



## La geografia física d'Andorra des del punt de vista geològic i geomorfològic: EVOLUCIÓ DEL SEU CONEIXEMENT.

Valentí TURU i MICHELS

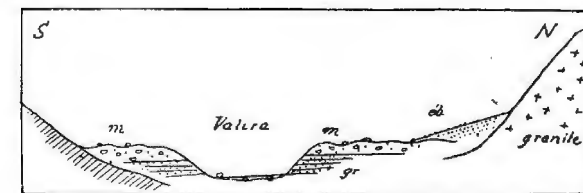
Es proposa en aquest apartat una visió general de l'evolució dels coneixements sobre la geografia física del Principat, centrant-se en l'aspecte geològic i geomorfològic. L'objectiu és que el lector pugui tenir una referència de les diferents obres que han tractat aquests temes a Andorra, per poder formar-se una opinió de quina ha estat l'evolució i quina és la tendència futura d'aquest tipus d'estudis. Alhora, el lector s'assabenta de quins són els trets característics que constitueixen el relleu del país.

Una vegada s'han esgrimit els objectius, hom entra en matèria amb la primera obra que constitueix un punt de referència. A finals de la dècada de 1940, Salvador Llobet publicà la seva obra "El medio y la vida en Andorra, estudio geográfico", guardonat amb el premi *Menéndez Pelayo* al 1945. Encara que ja es van realitzar dos treballs monogràfics sobre geografia andorrana (BLADÉ, 1875 i CHEVALIER, 1925a), l'obra de LLOBET (1947) constitueix un abans i un després en el coneixement del medi físic d'Andorra.

En aquesta obra, Llobet estudia tant la geografia humana com la geografia física d'Andorra. Sobre aquest últim punt, l'autor tracta sobre el clima i la hidrografia, la geomorfologia i estratigrafia amb la publicació del primer esquema geològic d'Andorra a partir dels estudis de Solé Sabarís i Llopis Lladó; va publicar el primer mapa sobre els mantells de vegetació d'Andorra emprant la topografia de CHEVALIER (1925b). Aquest mapa de vegetació ha estat editat novament per GÓMEZ i VILÀ, (1994).

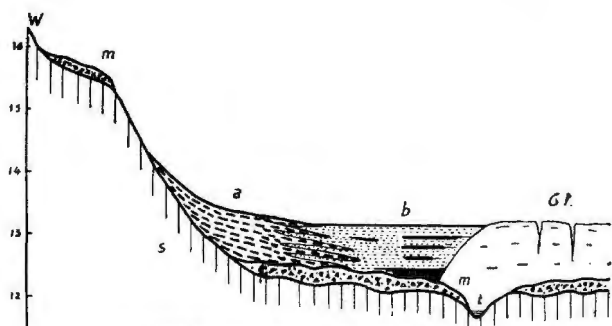
Des del punt de vista geomorfològic, Llobet va aportar observacions sobre els nivells d'aplanament pre-glacial que caracteritzen la morfologia dels cims del sud d'Andorra, però les més interessants són les referents al glacialisme andorrà. Llobet, basant-se en els treballs de Penck, Chevalier, Nussbaum i observacions pròpies, va arribar a la conclusió de l'existència de dues glaciacions que corresponen al Riss i al Würm; juntament amb una tercera glaciació sobre la qual no va fixar cap edat. Per Llobet, la glaciació del Riss va generar morrenes laterals més altes que la del Würm i, en conseqüència la morrena terminal situada a La Margineda per NUSSBAUM (1934) la considera del Riss. La discussió sobre els events glacials ha estat sempre un tema força candent. Per entendre la seva evolució cal remuntar-se a mitjans del segle XIX, quan Louis Agassiz va anunciar la seva teoria glacial en la reunió de la Societat Suïssa de Ciències Naturals el 1837.

A partir d'aquest moment, es produeix un gran debat entre els diluionistes en contra dels glacialistes. Els Pirineus no van quedar allunyats de la dialèctica que s'esdevenia principalment al centre d'Europa. En aquest sentit, els defensors d'una i altra teoria van buscar proves per poder sustentar-les. Els diluionistes que estudiaren els Pirineus, foren investigadors francesos que publicaren diferents articles sobre els vestigis del diluvi universal i els blocs erràtics (DUROCHER, 1841 i 1843; COLLENO, 1843 a i b; DUPONT, 1844; LEYMERIE, 1855, tots ells dins de PENCK, 1883 pàg. 191). Durant les mateixes dècades Jean de Charpentier, Max Braun i Charles Martins també publicaren diferents articles sobre les glaceres dels Pirineus (CHARPENTIER, 1841; BRAUN, 1843 i MARTINS, 1854, tots ells dins de PENCK, 1883 pàg. 191). Aquesta polèmica va durar fins a la dècada dels 1870 amb les publicacions de MARTINS i COLLOMB (1867), GARRIGOU (1867) i LEYMERIE (1868), tots ells citats en PENCK (1883, pàgs. 191-192), sempre per investigadors centroeuropeus. Els investigadors espanyols (COSTA, 1869 i ALSIUS, 1871, citats en MARTÍ, 1994, pàgs. 89-93) encara consideraven vigents les teories sobre el transport de blocs erràtics en illes de glaç de Charles Lyell (MARTÍ, 1994, pàgs. 89-93).



— Coupe géologique à travers la vallée de la Valira près de St. Coloma. gr. = gravier; m = moraine; éb = éboulis.

Figura de NUSSBAUM (1956) relativa a la interpretació d'una de les seccions existents a una gravera abandonada a prop de Santa Coloma. Per Fritz Nussbaum la part superior de la secció correspon a una morrena que es disposa per sobre d'uns dipòsits fluvio-torrencials.



**Schéma théorique de la formation des dépôts de la Massana (Andorre).**  
Hauteurs en hectomètres.

s, schistes siluriens; Gl, glacier; m, moraine; t, torrent sous-glaciaire; a, apports latéraux; b, argiles tourbeuses et dépôts lacustres (argiles varvées).

A Sispony, des blocs morainiques reposent sur la formation ab.

Figura de Taillefer, F. (1957) on es mostra el reompliment de la cubeta de la Massana a l'alçada de Sispony. Taillefer representa de forma esquemàtica els canvis de fàcies existents entre els sediments de vessant i els sediments glàcio-lacustres pro-glacials.

nua, amb dos episodis glacials separats per un interglacial. Al 1924 Maurice Chevalier assenyalava tres glaciacions; identifica la penúltima glaciació (Riss) com la de major extensió; l'última (Würm) va presentar una menor extensió i va quedar limitada als 1400 metres d'alçada, mentre que CHEVALIER (1924) no fixa edat per la primera glaciació. Bàsicament aquestes són les idees que dominen en CHEVALIER (1925a) i CHEVALIER, (1926). Al 1926, Wolfgang Panzer esmenta que la morrena terminal de la glacera se situa a 3 Km al sud de la capital (a La Margineda). En opinió de PANZER (1926), les morrenes frontals han estat cobertes per les tarteres. PANZER (1927) comenta que al sud de Santa Coloma la vall es torna molt estreta i la glacera ja no deuria poder passar.

MARCEC (1930) calcula una extensió glacial de més de 30 km a partir de la part més externa de la morrena frontal (Bixessarri) observada per CHEVALIER (1924). DALLONI (1930) continua considerant una extensió de 29 Km a partir de la part interna de la morrena frontal (Santa Coloma).

NUSSBAUM (1934) situa la morrena terminal de forma acurada a 960 metres al pont de la Margineda, coincidint amb les observacions de Panzer. Aquestes són les idees que predominen fins a l'any 1957.

Amb motiu del 5<sup>a</sup> congrés de l'INQUA, Fontboté, Solé Sabaris i Alimén posen en dubte l'existència de la morrena terminal de la gelera d'Andorra en les immediacions de la Margineda, de forma que decideixen establir la màxima extensió fins a 28 Km.

A la darrereria dels anys setanta, es publicà sota la direcció de Ramon Folch, l'obra *El patrimoni natural d'Andorra* que representa la segona fita important sobre estudis del medi natural a Andorra des de l'obra d'en Llobet. Aquesta obra aporta una visió de conjunt dels diferents aspectes del medi físic andorrà, que inclou diferents cartografies a escala 1:50.000 entre les quals un mapa litològic i geomorfològic del Principat.

Des del punt de vista del glacialisme, es realitzen tres treballs d'investigació que marcaran els estudis posteriors. El primer és el de PRAT (1980) que realitza la seva tesi doctoral dirigida per P. Barrere de la Universitat de Bordeus i que abraça tot el país. El segon és el de VILAPLANA (1985) que és l'obra que culmina les investigacions sobre glacialisme començades a partir de PUIGDEFÀBREGAS *et al.* (1979) amb l'obra del *Patrimoni natural d'Andorra* i que es centra principalment al sector Nord-Occidental del país. El tercer és el treball de GÓMEZ (1980) que, encara que no es limiti al sector andorrà, si que estudia alguns sectors de les capçaleres dels vessants meridionals dels massissos de Calinquerdós, Tossa Plana de Lles i Port Negre.

Una de les moltes aportacions de Marie Christine Prat sobre glacialisme, és la resituació de la màxima extensió glacial al sud de Sant Julià de Lòria i, interpreta els sediments glacials de La Margineda com una morrena de retrocés. PRAT (1980) va deter-

minar una fase de màxima extensió glacial, on va distingir un estadi inicial d'expansió, un estadi d'estacionament i un de retrocés. Seguidament distingeix un nou episodi glacial de post-màxim, centrat a les valls altes del Principat, i una sèrie d'estadis de retrocés atribuïts amb reserves al Würm. L'última fase glacial es va caracteritzar per geleres de circ i morrenes de gelera.

Dins de l'escola francesa de geomorfologia, cal destacar també una sèrie de treballs realitzats per BECAT (1978) amb un mapa geomorfològic de Casamanya, Segur i Coma Obaga, PLÉE (1982) sobre la geomorfologia del sector d'Envalira-Puymorens, BERNARD (1987) sobre el sector dels cims meridionals d'Andorra i publicat per l'Institut d'Estudis Andorrans de Perpinyà. El final de la trajectòria investigadora de l'escola francesa culmina finalment amb la tesi d'estat de J. Bécat a principis de la dècada dels noranta.

Dins de l'escola Catalana, amb VILAPLANA i SERRAT (1979) i VILAPLANA (1984 i 1985) s'inicien al Principat els estudis sobre glacialisme basats sobretot en dades sedimentològiques. També s'aborda el glacialisme des d'un àmbit més reduït i més aprofundit. En aquest cas es tracta de l'estudi sobre el glacialisme de les valls de la Valira del Nord, on Joan Manel Vilaplana determina una fase de màxim avenç glacial (fase de Segudet), una de retrocés i estabilització (moment en el qual es forma el complex glàcio-lacustre de La Massana), una de retrocés generalitzat (fase dels circs) i finalment el Tardiglacial, amb el desen-

volupament de geleres rocalloses. La totalitat de les fases detectades són associades per VILAPLANA (1985) al darrer cicle glacial als Pirineus sense atribuir-les cap edat absoluta ni una correlació amb la nomenclatura Alpina.

Les diferents fases glacials observades per VILAPLANA (1985) són aprofitades per BORDONAU (1992) per ampliar els seus estudis sobre els complexos glàcio-lacustres dels Pirineus meridionals. Dins de la seva tesi doctoral Jaume Bordonau elabora un model de gènesi i reompliment de les cubetes glàcio-lacustres, així com un quadre cronològic de les diferents fases glacials al Pirineu, que consisteixen en una fase pre-màxim, situada abans del 50.000 anys BP (*Before Present*, essent el zero radiocarbònic el 1950), una fase de màxima extensió glacial anterior als 31.000 anys BP, una fase d'estabilització sobre els 31.000 anys BP, una fase de geleres de vall anterior als 26.000 anys BP, una fase de geleres en altitud sobre els 13 als 16 Kanyos BP, una fase Tardiglacial entre els 10 i els 11 Ka BP. Cal ressaltar que amb aquestes datacions la fase de màxima extensió glacial al Pirineu és totalment diacrònica amb el màxim glacial d'Europa Septentrional i Nord Amèrica que va succeir entre els 20 i els 18 Kanyos BP i actualment, encara és un tema que no està resolt.

Els treballs iniciats per David Serrat i Joan Manel Vilaplana en el camp del glacialisme a Andorra, estan essent continuats per TURU (1992), TURU *et al.* (1995), TURU (1994a), TURU i BORDONAU (1997) i TURU (en premsa) coordinat des de la



Vall del riu Gran Valira entre Aixovall i Sant Julià de Lòria. En aquest indret la vall és força estreta i la litologia del congost és calcoesquistosa i d'edat devoniana. A la muntanya de Rocaforti (marge esquerre de la fotografia) s'observa a mitja pendent un replà que s'anomena Coll de la Tàpia i és format pel contacte entre els calcoesquistos devonians i unes pissarres fosques d'edat siluriana. Per sobre dels materials silurians es pot observar que la roca novament pren una tonalitat clara, que correspon a un altre cop a materials devonians. El contacte entre ambdues litologies és mecànic (falla), on el silurià juga un paper de material incompetent pel qual es desenvolupen les escates encavalcants del sinclinal de Llavorsí de POBLET (1987) i CAPELLA (1988). El fet de trobar una litologia dura (calcoesquistos) i una tova (pissarres) ha fet propici la formació del Coll de la Tàpia (erosió diferencial). Aquest sector de menor pendent es pot unir a l'altre costat de la vall on es troba l'església de Sant Martí de Nagol i, possiblement constitueixi un relíct de vall glacial en aquest punt. Fotografia per Valentí Turu.

secció de geologia de l'Institut d'Estudis Andorrans de Barcelona. TURU (1994a) aborda novament la problemàtica de la màxima extensió glacial a les valls d'Andorra i determina una extensió de 34 Km per la glacera de la Gran Valira.

Per altra banda, els treballs iniciats per Antonio Gómez a inicis de la dècada dels vuitanta, han estat seguits per GÓMEZ (1990), GIRONELLA (1990 i 1992), MATEO (1994) i ESTEBAN (1994), coordinats des de la secció de geografia de l'Institut d'Estudis Andorrans de Barcelona.

La quasi totalitat dels treballs esmentats queden englobats dins de PEÑA (1994) en una obra recopilatòria sobre la geomorfologia d'Espanya i en GÓMEZ (1996). Aquesta última publicació tracta sobre el relleu d'Andorra i està dins d'una col·lecció de temes monogràfics sobre el Principat d'Andorra promocionat pel Govern d'Andorra.

Fins aquí s'han esmentat els diferents autors que han abordat la problemàtica de la geomorfologia d'Andorra des de mitjans del segle XIX fins a finals del s. XX. Una evolució semblant ha pro-

tagonitzat la cartografia de la informació geològica del Principat, i sobre ella ens centrarem en els següents paràgrafs.

Novament hom s'ha de remetre al treball de LLOBET (1947) que publicà el primer esquema geològic exclusivament d'Andorra, fruit de les aportacions d'en Llopis Lladó, Solé Sabarís i del propi Salvador Llobet. Poc després SOLÉ SABARÍS I LLOPIS LLADÓ (1948) publiquen el que seria el primer mapa geològic d'Andorra a escala 1:50.000, amb la base topogràfica d'en Maurice Chevalier de 1925.

Fins a mitjans de la dècada del 1970, moment en que el MI Consell General publicà 17 mapes 1:10.000, la base topogràfica del Principat sempre havia estat una assignatura pendent a Andorra. Aquesta eina de treball resulta ser imprescindible per a qualsevol cartografia temàtica, com ara la geològica. Com a exemple cal destacar que la base topogràfica de la cartografia geològica realitzada per l'escola Holandesa en el sector andorrà (ZWART, 1965 i HARTEVELT, 1970) fou de collita pròpia, ja que aquests autors van considerar que la topografia existent no era prou acurada.

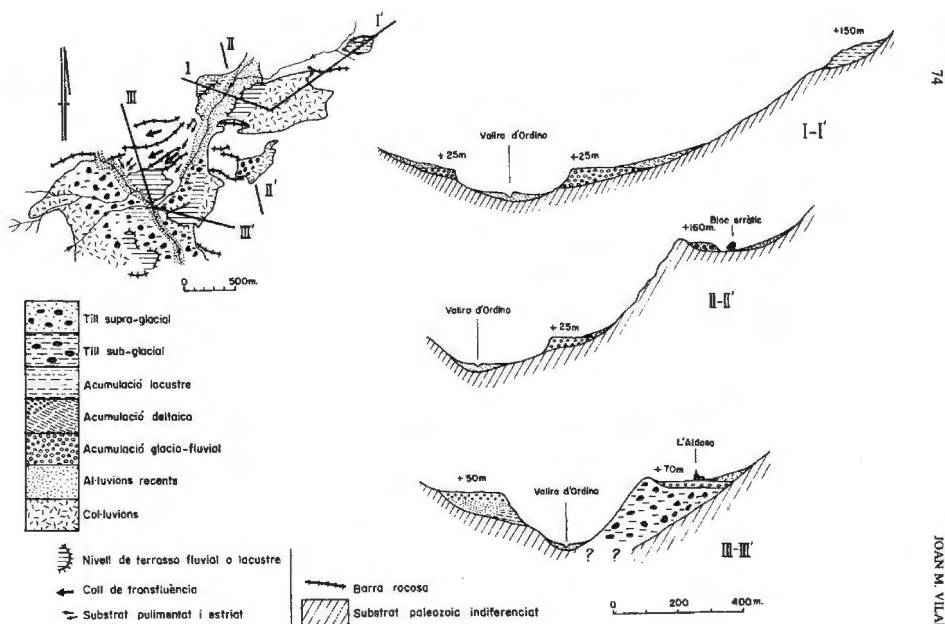


FIGURA 3  
Perfils i esquema geomorfològic de la cubeta de La Massana.

Figura d'en VILAPLANA (1985) on es mostren diferents perfils interpretatius de la cubeta de la Masana. La secció I-I' correspon a un perfil realitzat a la parròquia d'Ordino on es representen els sediments del fons de vall i els presents a Segudet interpretats per Joan Manel Vilaplana com materials formats a partir d'una obturació lateral de la glacera principal. La secció II-II' representa un perfil transversal a l'eix de la vall on es representen els sediments presents a La Gonarda i al fons de vall. L'última secció correspon a un perfil que comprèn el delta de Santa Caterina i la morrena de l'Aldosa.

JOAN M. VILAPLANA

Els primers esquemes geogràfics del Principat daten de la darreria del segle XVIII, amb un mapa a escala 1:60.000 de LENGELÉE (1777) i un altre de PUITG (1788) que aglutina la Cerdanya, el Pallars i l'Arieja. A mitjans del segle XIX, RIERA (1849) publica un mapa de les valls d'Andorra a escala 1:117.000, contemporani a la primera topografia espanyola amb triangulació moderna que substituïa l'*Atlas topográfico de España* de Tomás López publicat al 1810 (MARTÍ, 1994, pàg. 95). No és fins a finals del s. XIX que es publica un nou mapa del Principat realitzat per DEREVELL (1889) a escala 1:80.000, mentre que al país veí des de 1868 es duia a terme el mapa topogràfic d'Espanya a escala 1:50.000.

Pel que fa referència a la *Carte géologique détaillée de la France* s'aglutinen sectors andorrans vinculats a l'Ariege, com és el de MUSSY (1870), ROUSSEL (1906), BERTRAND et al. (1912) i MENGEL (1913) a finals del s.XIX i principis del XX.

Pel que fa referència al *Mapa Geológico de España*, segueix una evolució semblant a realització d'estudis topogràfics en aquest país. La cartografia geològica s'inicià al 1849 a escala 1:400.000 d'una forma letàrgica. Al 1870 fou novament impulsada per M. Fernández de Castro (MARTÍ, 1994, pàg. 94) i culminà en l'edició del mapa geològic en setze fulls entre 1889 i 1892. Les províncies catalanes van ser estudiades per Lluís M<sup>a</sup> Vidal (Lleida i Girona), Lucas Mallada (Tarragona), Josep Mureta i Silví Thos (Barcelona). Aquest últim autor fou el que realitzà una obra de marcada referència minero-geològica al Principat (THOS, 1884 i 1885a i b).

Cal fer esment que moltes de les referències sobre la geologia del Principat existents al segle XIX, tenen un caràcter marcadament



Sector de la Margineda des del Roc d'Enclar. Per observar-se l'espada del Roc de Parsoma que tanca la vall d'Andorra la Vella. Al peu del Roc de Parsoma es troba situada la morrena terminal de la glacera de NUSSBAUM (1934). Fotografia per Valentí Turu.

econòmic des del punt de vista de l'explotació dels recursos minerals del país, sobretot de la mena de ferro que estava relacionada amb l'obtenció de ferro dolç pel procés conegut com el de Farga Catalana i que ha estat estudiat de forma recent al Principat per SOLANS et al. (1993) i MAS (1993).

El camp de la mineralogia i la geologia d'Andorra fou tractat per primer cop per Silví Thos i Codina. A la dècada de 1930 CLOSAS (1934) realitza un primer recull de localitats sobre els diferents minerals existents al Principat. El següent inventari de minerals presents a Andorra el realitza MATA (1984) i finalment els treballs de TURU (1994b), TURU i RIBES (1992a i 1992b), TURU (1994c), TURU i COLOMER (1994) des d'un prisma arqueològic. Actualment s'estan duent a terme diferents estudis específics sobre mineralitzacions amb interès econòmic per l'escola de Barcelona, com són AYORA et al. (1990), SOLER (1990), ESPINOLA et al. (1996); aquest últim treball dirigit des de la secció de geologia de l'Institut d'Estudis Andorrans de Barcelona. La cartografia geològica més actualitzada del Principat d'Andorra es deu al BRGM francès (BESSON, 1992), que constitueix bàsicament un mapa de síntesi de la cartografia existent a finals del segle XX a escala 1:50.000 i que està continguda en el full 256 de l'Hospitalet a escala 1:80.000. Aquesta cartografia es basa en els treballs de H. J. Zwart, G.W. VERSPYCK (1965) i J.J.A. Hartevelt per la gran part dels materials de baix i mig grau metamòrfic del territori andorrà, E. Raguin i J.P. Destombes amb l'ajut de la cartografia de Van der Eeckhout pel sector més septentrional del Principat (Arcalis, Rialb, Ransol, Vall d'Incles), A. Autran pels seus estudis sobre les intrusions granodiorítiques i R. Vyain per una fotointerpretació de les formacions superficials i els accidents tectònics més destacats.

A partir de la síntesi de Maurice Besson hom s'assabenta que les bases de la cartografia geològica andorrana foren assentades per l'escola Holandesa (ZWART, 1965 i HARTEVELT, 1970) a les dècades dels anys 1960 i 1970. De forma contemporània Noel LLOPIS LLADÓ (1967a i b) va efectuar la cartografia del Principat a escala 1:25.000, cartografia que ha estat molt poc difosa i sense seguidors, ja que l'autor de la mateixa va morir de forma prematura en un accident.

De forma recent, s'han desenvolupat diferents tesis de llicenciatura i doctorals des de la universitat Autònoma de Barcelona al Principat sobre els materials Paleozoics com són els treballs d'Oriol BOU (1988) al dom de la Rabassa i d'Ignasi CAPELLÀ (1988) en l'estructura del sinclinal de Llavorsí entre els rius Civís i Valira. Ignasi Capellà ha continuat els seus estudis sobre la deformació dels materials del Paleozoic, realitzant finalment la tesi sobre la variació de l'estil estructural al Pirineu central i oriental (CAPELLÀ, 1991), amb la publicació de CARRERAS i CAPELLÀ (1994) i CAPELLÀ (1997).

Des de la universitat Central de Barcelona POBLET (1987 i 1990) també estudia el sinclinal de Llavorsí al sector occidental del Principat, Alt Urgell i Pallars Sobirà, amb publicacions com CASAS i POBLET (1989) i POBLET i ENRIQUE (1990). El sector meridional del Principat ha estat estudiat per SOLER (1990), amb especial èmfasi en el contacte entre el cos intrusiu d'Andorra-Montlluís i el Paleozoic amb la publicació de SOLER i ENRIQUE (1989), SOLER i AYORA (1991), CARDELLACH et al. (1992). Tant Josep Poblet com Albert So-

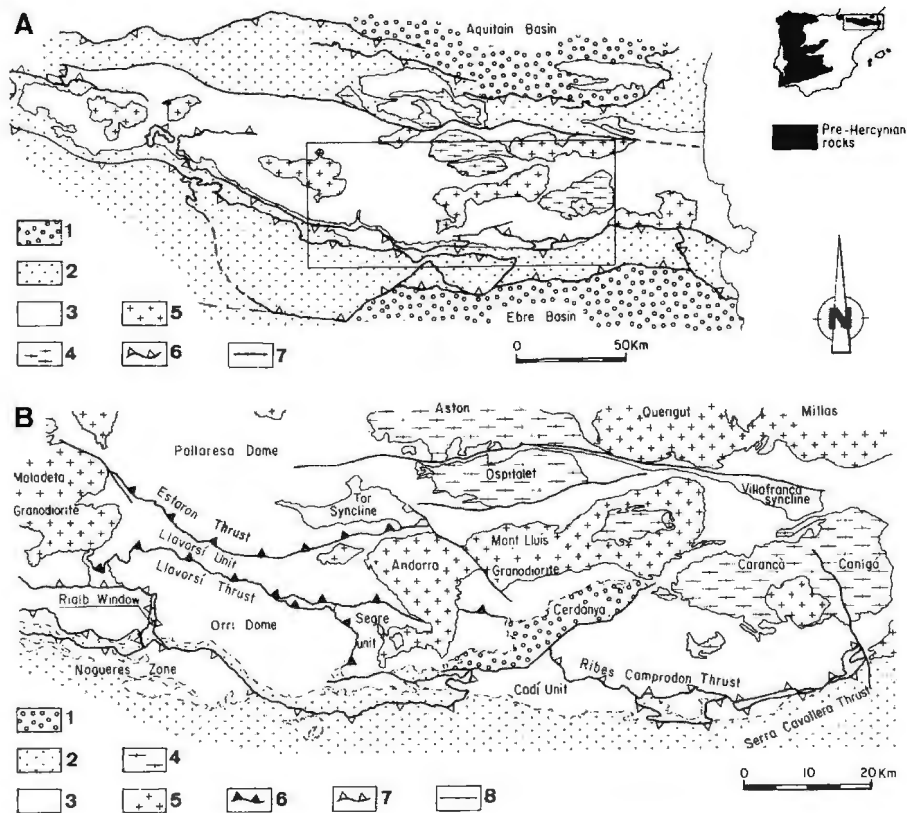


FIG. 1. — Structural sketch of the Central and Eastern Pyrenees.

A : 1. Paleogene foreland basins; 2. allothonous cover; 3. sedimentary and metasedimentary pre-Hercynian rocks; 4. gneiss; 5. intrusive granodiorites and related igneous rocks; 6. Alpine thrusts; 7. faults.  
 B : 1. Neogene; 2. post-Hercynian rocks; 3. sedimentary and metasedimentary pre-Hercynian rocks; 4. gneiss; 5. intrusive granodiorites and related igneous rocks; 6. Hercynian thrusts; 7. Alpine thrusts; 8. faults.

FIG. 1. — Schéma structural des Pyrénées orientales et centrales.

A : 1. bassins paléogènes d'avant-pays; 2. couverture allochtone; 3. matériaux pré-hercynien sédimentaire et métasédimentaire; 4. gneiss; 5 : granitoïdes intrusifs et roches magmatiques associées; 6. chevauchements alpins; 7. failles.  
 B : 1. Néogène; 2. matériaux post-hercyniens; 3. matériaux pré-hercyniens sédimentaires et métasédimentaires; 4. gneiss; 5. granitoïdes intrusifs et roches magmatiques associées; 6. chevauchements hercyniens; 7. chevauchements alpins; 8. failles.

Figura de CASAS et al. (1989) on es mostra la cartografia del Pirineu anomenat «axial» en el seu sector meridional, on s'observa la distribució dels materials més antics al nord i els més moderns al sud, juntament amb la situació dels batòlits granítics s.l. El Principat es situa entre el massís de l'Hospitalet i la unitat del Segre. L'estructura geològica d'Andorra està formada per una sèrie d'anticlinals (dom de la Rabassa, anticlinal de la Massana i l'Ospitalet, on en aquest últim indret afloren els materials més antics) i, sinclinals (unitat de Llavorsí de Tor). Aquests materials van ser intruïts per batòlits granodiorítics com el d'Andorra-Mont Llúis, a finals de l'orogènia Herciniana.

ler i altres autors publiquen en CASAS et al. (1989) sobre la disposició estructural dels materials Paleozoics en el sector meridional d'Andorra, Pallars i Cerdanya.

Per altra banda, també des de la universitat Central de Barcelona, Jordi CIRÉS (1986) i Gemma ALÍAS (1990) estudien el sector septentrional d'Andorra, les estructures dòmiques dels massissos de l'Aston i l'Ospitalet. En ALÍAS I CIRÉS (1994) es pot trobar un resum dels seus estudis. Aquests últims autors també han tractat l'anticlinal de La Massana CIRÉS et al. (1990) i han publicat temes específics del seu sector de tesi en CARRERAS i CIRÉS (1986) i ALÍAS i LIESA (1992).

Com a resum de la història geològica d'Andorra es pot dir que el substrat rocós és format per materials pre-hercynians, que han estat afectats per la tectònica i el metamorfisme regional, generat en l'orogènia Herciniana fa 320 milions d'anys (ma.). Aquest metamorfisme regional és més intens en la part nord del Principat que en la part sud del mateix. La litologia que presenten els materials pre-hercynians a Andorra pot ser silicatada o calcosilicatada. L'edat dels materials silicatats comprèn el Cambrià, l'Ordovicià i el Silurià (600-400 ma.), així com també el Carbonífer pre-Hercinià (350-320 ma.), mentre que els calcosilicatats queden compresos dins del Devonià (400-350 ma.). Tots aquests materials pertanyen a l'era Primària o Paleozoica. Als finals de l'orogènia Herciniana, entre el Carbonífer superior (fins al Permià inferior (318-290 ma.), una sèrie de materials magmàtics de composició granítica i granodiorítica intrueixen als materials Paleozoics, per formar batòlits de dimensions (decaquilomètriques. Posteriorment l'orogènia Alpina (65 ma.) fou la responsable de l'aixecament de la serralada Pirinenca. La progressiva elevació dels materials que formen el substrat del Principat fou el producte d'una tectònica compressiva, que produí el lliscament de la majoria dels sediments dipositats entre els

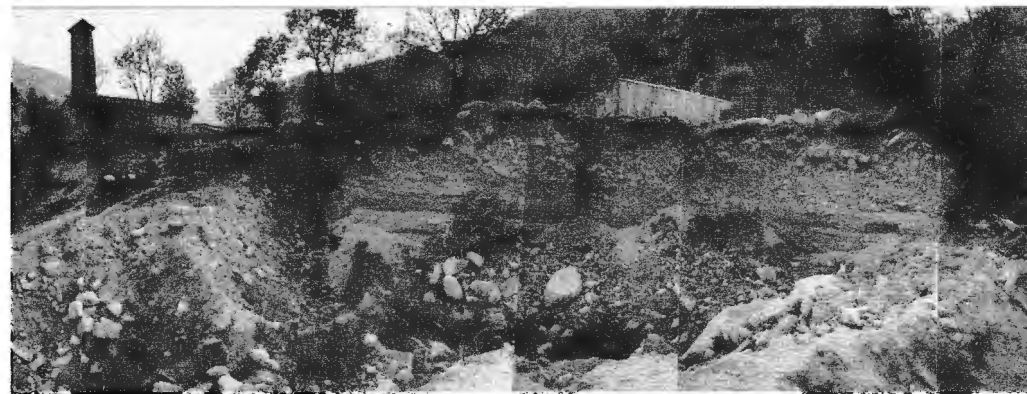
320 i 65 ma., per formar els pre-Pirineus. Seguidament, el règim tectònic passa a ser distensiu i es forma la depressió de la Cerdanya i la depressió de la Seu d'Urgell, ambdues d'edat Neògena.

Finalment, els processos erosius externs modelen el relleu generat per l'orogènia Alpina. El procés que més ha influït en les actuals formes de les valls andorranes ha estat, sens dubte, el gel de les diferents glaciacions quaternàries.

Si bé gairebé tothom està d'acord amb aquesta evolució, sí que existeixen discrepàncies en els orígens d'aquesta història geològica, tant pel que fa a l'orogènia hercyniana com a l'alpina. No obstant, al sector conegut antigament com Pirineu axial, la discussió se centra bàsicament en l'origen i evolució de l'orogènia hercyniana. Els defensors d'una i altra postura es poden dividir per escoles que de forma tradicional han estudiat el Pirineu.

Seguint les idees de JULIVERT (1986) de l'escola Catalana, la serralada Herciniana, per les seves dimensions, era perfectament comparable a les grans serralades actuals (Andes, Alps, Himàlaia), i això només es pot copsar si es mira a escala continental. Al continent Europeu es reconeixen fragments d'aquesta serralada en els orògens alpins, com els Alps, Pirineus, les Bètiques, amb la sobreimposició de la deformació alpina, i en l'Europa estable (Massís Central Francès, Massís Hespèric, Massís Renà, massissos Mancelià i Domnonià) sense cap modificació substancial des del final de l'Era Paleozoica. El relleu de la serralada que es va formar com a conseqüència del cicle Hercinià, va quedar totalment erosionada a finals del Paleozoic. A l'inici de l'Era Mesozoica, es produí la segmentació dels continents, per un sistema de horsts i grabbens, semblants al sistema actual del rift d'Àfrica Oriental, a escala crustal, i es formà un oceà entre els continents segmentats (Oceà Atlàntic).

Per imaginar-se el traçat de la serralada Herciniana, cal retornar els diferents blocs continentals a la seva posició que tenien al



Fotomicroscòpia d'un aflorament de sediments existents a Santa Coloma i que van ser citats per primer cop per NUSSBAUM (1956). A la present fotografia es poden observar uns sediments llitsats a la base del talús que corresponen als materials fluvio-torrencials de NUSSBAUM (1956). Per sobre s'identifica una capa de granulometria grollera sense estructures sedimentàries, capa que ha estat interpretada per NUSSBAUM (1956) com un sediment morrènic. La capa inferior ha estat estudiada des d'un punt de vista sedimentològic per l'autor, arribant a la conclusió que aquests materials són glàciofluvials i els aporits detrítics provenen d'una conca on la litologia predominant és la ignea (vall del Madriu, Valira d'Orient). Aquest fet implica que la vall de la Valira del Nord deuria estar obstruïda en el moment de la sedimentació de la capa inferior. Fotografia per Valenti Turu.

J.-M. CASAS, F. DOMINGO, J. POBLET & A. SOLER

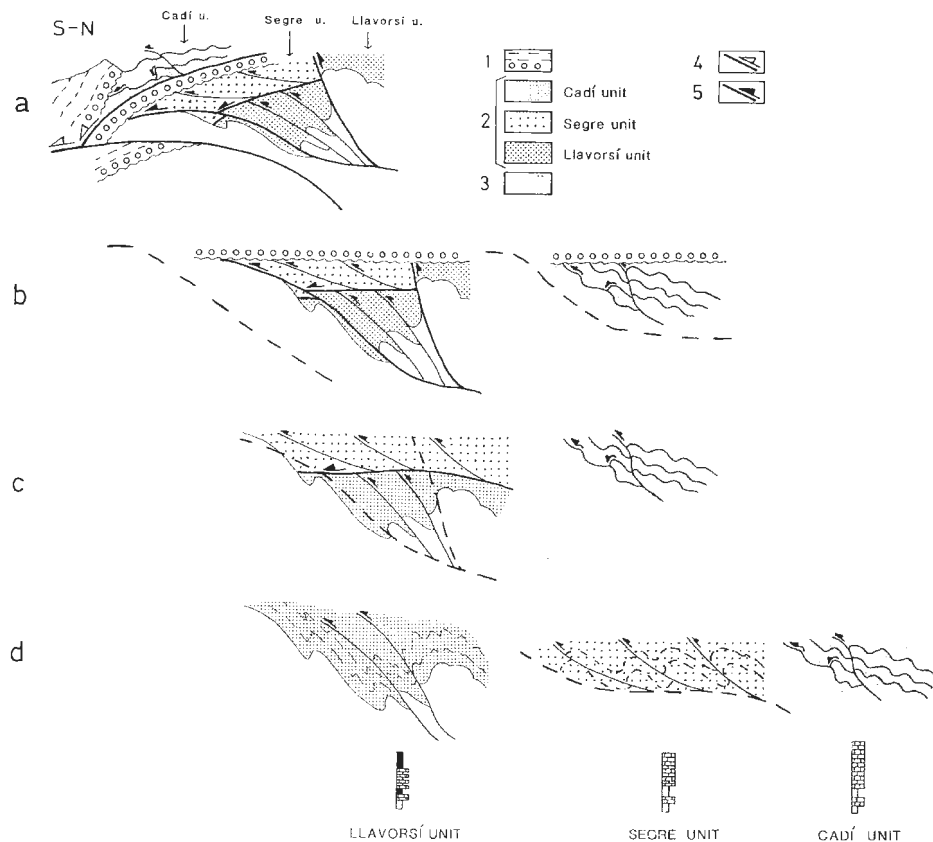


FIG. 13. — Conceptual cross-sections illustrating the structural relationships between the Cadi, Segre and Llavorsí units.

1. Post-Hercynian rocks; 2. Silurian, Devonian and pre-Hercynian Carboniferous; 3. Upper Ordovician and Cambro-Ordovician; 4. Alpine thrusts; 5. Hercynian thrusts.

FIG. 13. — Coupes géologiques conceptuelles montrant les relations structurales entre les unités du Cadi, Segre et Llavorsí.

1. Matériaux post-hercyniens; 2. Silurien, Dévonien et Carbonifère pré-hercynien; 3. Ordovicien supérieur et Cambro-Ordovicien; 4. Chevauchements alpins; 5. Chevauchements hercyniens.

Figura d'en CASAS et al. (1989) on es mostren els passos de deformació dels materials de la zona Axial del Pirineu a partir de l'orogènia Herciniana i Alpina. La primera figura (a) representa l'estat del sector meridional a finals de l'orogènia Alpina, on es pot observar una sèrie d'escates encavalcants de diferents edats i un efecte de «tilting» cap al sud de tota l'estructura produïda per l'última orogènia. A la segona figura (b) s'esgrimeix l'erosió dels materials de la serralada Herciniana i la sedimentació dels materials Mesozoics i del Paleozoic superior post-Hercinians. A la tercera figura (c) es mostren els encavalcaments produïts a l'orogènia Herciniana després de que aquests materials hagin estat plegats en els primers estadis orogènics (figura d).

final del Paleozoic; així la restitució més important que cal fer és el tancament de l'Atlàntic, a fi de col·locar Amèrica del Nord i del Sud adjacents a Europa i Àfrica respectivament. A Europa, la serralada continua amb un traçat subrectilini des del Massís de Bohèmia cap a l'oest, a través del Massís esquistos Renà, Selva Negra, Vosges, Odenwald, fins al Massís Central francès, al Massís Armoricà, i massís Hespèric on la Serralada Herciniana gira i pren la forma d'un gran arc, que ha estat anomenat Iberoarmoricà. Aquest arc és comparable als arcs que descriuen les serralades més modernes del sistema alpí, tals com l'arc dels Càrpats orientals, Carpatobalcànic, el de Gibraltar o bé el dels Alps marítims. Des del Massís de Bohèmia cap a l'est, la Serralada possiblement formà un arc simètric a l'arc Iberoarmoricà, fins enllaçar amb els Urals, mentre que a l'extrem occidental d'Europa, al sud de la península Ibèrica, la Serralada Herciniana quedà tallada pel front bètic, i possiblement la Serralada dibuixés un altre arc en sentit contrari a l'Iberoarmoricà, que enllaçava amb les Mauritànides i els Apalatxes.

En l'evolució de la formació de la serralada, de forma simplificada, es poden diferenciar tres períodes: el primer, preorogènic, sense compressions importants; orogènic en sentit ampli, en què es produïren les deformacions, el metamorfisme i la intrusió dels granitoides; i tardiorogènic, en el qual la serralada, ja constituïda, fou simplement destruïda d'una manera progressiva per l'erosió. Durant el temps preorogènic tingué lloc una complexa sedimentació, en general de poca fondària, i ocorregueren diversos episodis de vulcanisme. La dinàmica de l'escorça durant aquest temps fou probablement controlada per processos extensius, que donà lloc als events volcànics comentats, i a la intrusió de granitoides. El període orogènic començà amb els primers signes de compressió, que en el Massís Hespèric es detecten a partir del Carbonífer, però en el Massís Central francès començà a partir del Devonian. El desenvolupament de l'orogènia es caracteritzà per una successió de fases de deformació, juntament amb el metamorfisme, que afectà solament les zones internes de la serralada i la intrusió de granitoides. En línies generals, a la serralada hi ha un grup de «granitoides vells», intruïts després de la primera fase de deformació, però anteriors a les fases tardanes, en nivells on el metamorfisme regional era alt i un grup de «granitoides joves», intruïts posteriorment a les últimes deformacions, que van arribar a nivells més superficials en l'escorça. Des d'un punt de vista geoquímic, poden ser dividits en dos grups: a) el de granitoides calcoalcalins (essencialment granodiorites), d'origen profund, que es van intruir quan ja havia cessat el metamorfisme regional; b) un grup de granits de tendència alcalina (granits de dues miques), més somers que els anteriors, formats a partir de fusions en els nivells mitjans de l'escorça, gràcies a l'aportació calorífica que va provocar també el metamorfisme regional. A la Serralada Costanera Catalana i als Pirineus, els «granitoides joves» són els més abundants; únicament hi han granitoides vells en les Guilleries, en el nucli del dom del Canigó i en d'altres àrees d'alt grau metamòrfic, però en el Massís Hespèric ocupen grans extensions.

Pel que fa referència a les intrusions magmàtiques, per l'escola Catalana el quimisme calcoalcalí d'aquestes, típic de les zones on hi ha subducció de l'escorça oceànica per sota de l'escorça continental, ha portat a CARRERAS (1986) a pensar en la gene-

ració del magma d'aquests cossos intrusius per un tipus de procés subducciu, on hi ha una generació de magma bàsic en profunditat que puja per diferències de densitat i fon parcialment l'escorça continental, es barreja amb aquesta i produeix que el magma es torni més fèlsic. El model adoptat per JULIVERT (1986), JULIVERT i MARTINEZ (1987) i JULIVERT (1991), és el de que la serralada respon al model col·lisional, en un continent de l'Europa meridional hauria col·lisionat amb un continent nordeuropeu, ja que hi ha indicis de l'existència d'antics oceans tancats i velles zones de subducció que podrien situar-se en el canal de la Mànega, Galícia i prop de l'illa de Croix. Segons això, l'esquema seria més complex que el d'un sol oceà Mitjà Europeu tancat per la col·lisió dels continents que el limitaven. La Serralada Herciniana podria ser el resultat de l'evolució de tot un mosaic de microcontinents i àrees oceàniques de dimensions petites o mitjanes.

L'escola francesa de Montpellier, amb MATTE (1986), MATTE i MATTAUER (1987) i MATTE i BURG (1981) també pensen en el tancament d'un oceà per subducció. Aquests autors consideren que l'orogènia herciniana té un caràcter compressiu, típica d'un orògen de col·lisió. De fet, els estudis de VITRAC-MICHARD i ALLÈGRE (1975) revelen que el massís d'Andorra-Mont Lluís és el producte d'una barreja de material crustal (de caire fèlsic) i mantèl·lic (de caràcter bàsic). Els estudis de VIELZEUF i HOLLOWAY (1988) revelen que el 40% dels granitoides prové de la fusió de metasediments pelítics.

L'escola francesa de Tolosa, SOULA et al. (1986) i POUGET (1991) opinen que la formació d'aquests cossos és producte d'un procés diapíric que al fondre's l'escorça per l'anatèxia induïda per les intrusions de magma bàsic i ultrabàsic mantèl·lic, que per diferències de densitat es van intruir dins dels materials Paleozoics, van generar un metamorfisme regional que es va desenvolupar poc abans i durant l'estadi compressiu de màxima deformació.

L'escola anglesa, amb WICKHAM i OXBURGH (1985, 1986, 1987a i 1987b), proposen un *rifting* d'escala crustal, per explicar el metamorfisme de baixa pressió i alta temperatura típic de l'Herciniana dels Pirineus, acompanyat d'intrusions derivades de magmes mantèl·lics amb anatèxia crustal. Aquests autors consideren que l'orogènia herciniana és de caire distensiu, típic d'un abombament litosfèric que comporta un sistema de *riffs* en superfície, producte del gradient geotèrmic anòmal per influència dels magmes mantèl·lics.

L'escola Holandesa interpreta que les estructures deformatives del Pirineu Herciniana tenen el seu origen en una tectònica extensional, com són els estudis de Van den EECKHOUT (1986), Van den EECKHOUT i ZWART (1988), GIBSON (1991). Per aquests autors les zones profundes de la crosta herciniana que afluïren en els Pirineus, es van formar pel desenvolupament d'una zona de cisalla d'escala crustal, formada extensionalment; que és un model similar al proposat per WICKHAM i OXBURGH (1985 i 1986). Per VISSERS (1992) l'orogènia herciniana es desenvolupa en dos estadis: a) un primer estadi d'escurçament i engruïment crustal, reflexat pel desenvolupament d'encavalcaments i foliació sub-verticals de la supraestructura; i b) un estadi tardà amb el desenvolupament de *semigrabbens* per extensió crustal, amb la formació de les foliacions sub-horizontals de la



Vista de la vall de la Valira del Nord des de la carretera del Coll d'Ordino. En primer pla es pot observar la vila d'Ordino, sector que ha estat estudiat principalment per PRAT (1980) i VILAPLANA (1985). A partir d'aquest sector el front de la gelera d'Ordino va fer diferents avenços cap a la conca de La Massana, tal com descriuen TURU i BORDONAU (1997). Fotografia per Valentí Turu.

infraestructura, els doms metamòrfics (Aston i l'Hospitalet), separats per cisalles d'escala crustal. Aquestes estructures es desenvolupen quan hi ha l'emplaçament massiu d'intrusions granodiorítiques, producte de la fusió i barreja de la crosta inferior. L'extensió va començar poc després de l'estadi de plegament dels materials Paleozoics, amb un aixecament quilomètric de l'escorça.

Per les escoles de Montpelier i Catalana, la reconstrucció del cinturó orogènic en el SO d'Europa sembla inconsistent amb la idea d'una extensió conduïda per forces externes a la crosta Pirinenca.

Per a l'escola Holandesa amb VISSERS (1992), les dades estructurals, la natura del metamorfisme (alta temperatura i baixa pressió), la magnitud de l'aixecament (10 Km segons els models geofísics), les extenses intrusions de granodiorites, i les intercalacions basalto-andesítiques dins dels sediments continentals de semigrabens, indica un colapse gravitatori d'una gran columna litosfèrica en el mantell.

Una vegada arribats a aquest punt s'arriba a la conclusió que els estudis sobre la geologia i la geomorfologia al Pirineu i, per extensió al Principat, estan en plena evolució, amb una dialèctica candent a partir dels estudis de diferents universitats. A poc a poc Andorra va prenent consciència de la seva riquesa natural i comença a ser estudiada per gent d'aquí, no obstant encara cal estructurar i canalitzar aquests estudis si es vol garantir un bon resultat dels mateixos i difondre la informació de forma local i globalment alhora.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALÍAS, G. (1990) EL METAMORFISME REGIONAL HERCINIÀ DEL SECTOR SW DELS MASSISSOS DE L'ASTON I DE L'OSPITALET (PIRINEU CENTRAL). Tesi de Llicenciatura, Universitat de Barcelona (inèdita), 118pp
- ALÍAS, G. i LIESA, M. (1992) *Secuencia de reacciones metamórficas en las rocas de grado medio (zona and-st-cl) del extremo SO de los macizos del Aston y del Hospitalet (Pirineo Central)*; ACTAS DEL III CONGR. GEOL. DE ESPAÑA Y VII CONGR. LATINOAM. DE GEOL. SIMPOSIOS, t. 2, 19-28
- ALÍAS, G. i CIRÉS, J. (1994) Geologia del basament hercinià del NW d'Andorra; *Annals 1992 de l'Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona, 61-85
- AYORA, C.; CARDELLACH, E. i DELGADO, J. (1990) Gold-bearing hedenbergite skarns from the SW contact of the Andorra granite (Central Pyrenees, Spain); *Mineral Deposita*, 25S, 59-68
- BECAI, J. (1978) MAPA GEOMORFOLÒGIC, 1:15.000, CASAMANYA, SEGUR, COMA OBAGA; Institut d'Estudis Andorrans, Perpinyà
- BERTRAND, L.; MENGEL, O. i LONGCHAMON, M. (1912) FEUILLE L'HOSPITALET N° 256. DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE AU 80.000<sup>e</sup> ET NOTICE EXPLICATIVE. Escala 1:80.000, Paris
- BERNARD, L. (1987) RECERQUES GEOMORFOLÒGIQUES SOBRE ELS PLANS DEL SUD D'ANDORRA; Institut d'Estudis Andorrans, Perpinyà, 126 pp
- BESSON, M. (1992) CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE (1:50.000), FEUILLE FONTARGENTE (1093); BRGM. Notice explicative

- de BESSON, M. avec la collaboration de SOULÉ J.C., Orleans, 35 pp
- BLADÉ, J.F. (1875) ÉTUDES GÉOGRAPHIQUES SUR LA VALLÉE D'ANDORRE.. Universelle, Paris, 97 pp
- BORDONAU, J. (1992) ELS COMPLEXOS GLÀCIO-LACUSTRES RELACIONATS AMB EL DARRER CICLE GLACIAL ALS PIRINEUS, Geofirma, 251pp, Logroño
- BOU, O. (1988) LA ESTRUCTURA GEOLÒGICA DEL DOM DE LA RABASSA: PIRINEU CENTRAL, ANDORRA/CATALUNYA; Tesi de Llicenciatura, Facultat de Ciències, Secció de Geologia (Inèdita), 132 pp
- CAPELLÀ, I. (1988) ESTUDI ESTRUCTURAL DEL SINCLINAL DE LLAVORÍS ENTRE ELS RIUS CIVIS I VALIRA (ANDORRA-LEIDA); Tesi de Llicenciatura de la Facultat de Ciències, secció de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (Inèdita), 104 pp
- CAPELLÀ, I. (1991) VARIACIÓ DE L'ESTIL ESTRUCTURAL A L'HERCINIÀ DEL PIRINEU. INFRAESTRUCTURA-ZONA DE TRANSICIÓ-SUPRAESTRUCTURA; Tesi doctoral, Facultat de Ciències, secció de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (Inèdita), 160 pp
- CAPELLÀ, I. (1997) Strain analysis in the Axial Zone of the Variscan Basement of the Pyrenees; *Geologie en Mijnbouw*, 75, 361-371
- CARDELLACH, E.; AYORA, C.; SOLER, A. i DELGADO, J. (1992) The origin of fluids involved in the formation of gold-bearing skarns of the Andorra granite (Central Pyrenees, Spain): sulfur isotope data; *Mineralogy and Petrology*, 45, 181-193
- CARRERAS, J. (1986) *Els granitoides hercínians i les roques filonians associades*; GEOLOGIA I HISTÒRIA NATURAL DELS PAÏSOS CATALANS. Enciclopèdia Catalana (Ed.), Barcelona, 154-157
- CARRERAS, J. i CIRÉS, J. (1986) The geological significance of the western termination of the Merens fault at Port Vell (Central Pyrenees); *Tectonophysics*, 129, 99-114
- CARRERAS, J. i CAPELLÀ, I. (1994) Tectonic levels in the Paleozoic basement of the Pyrenees: a review and new interpretation; *Journal of Structural Geology*, V.16, N. 11, 1509-1524
- CASAS, J.M.; DOMINGO, F.; POBLET, J.; SOLER, A. (1989) On the role of the Hercynian and Alpine thrusts in the Upper Paleozoic rocks of the Central and Eastern Pyrenees; *Geodinamica Acta*, (3), 2, 135-147
- CASAS, J.M. i POBLET, J. (1989) Essai de restitution de la déformation

(Continua a la pàgina 23)

(Continua de la pàgina 11)

dans une zone avec plis et chevauchements: le «sinclinal de Llavorsins», dans les Pyrénées centrales (Espagne); *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, série II, 427-433

CASAS, J.M.; DOMINGO, F.; POBLET, J. i SOLER, A. (1989) On the role of the Hercynian and Alpine thrusts in the upper Paleozoic rocks of the Central and Eastern Pyrenees; *Geodinamica Acta*, 3, 2, 135-147

CHEVALIER, M. (1906) Sur les glaciers Pleistocènes dans les vallées d'Andorre; *Cte. R. Acad. Sciences*, T. XLI, 662-663

CHEVALIER, M. (1907) Les glaciers Pleistocènes dans les Vallées d'Andorre; *Rev. Scientifique (rev. rose)*, N° 23, T. VII, 501-502

CHEVALIER, M. (1924) Contribution à l'étude des Pyrénées. Note sur les terrains Néogènes des Vallées du Valira, *Bull. de la I.C.H.N.*, Vol. IV, N° 9, 177-190

CHEVALIER, M. (1925a) ANDORRA. Ed. Dardel, 106 pp, Chambéry

CHEVALIER, M. (1925b) CARTE TOPOGRAPHIQUE D'ANDORRA. Escala 1:40.000

CHEVALIER, M. (1926) Essai sur la physiographie de la Catalogne. Les formes topographiques et leurs relations avec la structure géologique. Leur évolution pendant les temps quaternaires, *Bull. I.C.H.N.*, Vol. XXVI, 25-41

CIRÉS, J. (1986) ESTUDI DELS TERRENYS METAMÓRFICS DE L'ACABAMENT OCCIDENTAL DELS MASSISSOS DE L'ASTON I DE L'HOSPITALET. I DE LA SEVA RELACIÓ AMB LA FAIXA MIL·LONÍTICA DE MERENS (EL SERRAT, ANDORRA). Tesi de Llicenciatura de la Universitat de Barcelona (Inèdita), 91 pp

CIRÉS, J.; ALÍAS, G.; POBLET, J.; CASAS, J.M.; (1990) La estructura del anticlinal de La Massana (Hercinico del Pirineo central); *Geogaceta*, (8), 42-44

CLOSAS, J. (1934) Dades per a la mineralogia d'Andorra; *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, T. XXXIV, 240-248

DALLONI, M. (1930) Étude géologique des Pyrénées Catalanes. *Ann. Fac. Scien. Marseille*, T. XXVI, Fasc. III, Vol. I, 373 pp

DEREVELL, F.H. (1889) Carte topographique. Escala 1:80.000

van den EECKHOUT, B. (1986) A case study of a mantled gneiss antiform, the Hospitalet massif, Pyrenees (Andorra, France); *Geologica Ultraiectina*, (45), 196 pp

van den EECKHOUT, B. i ZWART, H.J. (1988) Hercynian crustal-scale extensional shear zone in the Pyrenees, *Geology*, (16), 135-138

ESPINOLA, M.R.; SOLER, A. i ARCOS, D. (1996) Las mineralizaciones de wolframio asociadas a la granodiorita de Santa Coloma (Andorra); *Geogaceta*, 20 (7), 1586-1589

ESTEBAN, A. (1994) Primeres dades sobre l'evolució de la vegetació a la vall del Madriu durant l'Holocene superior; *Annals 1993 de l'Institut d'Estudis Andorrans*; Barcelona

FONTBOTÉ, J.M.; SOLÉ, L. y ALIMEN, H. (1957) LIVRET GUIDE DE L'EXCURSION NORD PYRÉNÉES, V<sup>ème</sup> Com. Intr. INQUA, 107 pp, Barcelona

GIBSON, R. L. (1991) Hercynian low-pressure-high-temperature regional metamorphism and subhorizontal foliation development in the Canigou massif, Pyrenees, France - Evidence for crustal extension; *Geology*, (19), 380-383

GIRONELLA, A. (1990) Estudi geomorfològic previ de la vall dels Cortals d'Encamp; *Annals 1990 de l'Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona, 35-50

GIRONELLA, A. (1992) La incidència dels principals elements climàtics en el modelat: el cas de la conca dels Cortals d'Encamp (Andorra); *Annals 1991 de l'Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona, 29 - 48

GÓMEZ, A. (1980) ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DEL PIRINEO CATALÁN: MORFOGÉNESIS GLACIAL Y PERIGLACIAL DE LOS ALTOS NIVELES Y VERTIENTES MERIDIONALES DE LOS MACIZOS DE CALMQUERDÓS, TOSSA PLANA DE LLÉS Y PORT NEGRE (CERDANYA-ALT URGELL); Tesi del Departament de Geografia de la Universitat de Barcelona.

GÓMEZ, A. (1990) Mapa geomorfològic de la vall del Madriu; For-

mes glacials i periglacial; *Annals 1990 de l'Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona, 13-34

GÓMEZ, A. i VILÀ, V. (1994) L'aportació científica de Salvador Llobet al coneixement geogràfic d'Andorra; *Annals 1992 de l'Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona, 13-41

GÓMEZ, A. (1996) EL RELLEU ANDORRÀ, MORFOLOGIA GLACIAL I PERIGLACIAR; Monografies de geografia, T. III, 125 pp

HARTEVELT, J.J.A. (1970) Geology of the upper Segre and Valira valleys Central Pyrenees, Andorra/Spain. Sheet 10, *Leidsche Geol. Med.*, 45, 167-236

IMBRIE, J. i IMBRIE, K.P. (1994) ICE AGES. SOLVING THE MYSTERY; Harvard University Press, London, 224pp

JULIVERT, M. (1986) *La serrallada Hercínica*; HISTÒRIA NATURAL DELS PAÏSOS CATALANS. Geologia I. Enciclopèdia Catalana (Ed.), Barcelona, 97-109

JULIVERT, M. i MARTINEZ J.P. (1987) *The structure and evolution of the Hercynian fold belt in the Iberian peninsula*; THE ANATOMY OF MOUNTAINS BELTS; Princeton University Press, SCHAEER, J.P. i RODGERS, J. (Eds.), 65-103

JULIVERT, M. (1991) La problemàtica de los orógenos preMesozoicos, con especial referencia a la Cordillera Herciniana; *Mem. de la R. Acad. de Ciencias y Artes de Barcelona*, Tercera época, 898, Vol. L, (16), 645-703

LENGELÉE (1777) CARTE GEOGRAPHIQUE DE LA VALLÉE D'ANDORRE, Escala 1:60.000

LOBET, S. (1947) EL MEDIO Y LA VIDA EN ANDORRA, ESTUDIO GEOGRÁFICO, CSIC Inst. Juan Sebastián Elcano-Estación de estudios pirineicos, 347 pp, Barcelona

LLOPIS, N. (1967a) MAPAGEOLÓGICO DE ANDORRA, CSIC Inst. Geol. Econ., hoja IV, escala 1:25.000, Madrid

LLOPIS, N. (1967b) MAPA GEOLÓGICO DE ANDORRA, Escala 1:25.000; Real Ac. de Ciencias y bellas Artes de Barcelona. Núm. IV, V i VIII, Barcelona

MAS, D. (1993) *Evolució de la indústria metal·lúrgica de les Valls d'Andorra*; ACTES DEL I SIMPOSI INTERNACIONAL SOBRE LA FARGA CATALANA; Ripoll 13-17 de setembre 1993, Andorra Govern (Eds.). Andorra la Vella

MARCTET, J. (1930) Las terrazas del NE de España; *Mem. R. Ac. de C. y A.*, T. XXII, n° 7, 129-174

MARTÍ, J. (1994) L'EXCURSIONISME CIENTÍFIC; Ed. Alta Fulla, Barcelona, 168 pp

MATA, J.M. (1984) Minerals de les Valls d'Andorra (Dades per a un inventari mineralògic); *Xaragall*, 6, 42 pp

MATEO, M. (1994) El sector sud-oriental de la vall del Madriu: el sistema de circs glacials; *Annals 1992 de l'Institut d'Estudis Andorrans*, Barcelona

MATTE, P. i BURG, J.P. (1981) Sutures, thrusts and nappes in the Variscan arc of western Europe: Plate tectonic implications; *Geol. Soc. Spec. Publ.*, (8), 353-358

MATTE, P. (1986) Tectonics and plate tectonics model for the Variscan belt of Europe; *Tectonophysics*, (126), 329-374

MATTE, P. i MATTAUER (1987) Hercynian orogeny in the Pyrenees was not a rifting event; *Nature*, (331), 739-740

MENGEL, O. (1913) Feuille de l'Hospitalet au 80.000<sup>e</sup>, Escala 1:80.000; *Bull. Soc. Géol. Fra.*, Com. Rend. Coll., T. XXII, n° 133, Paris, 159-164

MUSSY, M. (1870) CARTE GÉOLOGIQUE ET MINÉRALURGIQUE DU DÉPARTEMENT DE L'ARIÈGE AU 80.000<sup>e</sup>, Escala 1:80.000, Foix

NUSSBAUM, F. (1934) Die seen der Pyrenäen, *Mitt. Nat. Ges.*, 184 pp, Berna. (Traducció catalana de SOLÉ, L.: Els llacs dels Pirineus segons Nussbaum, *Bull. de la I.C.H.N.*, Vol. XXXVI, II<sup>nd</sup> trimestre, 107-115, Barcelona 1936)

NUSSBAUM, F. (1956) Observations morphologiques dans la region de la Noguera Pallaresa; Pirineos, any XII, números 39-42, 57-99

PANZER, W. (1926) Talentwicklung und eiszeitklima im nordöstlichen Spanien, *Abhand. den Senckenberg. Naturw. Ges.*, Bd. 39, Heft 2, 141-182

PANZER, W. (1927) Andorra; *Geographischer Anzeiger*, 28, Heft 3,

82-88  
PENCK, A. (1883) Die Eiszeit in der Pyrenäen, *Mitteilungen des Vereins für Erdkunde*, 163-231, Leipzig. (Traducció francesa de BRAEMER. L.: La période glaciare dans les Pyrénées. *B.S.M.N.*, XIX, 105-200. Toulouse 1885)  
PEÑA, J.L. (1994) *El macizo andorrano: GEOMORFOLOGIA DE ESPAÑA*; Ed. Rueda, 173-174  
PLÉE, E. (1983) CARTE GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA ZONE DES COLS PUYMORENS ET D'ENVALIRA. PYRÉNÉES ORIENTALES, 1:10.000; Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Géographie Physique H. Elhai de Nanterre; Université de Paris X  
POBLET, J. (1987) ESTUDI GEOLÒGIC DEL SECTOR CENTRAL DEL SINCLINAL DE LLAVORSÍ (PIRINEU CENTRAL). Tesi de Llicenciatura. Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (Inèdita). 163 pp  
POBLET, J. (1990) ESTRUCTURA HERCINIANA I ALPINA DEL VESSANT SUD DE LA ZONA AXIAL DEL PIRINEU CENTRAL; Tesi doctoral. Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (Inèdita). 604 pp  
POBLET, J. i ENRIQUE, P. (1990) Las rocas hipoabisales hercinianas y terdi-hercinianas del sector centro-oriental del sinclinal de Llavorsí (Pirineo Central); *Acta Geol. Hispanica*. Vol. 25. (3), 227-236  
POUGET, P. (1991) Hercynian tectonometamorphic evolution of Bosost dome (French-Spanish central Pyrenees); *Jour. Geol. Soc.* (148), 299-314  
PRAT, M.C. (1980) MONTAGNES ET VALLÉES D'ANDORRE. ÉTUDE GÉOMORPHOLOGIQUE, Thèse de III cycle, Inst. de Géogr. de la Univ. de Bord. III, 267 pp, Bordeaux  
PUIGDEFÀBREGAS, C.; SERRAT, D. i J.M. VILAPLANA (1979) *El medi geològic; EL PATRIMONI NATURAL D'ANDORRA*; Ed. Ketres, Barcelona, 15-51  
PUITG, A. (1788) CARTA GEOGRAPHICA DE LES VALLS NEUTRAS DE ANDORRA; PART DE CERDANYA; CONFINS DE PALLAS, Y DEL COMTAT DE FOIX, Escala gràfica  
RIERA, P. (1849) MAPA DE LOS VALLES DE ANDORRA, Escala 1:117000.  
ROUSSEL, J. (1906) Feuilles de Foix, l'Hospitalet et Prades au 80.000<sup>e</sup>, Escala 1:80.000; *BSGF, C. R. Coll.*, T. XVII, Núm. 115, Paris, 225-226  
SOLANS, J.; ROVIRA, C.; VILA, A.; TURU, V. i LLOVERA, X. (1993) *Metodologia interdisciplinària aplicada a la recerca paleosiderúrgica andorrana; ACTES DEL I SIMPOSI INTERNACIONAL SOBRE LA FARGA CATALANA*; Ripoll 13-17 de setembre 1993, Andorra Govern (Eds.), Andorra la Vella.  
SOLÉ SABARÍS, L. i LLOPIS LLADÓ, N. (1948) MAPA GEOLÒGIC DE ANDORRA; Instituto de Estudios Ilerdenses, 1:50.000  
SOLER, A. i ENRIQUE, P. (1989) La terminació sur-occidental del batolito de Andorra-Mont Lluis: característiques petrològiques i geoquímiques; *Acta Geol. Hisp.*, T.24, (2), 139-146  
SOLER, A. (1990) *Geologia i metalogenia del contacte sud del granit d'Andorra (Pirineu Central)*; Tesi Doctoral de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (Inèdita), 886 pp  
SOLER, A. i AYORA, C. (1991) *Gold bearing arsenopyrite bodies in skarns from l'Alt Urgell, Central Pyrenees, Spain*; SKARNS THEIR GENESIS AND METALLOGENY; Auguststuhli (De.) Teophrastus Publications, Athens, 227-251  
SOULA, J.C.; DEBAT, P.; DÉRAMOND, J.; GUCHEREAU, J.Y.; LAMOUREUX, C.; POUGET, P.; ROUX, L. (1986) Évolution structurale des ensembles métamorphiques, des gneiss et des granitoïdes dans les Pyrénées centrales; *Bull. Soc. géol. de France*, 8, II, (1), 79-93  
TAILLEFER, F. (1957) Glacière Pyrénéen. Versant Nord et versant sud; *Rev. Géogr. Pyr. et Sud-Ouest*, T. XXVIII, 221-224  
THOS, S. (1884) Reconocimiento físico-geológico-minero de los valles de Andorra; *Bol. Com. Mapa Geol. de España*, T. XI, 183-207  
THOS, S. (1885a) *Reconocimiento físico-geológico-minero de los valles de Andorra*; (MARIOL i LÓPEZ, Ed.), Barcelona, 94 pp  
THOS, S. (1885b) Nota aclaratoria sobre el croquis geológico de los valles de Andorra; *Butll. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 21-23

TURU, V. (1992) Secció estratigràfica de Sornàs; *Annals 1991 de l'Institut d'Estudis Andorrans*, Barcelona, 47 - 76  
TURU, V. (1994a) *Datos para la determinación de la máxima extensión glaciar en los valles de Andorra (Pirineo Central)*; GEOMORFOLOGÍA EN ESPAÑA, T 1, Logroño, 256 - 273  
TURU, V. (1994b) La mina de Llorts: Antecedents històrics i característiques geològiques; *Annals 1992 de l'Institut d'Estudis Andorrans*, Barcelona, 87-137  
TURU, V. (1994c) *El ferro a Sant Vicens d'Enclar*; ESTUDI GEOLÒGIC I GEOMORFOLÒGIC DE LA VALL D'ENCLAR, SERRA D'ENCLAR I EL ROC D'ENCLAR: PETROLOGIA, ESTRUCTURA, MODELAT I MINERALITZACIONS DE FERRO; (Inèdit), Patrimoni Cultural d'Andorra, Aixovall, 65-68  
TURU, V. (en premsa) *Interpretación genética de la unidad deformada en la sección estratigráfica de Sornàs: Un drumlin en los valles de la Valira del Nord*; ACTAS DE LA V REUNIÓN NACIONAL SOBRE GEOMORFOLOGIA, Granada 1998.  
TURU, V. i RIBES, M. (1992a) *ELS MENERS DE RANSOL*; (Inèdit), Patrimoni Artístic Nacional, Andorra la Vella, 85 pp  
TURU, V. i RIBES, M. (1992b) *LES MINES DE SEDORNET*; (Inèdit), Patrimoni Artístic Nacional, Andorra la Vella, 38pp  
TURU, V. i COLOMER, V. (1994) *INVENTARI DE MINES I MINERALITZACIONS DE FERRO, COURE I PLOM D'ANDORRA*, Informe intern del Patrimoni Artístic Nacional (Inèdit), Andorra la Vella. 63pp  
TURU, V.; BORDONAU, J. i J.M. VILAPLANA (1995) *La secció de Sornàs (Andorra, Pirineo Central)*; ACTAS DE LA III REUNIÓN DEL CUATERNARIO IBÉRICO, Coimbra, 209-213  
TURU, V. i BORDONAU, J. (1997) El glacialisme de les valls d'Andorra (Principat d'Andorra): Síntesi dels afloraments; *Annals 1995 de l'Institut d'Estudis Andorrans*, 41 -104  
VERSPYCK, G. W. (1965) The geology and petrology of the Artès-Siguer-Valira valleys, Aston-Hospitalet massif (France, Andorra); *Leidse Geol. Med.*, 33, 275-318  
VIELZEUF, D. i HOLLOWAY, J.R. (1988) Experimental determination of the fluid-absent melting relations in the pelitic system - Consequences for crustal differentiation; *Contrib. Mineral. Petrol.*, (98), 257-276  
VILAPLANA, J.M. i SERRAT, D. (1979) Els dipòsits d'origen glacial de la cubeta de La Massana-Ordino/ Andorra: Lluç significació paleo-geogràfica; *Acta. Geol. Hisp.* Vol. XIV homenatge al Dr. L. Solé i Sabaris, Barcelona, 433-440  
VILAPLANA, J.M. (1984) ESTUDI DEL GLACIALISME DE LES VALLS DEL VALIRA D'ORDINO I D'ARINSAL (ANDORRA); Institut d'Estudis Catalans, Arxiu secció de Ciències, LXXII, Barcelona 84 pp.  
VILAPLANA, J.M. (1985) Les fases glacials del Quaternari superior en el sector nord-oest del Pirineu Andorrà; *Rev. Inv. Geol.*, 41, 67-82  
VISSERS, R.L.M. (1992) Variscan extension in the Pyrenees; *Tectonics*, Vol. 11, (6), 1369-1384  
VITRAC-MICHARD, A.; i ALLÈGRE, A.; (1975) A study of the formation and history of a piece of continental crust by 87Rb-87Sr method; the case of the French oriental Pyrenees; *Contrib. Mineral. Petrol.*, (50), 257-285  
WICKHAM, S.M. i OXBURGH, E.R. (1985) Continental rifts as a setting for regional metamorphism; *Nature*, (318), 330-333  
WICKHAM, S.M. i OXBURGH, E.R. (1986) A rifted tectonic setting for hercynian high-thermal gradient metamorphism in the Pyrenees; *Tectonophysics*, (129), 53-69  
WICKHAM, S.M. i OXBURGH, E.R. (1987a) Low-pressure regional metamorphism in the Pyrenees and its implications for thermal evolution of rifted continental crust; *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. A* 321, 219-242  
WICKHAM, S.M. i OXBURGH, E.R. (1987b) Reply to: P. MATTE i M. MATTAUER, Hercynian orogeny in the Pyrenees was not a rifting event; *Nature*, (325), 739-740  
ZWART, H.J. (1965) Geological map of the central Pyrenees, sheet 6, (Aston, France, Andorra, Spain), Escala 1:50.000; *Leidse Geologische Mededelingen*, 33, 191-254




Foto pactada: Piz-zoig, per Pierre Cadiran

## Aigüerola

Butlletí de l'ASSOCIACIÓ PER A LA DEFENSA DE LA NATURA (ADN)

Número 9, febrer 1999

Editor:  
Associació per a la Defensa de la Natura (ADN)  
Aparat de correus espanyols nom, 86  
Andorra la Vella - Andorra  
Telefon: 843 248  
Fax: 843 248  
E-mail: adn@andorra.ad

Les opinions i els articles publicats dins el butlletí són els expressats pels seus autors i no corresponen necessàriament al punt de vista de l'Associació per a la Defensa de la Natura.

Dins l'apartat Opinió Crítica del Lector, l'ADN es reserva el dret d'acceptar els escrits que li siguin proposats. Els articles han d'indicar signats per l'autor, encara que sigui utilitzat un pseudònim en la publicació. L'autor ha d'indicar la seva adreça i el número de telèfon. Els autors conserven la total responsabilitat sobre les opinions emeses sota la seva signatura.

Tot material gràfic (fotografia o il·lustració) així com els textos i articles d'aquest butlletí no poden ser reproduïts totalment o parcialment sense l'autorització escrita de l'editor.

Tiratge: 200 exemplars, impresa en paper reciclable, impreso en Imprenta Solber  
Dipòsit legal: 146/94/37CD

# Sumari

Editorial .....	0
La geografia física d'Andorra des del punt de vista geològic i geomorfològic: EVOLUCIÓ DEL SEU CONEIXEMENT ....	2
<i>Valenti Turu i Michels</i>	
Conèixer la nostra fauna i flora: la marmota .....	12
<i>Marie-Jo Dubourg-Savage</i>	
Notícies .....	14
ACCIÓ, Activitats de l'ADN .....	16
Els micromamífers del vedat.reserva de Xixerella .....	18
<i>Alfons Raspall - Lluís Comas</i>	
Coves i avencs del Principat d'Andorra. Part 5. La Canya dels Moros d'Andorra .....	20
<i>Antoni López, Guillem Fornieles, David Mas</i>	
Els bolets .....	22
<i>Francesc Zamora</i>	
ACCIÓ JOVE: Passatemps .....	25
<i>E. Carmona</i>	

## Rectificació

A les notícies del passat Aigüerola (Núms. 7 i 8) feiem una afirmació inexacta. A la pàgina 12 assenyalàvem la necessitat d'exigir la instal·lació de depuradores als edificis grans. Doncs bé, aquesta obligació ja existeix a Andorra des de que es va aprovar el Reglament de control de les aigües residuals i de protecció de les aigües superficials. Aquest Reglament, aprovat el 18 de desembre de 1996 pel Govern i publicat al Butlletí Oficial del 27 de desembre de 1996, incorpora l'obligació per tots els edificis superiors a 300 equivalents habitants de disposar d'una depuració prèvia (Art. 10). És competència del Departament de Medi Ambient fixar en cada cas els nivells d'abocaments exigits en funció del context local.

Agraïm a la Sra. Silvia Calvo, Cap de servei de medi ambient, la possibilitat de fer aquesta matisació.

ADN