dominant (el glacialisme), ha de ser un número concret que estigui en relació amb els cicles glacials (100.000 anys) o superior. Donat que la producció en la superfície d'erosió decreix en fondària l'exfoliació produïda també ha de ser suficientment important com perquè, en combinació amb un temps (b) de no exposició llarg, el contingut en cosmogènic inestable (¹⁰Be) restant sigui de la magnitud de l'error analític (10⁻⁴ àtoms/gr), i per tant inapreciable. La combinació de les dues coses afavoreix la disminució de l'isòtop inestable mentre que l'estable s'acumula en successius cicles.

Amb aquests condicionants i suposant que el mateix nombre de fases glacials (t/T) hagin afectat tant a AND 1 com AND 2, les quals haurien produït una exfoliació similar donat que el valor de ¹⁰Be en ambdós llocs és similar i corresponent a l'exposició en l'Holocè, emprant el model d'exfoliació periòdica de Muzikar (2008) obtenim els valors de la taula 1. Aquests resultats cal considerar-los en el seu just valor, corresponen a un tanteig numèric que permet tenir una idea de l'ordre de magnitud i explicar l'herència d'exposició de les superfícies datades.

De la taula 1 hom pot observar la diferència entre cicles (T) per la mostra AND 1 i la AND 3, indicatiu de que el circ de Tristaina (2.460 m) ha estat més sovint enllaçat (menys exposició) que la capçalera de la vall d'Ordino (1.730 m). Però també permet donar-se compte que el valor de T és superior al cicle orbital de 100.000 anys.

Els estudis clàssics de glacialisme als Pirineus remarquen de l'existència de tres grans fases glacials (Calvet, 1998), que són poques a la vista de les més de vuit fases fredes identificades a les corbes isotòpiques des del Quaternari mig, però queda clar que no totes han tingut necessàriament el mateix impacte geomorfològic, la majoria de les quals haurien tingut un caràcter efímer i poc renovador com per modificar veritablement les formes en les quals s'inscriuen (Calvet, 1998).

Les superfícies d'erosió datades haurien estat sotmeses a diversos períodes glacials de forma ininterrompuda, en una mena de monoglacialisme. Aquest debat entre mono i poliglacialisme (Calvet, 1998) no es nou, però transpassar aquest debat a les capçaleres de les valls si que ho és.

Únicament recordar aquí que a mitjans del s. XX en P. Barrère i G. Viers, insistien en l'existència d'una única seqüència morrènica (des dels arcs més externs fins als cordons més interns) que cobriren l'equivalent al Riss i el Würm alpins. Aquesta "excepció pirinenca" s'esdevé posteriorment insostenible en front a la multiplicació de fases fredes abans mencionades (Calvet, 1998). No obstant Popper (1959) remarcava la asimetria entre la veracitat i la falsedat d'una teoria científica, i segons ell hom NO pot dir que una quantitat d'observacions confirmants poden verificar una determinada teoria però UNA SOLA DADA, o una sèrie d'observacions, poden provar la seva falsedat.

Els resultats d'aquestes mostres indiquen clarament que les roques del circ glacial de Tristaina no han estat exposades en superfície en més d'un cicle glacial, i hom planteja aquí la hipòtesi que no sempre s'hauria donat una desaparició total de les masses de glaç en anteriors cicles glacials, constituint el cas de l'Holocè com una excepció en els períodes interglacials. Així doncs la capçalera de la vall d'Ordino hauria estat tant temps enllaçat que hauria permès la desintegració de gran part de l'isòtop cosmogènic radioactiu (¹⁰Be) i l'acumulació de l'isòtop cosmogènic estable (²¹Ne).

Paradoxalment s'arriba amb aquesta hipòtesi a la reconciliació de les dues grans teories que havien imperat als Pirineus al passat segle, ja que a l'hora és possible la multiplicació de pulsacions fredes i càlides amb la coexistència de glaceres en altitud. Aquesta visió no ha d'estranyar a ningú mirant el que passa actualment al circ de la Maladeta o a la Mer de Glace als Alps francesos. Tot és qüestió de si la línia d'equilibri de les neus perpètuas està per sobre o per sota de la cota topogràfica dels actuals circs glacials i durant quan temps.

Referències bibliogràfiques

- Bierman, P.R.; Marsella, K.A.; Patterson, C.; Thompson, C.; Davis, P. & Caffee, M. (1999) Mid-Pleistocene cosmogenic minimum-age limits for pre-Wisconsinan glacial surfaces in southwestern Minnesota and southern Baffin Island: a multiple nuclide approach; *Geomorphology*, 27, 25-39
- Bond, G.; Heinrich, H.; Boecker, H.; Labeyrie, I.; i col·laboradors (1993) Evidence for massive discharges of ice-bergs into the North Atlantic Ocean during the last glacial period. *Nature* 365, 143-147
- Broecker, W.S. (2005) The role of the ocean in climate yesterday, today and tomorrow" pp 183 (Eldigio Press: Palisades, N.Y.)
- Calvet, M. (1998). *Los complejos fluvio-glaciares de Cerdeña-Capric (Pirineos Orientales) y sus enseñanzas; LAS HUELLAS GLACIARES DE LAS MONAÑAS ESPAÑOLAS* (Gómez Ortiz & Pérez Alberti, A. Eds.), traducción por M. Valcárcel, Universidad de Santiago de Compostela, 263-290
- Copons, R i Bordonau, J. (1994) La pequeña efef del hielo en el macizo de la Maladeta (Alta cuenca del Esera, Pirineos Centrales): In: "El glacialismo supienaisico: nuevas aportaciones". (Eds C. Martí-Bono i J.M. García-Ruiz) pp 111-124. (Geoforma Ediciones: Logroño)
- Fernández-Mosquera, D., Martí, K., Vidal Romani, J.R. & Weigel, A. (2000). Late Pleistocene deglaciation chronology in the NW of the Iberian Peninsula using cosmic-ray produced ²¹Ne in quartz. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 172, 832-837.
- Fernández-Mosquera, D., Martí, K. y Vidal-Romani, J.R. (2003). Cosmogenic Ne in terrestrial quartz: How to correct the trapped component. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67/18S.
- Popper, K.R. (1959) The logic of scientific discovery. Hutchinson, Londres, 452 pp. (Traducción esp.: La lógica de la investigación científica, 4a, Ed. Tecnos, 1973, Barcelona)
- Prat, M.C (1980). *Montagnes et vallées d'Andorre, Thèse de Doctorat Université de Bordeaux 3, 266 p, 50 planches hors texte, carte géologique et carte géomorphologique en couleurs au 1 : 50 000*
- Renault-Miskovsky, J. (1992) Palynologie du Quaternaire européen: chronostratigraphie, paléoclimatologie et paléoenvironnement végétal de l'homme fossile. *Géochronique* 44: 21-24
- Serrat, D. & J.M. Vilaplana (1978) *Mapa geomorfològic d'Andorra a 1:50.000; El Patrimoni Natural d'Andorra*; Ed. Ketres, Barcelona, 15-51
- Turu, V. (1994) Datos para la determinación de la máxima extensión glacial en los valles de Andorra (Pirineo Central). In: "Actas de la III Reunión Nacional de Geomorfología 1994" pp 266-273. (SEG: Logroño)
- Turu, V. i Bordonau J. (1997) El glacialisme en les valls de la Valira del Nord, síntesi d'aforaments, *Annals de l'Institut d'Estudis Andorrans* (Centre de Barcelona) 1995, 41-104
- Turu, V. (1998) Interpretación genética de la unidad deformada de la sección estratigráfica de Somàs. Un drumlin en los valles de la Valira del Nord, Pincipado de Andorra, (Pirineos

Orientales). In: "Investigaciones recientes de la Geomorfología española" (Eds. A. Gómez-Ortiz y F. Salvador Franch) pp 445-454. (SEG-UB: Barcelona)
<http://www.igeotest.ad/articles/docs/Drumlin%20Somas.pdf>

Turu, V. (2001) Ejemplos de deofrmación sinosedimentaria en la cubeta glaciolacustre de la Massana, Push Moraine de la Aldosa i delta dels Hortals, Principado de Andorra (Pirineos Orientales). In: "Actas V Reunión del Cuaternario Ibérico" pp 81-84. (GTPEQ-SGP: Lisboa)
<http://www.igeotest.ad/articles/docs/Push%20Moraine.pdf>

Turu, V. (2002a) Análisis secuencial del delta de Ertz. estratigrafía de un valle glaciar obturado intermitentemente. relación con el último ciclo glaciar. valle de Arinsal, Pirineos Orientales, parte I : El método utilizado". In: "Estudios recientes (2000-2002) en geomorfología, patrimonio, montaña y dinámica territorial" pp 555-563 (SEG-Departamento de Geografía UVA: Valladolid)
<http://www.igeotest.ad/articles/docs/Delta%20Ertz%20Part%201.pdf>

Turu, V. (2002b) Análisis secuencial del delta de Ertz. Estratigrafía de un valle glaciar obturado intermitentemente. relación con el último ciclo glaciar. Valle de Arinsal, Pirineos Orientales. Parte II : Aplicación. In: "Estudios recientes (2000-2002) en geomorfología, patrimonio, montaña y dinámica territorial" pp 565-574 (SEG-Departamento de Geografía UVA: Valladolid)

Turu, V.; Pous, J; Bordonau, J. y Palomar, J. (2002) La cubeta de sobreexcavació glacial de La Massana-Ordino, Pirineus Orientals: Aplicació de la prospecció geoelectrica. *Horitzó* 2, 38-52
<http://www.iea.ad/crecivimatges/massana.pdf>

Turu, V. i Peña, J.L. (2006a) Las terrazas fluviales del sistema Segre-Valira (Andorra-La Seu d'Urgell-Organya, Pirineos Orientales): relación con el glaciario y la tectónica activa. In: "Geomorfología y Territorio" (Eds. A. Pérez-Alberti y J.López) pp 113-128 (Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela, 171: Santiago de Compostela).
<http://www.igeotest.ad/articles/docs/Turu%20Peña%20Segre-Valira%201.pdf>

Turu, V. i Peña, J.L. (2006b) "Ensayo de reconstrucción cuaternaria de los valles del Segre y Valira (Andorra-La Seu d'Urgell-Organya, Pirineos Orientales): morrenas y terrazas fluviales". In: "Geomorfología y Territorio" (Eds. A. Pérez-Alberti y J.López) pp 128-146 (Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela, 171: Santiago de Compostela).
<http://www.igeotest.ad/articles/docs/Turu%20Peña%20Segre-Valira%201.pdf>

Comité Organizador.

Valentí Turu (FMC), Ana Constante (FMC), Pablo G. Silva (USAL), José Luis Peña-Monné (UNIZAR), Francesc Burjachs (IPHES-URV), Marc Calvet (UPerpignan), Jordi Corominas (UPC), Carles Martí-Bono (CSIC-IPE), Antonio Gómez-Ortiz (UB), Jaume Bordonau (UB), Joan Carles García Arpin, (Dryas SL), M^a Carmen Gutiérrez (Geotest SL), Bernat Jorba y Gerard Remolins (FMC), Michel Martzluft (UP-MEDITERRA), Teresa Michels-Godesar (Igeotest SLU), Carolina Pallerés (CCTA), Xavier Planas (MUOT), Xavier Ros-Visus (Geo3 SL).

Organismos Organizadores.

AEQUA
Fundació P. Marcel Chevalier
Col·legi de Tècnics en Ciències de la Terra

Organismos e Instituciones Colaboradoras.

Associació per a la Defensa de la Natura
Patrimoni Cultural d'Andorra
Institut d'Estudis Andorrans

Patrocinio Científico e Institucional

Embajada de España
Hble. Comú d'Andorra
Hble. Comú d'Ordino
Hble. Comú de Sant Julià de Lòria
Hble. Comú de Canillo
Beta Analytic Ltd

La organització lamenta la sobtada pèrdua d'en Bernat Jorba, et dediquem aquestes actes a les que tant volies contribuir.

Trobarem a faltar el teu somriure. Diu que ens deixes, te'n vas lluny d'aquí. Però el record, de la vall on vas viure, no l'esborra la pols del camí.

Comité Científico.

José Luis Peña-Monné (UNIZAR), Pablo G. Silva (USAL), Francesc Burjachs (ICREA-IPHES-URV), Albert Pélachs (UAB), Rafael Baena (US), Julià Maroto Genover (UdG), Francisco José Pérez-Torrado (ULPGC), Jaume Bordonau (UB), David Serrat (UB), Jordi Corominas (UPC), Teresa Bardají (UAH), Marc Calvet (MEDI TERRA-UPerpignan), Jordi Catalán (CEAB-CSIC), David Domínguez-Villar (UAH), Francesc Gallart (IDEAE-CSIC), Juan José González Trueba (UPV-EHU), Inmaculada Guerrero (US), Francisco Gutiérrez Santolalla (UNIZAR), Javier Larío (UNED), Marco de la Rasilla (UNIOVI), Eivira Roquero (UPM), Enrique Serrano (UVA), Marcos Valcárcel (USC), Valentí Turú (FMC), Juan Ramón Vidal-Romaní (UC), Carí Zazo (MNCN, CSIC), Magali Delmas (Université de Perpignan), Carles Gasóon (Tècnic de cultura del Consell Comarcal de l'Alt Urgell), M^aCarme Gutiérrez (Geotest SL) y Xavier Ros (Geo3 SL).