



Valentí Turu i Michels

Doctor en Geologia per la Universitat de Barcelona i investigador principal de la Fundació Marcel Chevalier

En el decurs de la darrera glaciació, les valls d'Andorra, com la resta de les valls pirinenques, van ser ocupades per llengües de glaç amb naixement als circs glacials que voregen l'extrem nord i oriental del país. S'observen al paisatge nombrosos exemples de la seva pretèrita existència i acció erosiva, però també dipòsits sedimentaris associats a les darreres etapes de la glaciació. Cal destacar-ne tres en concret pel volum i qualitat, que són el fons de vall d'Andorra la Vella i Escaldes-Engordany, les valls de la Massana i Ordino i el complex morrènic d'Engolasters.

1. Les condicions subglacials

Moltes zones de muntanya foren recobertes per les glaceres durant el plistocè i amb el seu pes van consolidar els sediments que es trobaven sota el gel. Un cop desaparegudes les glaceres de les nostres valls, encara som capaços de recrear les condicions originals basant-nos en l'estat de consolidació dels sediments, que amb les evidències geomorfològiques permeten recrear quines foren les condicions subglacials de les nostres glaceres. Cal pensar que una glacera és un reservori d'aigua que pot anar canviant d'estat en funció dels canvis en el clima. L'aigua de fusió del glaç s'acumula en les esquerdes de les glaceres fins a assolir la zona basal a centenars de metres de la superfície. Les propietats de l'aigua permeten que pugui ser líquida si augmenta la pressió o, el que és el mateix, amb l'augment de la profunditat. Això últim fa que l'aigua de fusió pugui acumular-se al fons d'una glacera i trobar-se a importants pressions. En funció de com sigui d'important aquesta pressió, la base de la glacera forma cavitats on l'aigua s'acumula. Quan aquestes cavitats es comuniquen les unes amb les altres, generen una xarxa de canals subglacials que arriben a homogeneïtzar les pressions de l'aigua sota la glacera. Tard o d'hora les ramificacions es concentren en un únic túnel subglacial que aconsegueix el front de la glacera i desguassa l'aigua. El dinamisme de les glaceres de vall rau precisament en com d'eficient és la dissipació de la pressió de l'aigua subglacial. Si el sistema és eficient dissipant les pressions, hi haurà més fricció entre la base de la glacera i el substrat geològic, aquesta avançarà poc i erosionarà molt. Per contra, si el sistema és ineficient i la pressió s'acumula indefinidament, la glacera pot entrar en un estat de flotació i avançar sobtadament en no existir fricció subglacial. És el que en anglès s'anomena un *surging*



Valentí Turu i Michels

De les antigues glaceres als cicles P a Andorra

glacier. La glacera de la Valira d'Orient va experimentar diversos avenços sobtats de tipus *surge* al darrer cicle glacial, i això ho sabem pels múltiples estudis geològics-geotècnics fets al fons de vall d'Andorra la Vella i Escaldes-Engordany entre 1997 i 2018, quan s'implementa al país la tècnica de prospecció coneguda com a *sondeig pressiomètric*. Les dades sobre l'estat de consolidació dels sediments són el testimoni dels canvis de pressió subglacial que va experimentar la glacera d'Andorra iniciat fa uns 32.000 anys.

2. Les condicions subaèries

Un nombre important de valls tributàries al Pirineu van quedar negades d'aigua per obturació glacial del seu exutori natural. Això fou el que va experimentar la vall de la Valira del Nord per part de la glacera principal, la de la Valira d'Orient, per formar el que es coneix com l'antic llac d'obturació juxtaglacial de la Massana. Les vores d'aquest llac encara són reconeixibles en el paisatge; es corresponen amb els plans d'Escàs, el Pui i l'Aldosa de la Massana. El centre de la vall, on hi ha la vila de la Massana, es correspon amb el fons del llac. Aquí van ser dipositats gran quantitat de llims i argiles laminades juntament amb altres dipòsits glacials. Aigües amunt, aquest llac limitava amb el front glacial d'Arinsal, situat a Erts, així com el front de la glacera d'Ordino, situada a Santa Caterina. Com si d'un joc de pica paret es tractés, les dos glaceres avançaven sobre el llac fins a assolir la glacera principal per retirar-se ràpidament. Aquests ritmes d'avenç i retrocés de les glaceres eren producte de sobtats canvis globals que afectaven el clima al tram mitjà-final de la darrera glaciació. A cada retrocés glacial, una important quantitat de sediments eren dipositats al fons de vall, que eren parcialment erosionats al següent episodi d'avenç glacial. Atès que cada avenç de les glaceres era inferior al de l'anterior pulsació glacial, el còmput general va jugar a favor de l'acumulació sedimentària, essent els sediments més recents també els més abundants. Tot aquest procés d'acumulació sedimentària relacionada amb la presència directa dels fronts glacials a la Massana va quedar truncat ara fa 17.500 anys, quan la glacera de la Valira d'Orient va retrocedir definitivament. Com si es tractés d'un gran trencaclosques, el seguiment de les obres i les excavacions efectuades a la Massana i Ordino entre 1990 i 2015 han permès obtenir una visió de conjunt amb més de 275 perfils estratigràfics recolzats per anàlisis de laboratori atenent les necessitats d'altres objectius científics i tècnics. Aquest important nombre d'afloresaments directes, juntament amb el

tractament metodològic d'estudi basat en els principis de l'estratigrafia seqüencial, ens permet disposar d'un marc cronoestratigràfic i d'interpretació paleoambiental d'alta resolució de més de 15.000 anys de desglaciació.

3. Els efectes visibles avui

En el decurs de la darrera glaciació, una important generació de morrenes dibuixa els límits de la ocupació del glaç, sobretot als vessants obacs, essent els vessants solans menys propensos a la conservació, tot i que hi ha alguns exemples emblemàtics, com el de Montaup o Mereig a Canillo, que mereixen una atenció especial. Són la morrena de Grau Roig, que entapissa el vessant obac fins a Soldeu i el Tarter; la morrena de Sant Jaume dels Cortals, producte de la confluència de la glacera dels Cortals amb la dels Agols a Encamp; la morrena d'Engolasters, que es pot resseguir des de la confluència de la glacera de la Coma dels Llops amb la glacera principal (Valira d'Orient). Les morrenes de la Plana, així com la confluència de la glacera de Prat Primer a la Comella amb la glacera d'Andorra, són clars exemples de l'empremta glacial sobre el paisatge. Però de totes aquestes cal destacar la construcció morrènica d'Engolasters, que neix de la confluència entre la glacera del Madriu i la glacera principal. En aquest indret, l'acumulació de glaç fou de més de 500 metres i van ser formades diverses generacions de cordons morrènics. El més extern de tots és seguit pel camí dels matxos d'Engolasters a Ràmio, el cordó intermedi és sobre el que s'assenta l'antic conjunt de bordes d'Engolasters, al davant de l'església de Sant Miquel, i se segueix fins a solc de la Molina a Encamp, mentre que el cordó més intern i recent correspon al que allotja les antenes de Ràdio Andorra, i va facilitar la construcció de l'embassament d'Engolasters a la primera meitat del segle xx.

Com si es tractés d'un rellotge, la maquinària glacial va funcionar coordinadament al Principat tres cops abans dels seu esvaïment. Tres són els nivells de morrena de fons existents al subsol d'Andorra la Vella i Escaldes-Engordany. Tres són els cicles d'avenç més important de les glaceres d'Arinsal i d'Ordino sobre l'antic llac glacial de la Massana. Tres són les generacions de morrenes laterals que conformen Engolasters. Tres cops les glaceres del Principat van ballar al so del bateig climàtic, entre els 32.000 i els 17.500 anys, és a dir, un cop cada 4.800 anys. De forma més detallada s'ha determinat que la ciclicitat és de 4.500 ± 500 anys, que és la diferència entre el moment que més avancen les glaceres i el moment en el qual retrocedeixen ràpidament, coincidint amb una important aridesa. La pregunta

Bibliografia

TURU, V. 2023. Mid-Late Pleistocene glacial dynamics in the Valira valleys (Principality of Andorra). Asymmetries within the Pyrenees and correlation across the westernmost European mountain ranges. Phd Thesis Barcelona University, 550 p.
<https://www.10.13140/RG.2.2.2115.4.40649>
 TURU, V. 2023. Mid-Late Pleistocene glacial dynamics in the Valira valleys (Principality of Andorra). Asymmetries within the Pyrenees and correlation across the westernmost European mountain ranges (Resume). *Quaternaire*, 34 (3), 205-211.
<https://www.doi.org/10.4000/quaternaire.18188>

Transformada ràpida de Fourier (FFT) del contingut en matèria orgànica dels sediments de fons de llac i torbera de l'Estany de Burg (Pèlachs et al., 2011) en el decurs dels darrers 15.000 anys. Un cop tractat el senyal, s'observa un alt de magnitud amb un període $T = 4.400$ anys. Els cicles P tenen una influència major en els ritmes vegetatius d'aquesta vall propera al Principat d'Andorra, durant el final del darrer cicle glacial però també a l'Holocè.

PÉLACHS, A.; JULIÀ, R.; PÉREZ-OBÍOL, R.; SORIANO, J.M.; BAL, M.C.; CUNILL, R., & CATALAN, J. (2011) Potential influence of Bond events on mid-Holocene climate and vegetation in southern Pyrenees as assessed from Burg lake LOI and pollen record, *The Holocene*, 21(1), 95-104.

que ens hem de fer és si aquests cicles de 4.500 ± 500 anys es produeixen de forma sobtada o regular, si són locals o globals, si són particulars dels períodes glacials o són generals i si els efectes són igual d'intensos o depenen del context climàtic del moment. Algunes respostes a aquestes preguntes són inequívocues i d'altres no. Respecte a la primera pregunta, val a dir que el registre geoquímic dels sediments andorrans permet afirmar que els canvis entre el clímax d'humitat i el de sequera és abrupte, de l'ordre de dos cops la desviació estàndard d'una datació radiocarbònica (80 anys), mentre que la recuperació del clímax precedent requereix 4.500 ± 500 anys. Respecte a la segona pregunta. es pot afirmar que són canvis globals, i han estat descrits com a *cicles P* a la literatura anglosaxona en matèria de canvis globals del nivell del mar, malgrat que fins ara eren desconeguts en els registres sedimentaris continentals. Respecte a la tercera pregunta, es pot afirmar que en els sediments marins del Mar d'Alborán els cicles P han estat identificats durant el darrer cicle glacial però també al darrer cicle interglacial; per tant, són independents del fet glacial. Respecte a la quarta i última pregunta, es pot afirmar que els seus efectes no són igual d'intensos en tot l'hemisferi nord: hi ha pols climàtics secs i humits al mateix moment a diferents llocs geogràfics. Les respostes a aquestes preguntes en generen de noves, i esperem que els decisors posin en marxa les estructures de país necessàries per fomentar la ciència des d'un ministeri propi. Trenta anys més sense efectuar cap acció concreta com fins ara no sembla ser una acció responsable.

Ritmes de producció de la orgànica a l'estany de Burg de Farrera (Pallars Sobirà)

