

PRINCIPALES CONTRIBUCIONES AL ESTUDIO DE LA DINAMICA GLACIAR Y PERIGLACIAR ANDORRANAS

Miguel Mateo García
Antonio Gómez Ortiz

Kataluniako Pirinioetako glaziarismoari buruzko zientzi lanak XIX. mendearen bukaera aldean abiatu ziren. Handik abiatu eta gure egunotaraino, izotzak moldatu dituen erliebeekiko Meres geomorfologikoa gero eta handiagoa izan da. Andorrari dagokionez, glaziarismo eta periglaziarismoari buruzko azterlanek bultzada handia izan zuten hirurogeita hamargarren urteetatik aurrera, batez ere metodo eta tekniken alorrean. Guzti horren fruitua glaziareen kronologia eta kartografia tematikoaren inguruko saioak dira.

Los trabajos científicos sobre el glaciario del Pirineo catalán se inician a finales del siglo XIX. A partir de entonces y hasta nuestros días, el interés geomorfológico por los relieves debidos al hielo han ido adquiriendo mayor interés. Por lo que respecta a Andorra, los estudios sobre glaciario y periglaciario conocen un gran impulso a partir de los años setenta, sobre todo, en cuanto a métodos y técnicas. Fruto de ello son los ensayos sobre cronología glaciario y cartografía temática.

C'est à la fin du XIXème siècle qu'on commence à réaliser des travaux scientifiques sur le glaciérisme des Pyrénées catalans. Depuis, et jusqu'à nos jours l'intérêt géomorphologique pour les reliefs formés par la glace n'a cessé d'augmenter, En ce qui concerne l'Andorre, les études de glaciérisme et de périglaciérisme connaissent un grand essor à partir des années soixante-dix particulièrement du point de vue des méthodes et des techniques. Les ouvrages sur la chronologie des glaciers et également ceux de cartographie thématique en sont le résultat.

La pérdida de un compañero siempre resulta triste. En el caso de Félix, si cabe, aún más.

El presente artículo, extracto de un capítulo de la futura tesis doctoral de uno de nosotros, cuya temática versa sobre la morfología derivada de los hielos pleistocenos en el valle del Madriu (Andorra), pretende poner de relieve la evolución de los estudios sobre glaciario y periglaciario andorranos. Para ello, se tienen en consideración las obras que, a nuestro juicio, han significado aportaciones destacadas en este campo disciplinar, poniéndose de relieve aquellos aspectos más relevantes. El período de estudio abarca algo más de un siglo, desde la aparición del trabajo de A. Penck, en 1883, hasta nuestros días.

Los trabajos de carácter científico que se han venido ocupando de la impronta glaciar pirenaica se inician a finales del siglo XIX, manteniéndose hasta nuestros días sin solución de continuidad. Por lo que respecta al ámbito del Pirineo catalán -región de las Nogueres, Andorra, Cerdanya y Ripollés- las investigaciones cobran un especial interés a partir de 1957, fecha en que se celebra en Barcelona-Madrid el Congreso Internacional de la INQUA. A partir de entonces, objetivos, metodología y técnicas conocen una profunda renovación. En el caso de Andorra, los temas morfológicos relacionados con el glaciario y periglaciario conocen un gran impulso a partir de la segunda mitad de la década de los setenta, gracias a la labor que se lleva a término desde determinados centros de investigación, entre los que destacan los pertenecientes a las universidades de Barcelona, Perpignan, Paris X-Nanterre y Burdeos, así como al Institut d'Estudis Andorrans.

EL INICIO DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE GLACIARISMO ANDORRANO. LA APORTACION DE A. PENCK

Las investigaciones sobre la morfología glaciar andorrana comienzan a tener interés a finales del siglo pasado y, quizá, la aportación más destaca corresponde a A. Penck quien en 1883, y con el título "Die eiszeit in den Pyrenäen", afronta el significado de los hielos en el Pirineo. El enfoque de la obra de Penck resulta muy interesante por cuanto ofrece una perspectiva general del conjunto de la acción glaciar pleistocena en el conjunto pirenaico. Después de hacer un repaso a las obras existentes sobre la temática, establece los grandes rasgos morfológicos así como su extensión. También determina la distinta intensidad de los periodos glaciares poniendo en evidencia los contrastes entre el glaciario de las vertientes septentrional y meridional. Presenta, además, las formas de terrazas escalonadas, que atribuye un origen glacial e interglacial, pues "a cada periodo de enfriamiento corresponde un

periodo de formación aluvial en los valles, o, recíprocamente, de cada fase aluvial se puede deducir un periodo glacial". A partir de estas observaciones deduce la existencia de tres fases glaciares e inicia con ello el criterio de correlación con la denominación empleada en los Alpes.

Con respecto a los valles andorranos, A. Penck, analiza los materiales acarreados por los glaciares y pone especial atención en situar el avance máximo del Valira, que lo establece en un arco morrénico frontal situado en un meandro del río, en el paraje de la Margineda, a 960 m de altitud, 2,5 kilómetros aguas abajo de Andorra la Vella.

LOS INICIOS DEL SIGLO XX. LA LABOR DE M. CHEVALIER

Sin lugar a dudas las principales aportaciones que caracterizan a los primeros decenios del siglo XX se atribuyen a M. Chevalier, buen conocedor de la geología y morfología catalanas. Este autor publica en los años 1906 y 1907 sendos estudios acerca del glaciario de Andorra, incluyendo, además, precisas observaciones de los altos valles españoles circundantes. En 1924, M. Chevalier se ocupa de nuevo del glaciario del Principado, señalando el valor morfológico que desempeñaron los valles preglaciales en la instalación de las masas de hielo. Se ocupa, igualmente, de los materiales morrénicos, en especial de los fijados a partir de Les Escaldes y sobre todo, de aquellos terminales instalados aguas abajo de Santa Coloma. Establece tres glaciaciones, y señala la del Riss como la de mayor interés, pues durante ella las masas de hielo canalizadas por los valles colectores entrarían en fusión en la cubeta de Andorra la Vella.

Años más tarde, H. Boissevain (1934), de nuevo incide en las huellas glaciares, aunque de forma marginal. Lo hace en su extenso estudio sobre la geología y geomorfología del alto valle del Segre, en el que menciona las formaciones deposicionales de las cabeceras fluviales del sector suroriental andorrano, constatando el escombros glacial de los altos valles y circos.

Las dos décadas comprendidas entre los años 1940 y 1950 traen consigo diversas investigaciones que no sólo revisan el estado de la cuestión sino que suponen un gran impulso en el conocimiento del tema. Entre ellas, destacan las de F. Nussbaum, L. Solé Sabarís, N. Llopis Lladó y S. Llobet. En el año 1946, F. Nussbaum en un estudio sobre la morfología y la orografía de los Pirineos occidentales, alude a las estructuras del relieve preglacial de los altos sectores pirenaicos señalando de ellas la importancia que debieron desempeñar en el asentamiento de la morfogénesis glacial posterior. En lo referente al país andorrano incide en la localización y descripción de la morrena terminal de Santa Coloma, en la lateral de Engolasters y en la fijación de circos y materiales de acarreo glacial en el sector del Madriu.

LAS APORTACIONES DE L. SOLÉ SABARIS, N. LLOPIS LLADÓ Y SALVADOR LLOBET.

Los avances que se detectan durante las décadas centrales de nuestro siglo hacia el mejor conocimiento del glaciario del Principado se deben a investigadores catalanes y, en gran manera, derivan del fruto de un vasto programa de trabajo cuya misión principal fue la confección cartográfica de la geología del país, labor llevada a término por N. Llopis Lladó y la realización de un estudio de geografía regional, asumido por Salvador Llobet.

Los trabajos realizados por L. Solé Sabarís durante estos años resultan diversos. Aparte de la síntesis geológica del Principado, llevada a término en 1948, colaboración con N. Llopis Lladó y plasmada en un mapa a escala 1/50000, destaca la obra "Los Pirineos. El medio y el hombre" (1951), en la que ofrece una visión muy completa de la cadena montañosa. En los

capítulos dedicados al modelado y a los glaciares y modelado glaciar lleva a término una actualización de los estudios sobre el tema poniendo especial interés en el desarrollo del sector oriental de la cadena, para lo que tiene muy en consideración las aportaciones de F. Nussbaum. De nuevo, años más tarde, en la "Geografía de Catalunya", en su volumen I (1958), retorna la cuestión renovando datos y aportando nuevos conocimientos, en particular en lo referente al número de glaciaciones, inclinándose por la existencia de dos.

Los estudios de N. Llopis Lladó, muchos de ellos en estrecha relación y colaboración con L. Solé Sabarís, constituyen también importantes aportaciones al conocimiento de la impronta glaciar andorrana, aunque su interés se polarizó en el análisis geológico del país, en la estructura y los materiales, tan importantes para el desarrollo y distribución de los heleros. Los trabajos de este autor, referentes a las estratigrafías del Silúrico y límites Silúrico-Devónicos, en especial sobre el Devónico, constatan la erosión diferencial que el roquedo supuso ante los hielos, derivado de la composición mineralógica y textural de las series líticas, en especial, de los esquistos, calcoesquistos y rocas calcáreas (N. Llopis Lladó, 1966, 1970). Más reciente en el tiempo, la aportación de Llopis al conocimiento de la geología de Andorra se tradujo en la elaboración de una serie de mapas temáticos a escala 1:25.000.

En cuanto a los trabajos de Salvador Llobet merecen una referencia especial, pues dedica una significativa parte de su obra científica al estudio del territorio andorrano en general, y al glaciario y, sobre todo, al periglaciario en particular.

Su primera aportación es un excelente y exhaustivo estudio regional sobre el Principado ("El medio y la vida en Andorra", 1947). En el capítulo dedicado a morfología recoge y amplía lo publicado hasta entonces, haciendo referencias expresas a A. Penck, M. Chevalier y F. Nussbaum. Como resumen, admite claramente dos glaciaciones, Riss y Würm. En relación al Riss, señala las morrenas laterales de Encamp, a 1600-1700 m. de altitud, la de Engolasters, que cierra el lago construido, y que se prolonga hasta la Comella, a 350 m. por encima del cauce actual del Valira, etc. Con respecto al Würm, menciona que la actividad de los hielos quedó refugiada en las partes altas de los valles, tal como evidencia en los depósitos morrenitos de Pla de l'Inglá, en la confluencia de Riu d'Ensagents y Riu dels Cortals, etc.

Con respecto al periglaciario Salvador Llobet es una de las personas que en Cataluña más tempranamente se ocupa del tema. En su obra sobre Andorra ya lo intuye, aunque el término que emplea para señalar los depósitos de vertiente de Auvinyà y Bosc de la Rabassa, de génesis asociada al hielo, es incorrecto, no así la génesis que les atribuye Décadas después y con ocasión del Congreso Internacional de Estudios Pirenaicos del año 1974 y, posteriormente, en un artículo consagrado a resaltar la morfogénesis periglaciario andorrana, publicado en la Revista de Geografía, en 1979, corrige y amplía sus observaciones, al incidir en el significado que tal sistema morfogénico debió suponer en la definición de los relieves del Principado.

DEL V CONGRESO DE LA I.N.Q.U.A. A LA ACTUALIDAD. RENOVACION DE OBJETIVOS, METODOS Y TECNICAS.

La celebración del *V Congreso Internacional de la INQUA*, (Asociación Internacional para el Estudio del Cuaternario), celebrado entre Barcelona y Madrid en el año 1957 cierra, en cierta forma, un período de producción científica caracterizado por la descripción y análisis de los relieves glaciares, por el establecimiento de una cronología relativa de los episodios fríos, de acuerdo con la empleada en los Alpes y por la realización de una cartografía general de las formas dominantes.

La celebración de la INQUA supuso una revisión y crítica de los estudios existentes sobre el glaciario pirenaico, tal como se puso en evidencia durante las jornadas de trabajo y, especialmente, a lo largo de la excursión al Pirineo, publicada en forma de Libro-guía ("Livret-guide de l'excursion N.I Pyrénées", 1957). Lo más destacado, en lo concerniente a Andorra, es la atención que despiertan los depósitos de La Massana, ya descritos por M. Chevalier y Salvador Llobet. Al respecto, H. Alimen, L. Solé Sabarís y C. Virgili los interpretan como formación de relleno en un lago de valle instalado entre el frente glaciar y el umbral rocoso de Sant Antoni.

Inmediatamente después de la celebración del referido Congreso, F. Taillefer (1957), en un estudio sobre el glaciario de las vertientes norte y sur del Pirineo, también se hace eco de los referidos depósitos de La Massana aportando nuevos datos en su interpretación paleogeográfica.

Durante la década de los años sesenta y siempre refiriéndonos a los valles andorranos, no se observa la aparición de trabajos de particular relieve, salvo la colaboración de Salvador Llobet en la Geografía de Catalunya, en la síntesis geográfica que hace de Andorra (V.2, 1964) y las precisas observaciones que P.W. Höllermann (1967) lleva a cabo sobre formas periglaciares heredadas y actuales en el Pirineo Oriental. En el campo geológico es necesario reseñar los trabajos de carácter regional efectuados por H.J. Zwart (1965) y, especialmente, J. Hartevelt (1970), por lo destacados que suponen en precisión y rigor científicos.

A partir de los años setenta y hasta nuestros días los estudios sobre la dinámica glaciar y periglacial andorranas han venido despertando un mayor interés. La mayoría de las investigaciones proceden del ámbito universitario, pues se trata, sobre todo, de tesis de licenciatura y de doctorado canalizadas desde diferentes departamentos de las universidades de Barcelona, Perpignan, París X-Nanterre y Burdeos. También existe un buen número de trabajos de postgrado, la mayoría como base referencial para posteriores aplicaciones prácticas. En este sentido, destaca la labor del Institut d'Estudis Andorrans, sección de Perpignan.

En estos dos últimos decenios las investigaciones han venido sufriendo un cambio radical, con respecto a aquellas otras anteriores a la celebración de la INQUA, ante todo, en cuanto a objetivos, métodos y técnicas de trabajo. A partir de 1970, prima el estudio local al regional, la datación absoluta a la relativa, la cartografía de detalle a la general, los estudios aplicados a los empíricos, etc.

Uno de los primeros trabajos de esta nueva etapa es de J.M. Vilaplana (1979) sobre el glaciario de los valles de Ordino y Arinsal, en el que lleva a término un interesante estudio sedimentológico de la cubeta de La Massana y alrededores y donde, además, propone una cronología de la historia glaciar de los valles estudiados eludiendo la terminología alpina, como otros autores años antes ya hicieran en diferentes sectores o macizos del Pirineo Oriental. Así, en la reconstrucción paleogeográfica establece los siguientes períodos o fases:

a) Último máximo glaciar, en el que la lengua principal enlaza con la del Valira d'Orient en la cubeta de Andorra la Vella.

b) Fase de pequeña recesión glaciar, durante la cual las lenguas de Arinsal y Ordino se recluyen a sus respectivos cauces. A partir de este período se conforman los depósitos de La Massana.

c) Fase de recesión total, en la que los hielos quedan albergados en las partes más elevadas de los valles y circos.

d) Fase postglaciar o tardiglaciar, caracterizada por la formación de glaciares rocosos.

También en 1979 y bajo la dirección de R. Folch, se publica un interesante trabajo sobre el medio físico andorrano, cuya finalidad es servir de documento base para futuras actuaciones en el territorio. Por lo que respecta a los capítulos dedicados a geología, morfología e hidrografía, a cargo de C. Puigdefábregas, D. Serrat y J.M. Vilaplana, resultan muy acertadas las referencias al glaciario de los valles, así como la elaboración del mapa litológico y geomorfológico que, a escala 1/50000, presentan.

Uno de los trabajos más importantes que abre la década de los ochenta lo constituye la tesis de tercer ciclo de M. Prat, de la Universidad de Bourdeaux III ("Montagnes et vallées d'Andorre, 1980), llevado a término bajo la dirección de P. Barrère. El ámbito estudiado abarca todo el Principado, por lo que debe catalogarse como el estudio regional más completo realizado hasta entonces. En idéntico sentido debe hacerse referencia a la cartografía general elaborada, muy lograda por cuanto supone una muy detallada catalogación y precisión espacial de las formas glaciares y periglaciares detectadas.

Con respecto a la reconstrucción del glaciario del Principado, que según la autora debió afectar a más del 60 % del territorio, establece diferentes fases:

a) fría y húmeda, que conlleva importantes procesos mecánicos y, paulatinamente, la formación de los glaciares

b) máximo glaciario, que coincide con el avance más extenso de las lenguas en los valles. En esta fase debieron desarrollarse episodios de estacionamiento.

c) post-maximum I, con diferentes estadios tendentes a la individualización de las lenguas glaciares a sus respectivos valles.

d) tardiglaciario, con formación de glaciares rocosos en los alveólos de los circos.

e) postglaciario, que coincide con la desaparición de los glaciares y una intensa actividad morfogénica asociada al hielo, la nieve y aguas de escorrentía.

Por las repercusiones que tiene en el espacio andorrano también resulta de interés el estudio de A. Gómez Ortiz (1980) sobre morfología glaciario y periglaciario del alto Segre (Cerdanya-Alt Urgell). El interés radica en el tratamiento cartográfico que hace del glaciario y periglaciario heredado de las áreas limítrofes con el Principado (planicies culminantes de Calm de Claror-Ramonet-Perafita y cabeceras del Madriu, Engitit y Montmalús). Además, también resultan destacadas las reflexiones acerca del significado que tuvieron las planicies cimeras durante los periodos glaciares. Estas, las interpreta como restos de antiguas superficies erosivas débilmente retocadas por los hielos, aunque modeladas en terrazas de crioplación con círculos de piedras y suelos estriados.

Otro trabajo mucho más cercano a nosotros procede de la Iª Reunión *del Cuaternario Ibérico* (Lisboa, 1985) donde un grupo de investigadores de la Universidad de Barcelona sintetiza la dinámica glaciario del Pirineo meridional catalán. En la elaboración de la síntesis se incluye el glaciario andorrano, aunque concretado en los valles noroccidentales. De ellos, se especifican las distintas fases de extensión y retroceso dentro del último periodo glaciario (J. Brú et al. 1985).

Paralelamente al desarrollo de estos trabajos también se ha venido llevando a cabo una intensa labor en el seno del Institut d'Estudis Andorrans, centro de Perpinyà, bajo la dirección de G. Soutadé (Université de París X-Nanterre) y J. Bécat (Université de Perpignan). Se trata, ante todo, de estudios de base concebidos desde la óptica pluridisciplinar. En ellos el reconocimiento geomorfológico detallado del territorio ocupa un papel relevante, como lo demuestra la cartografía elaborada (1/10000 y 1/50000), con reflejo no sólo de la herencia glaciario

y periglaciario sino, además, con especificación de procesos y formas actuales. La finalidad última de estos trabajos, que deben avalar tomas de decisión a nivel administrativo y político, es la clasificación y gradación de zonas inestables en montaña, susceptibles de riesgo de aludes o movimientos en masa.

El ámbito local donde se han llevado a término estos reconocimientos geomorfológicos de detalle es en los sectores del Serrat, Pas de la Casa-Grau Roig, Madriu, Coma Pedrosa, Envalira-Puymorens y Claror-Perafita (J. Bécat et al., 1981-84; E. Plee et J. Desfarge, 1981-84; L. Bernard, 1987) y forman parte de un programa de actuación más amplio auspiciado por el propio Gobierno de Andorra y Autoridades Comunes.

En la actualidad, y enmarcados dentro del ámbito institucional del Institut d'Estudis Andorrans, centro de Barcelona, también han comenzado a realizarse trabajos dirigidos hacia el conocimiento de los sistemas morfogénicos glaciales y periglaciales del ámbito andorrano. Así, por ejemplo, en la revista *Annals* correspondiente al año 1990, editada por el propio Institut, se recogen dos colaboraciones. La primera, de A. Gómez Ortiz, presenta un mapa geomorfológico (1/25000) del valle del Madriu, con especial incidencia en el modelado glaciario y periglaciario. La segunda, de Albert Gironella, es una introducción a la morfología del valle de Cortals d'Encamp, prelude de su futura tesis doctoral.

Finalmente, habría que referirse a los trabajos en curso sobre territorio andorrano y que se desarrollan desde la Universidad de Barcelona, en especial de las tesis doctorales, en número de tres. Dos de ellas, pretenden la reconstrucción paleogeomorfológica cuaternaria de los valles meridionales del Principado (Vall del Madriu y Vall dels Cortals d'Encamp). Y la tercera, de carácter mucho más regional, afronta la evolución de los paisajes de la alta montaña mediterránea hispana durante los últimos milenios, para lo que toma en consideración los resultados polínicos de diferentes ecotopos del territorio andorrano.

CONCLUSIONES

Los estudios sobre glaciario y periglaciario en la cadena pirenaica adquieren especial relevancia a partir de la segunda mitad de la presente centuria, a "posteriori" de la celebración del V Congreso de la INQUA

Con respecto al marco andorrano, los trabajos más recientes proceden de los centros universitarios de Barcelona, Perpignan, París X-Nanterre y Burdeos, observándose en ellos una especial preocupación por la delimitación espacial de las formas, génesis y cronología. También la cartografía geomorfológica de detalle y la identificación de procesos actuales adquieren gran relevancia, sobre todo, en el campo aplicado.

Como resumen de las diferentes aportaciones sobre el conocimiento morfológico de los hielos pleistocenos, es necesario destacar:

1. La existencia de diferentes periodos fríos supuso el retoque de los relieves preglaciares afectando a más del 60 % del territorio. No existe unanimidad en cuanto al número de glaciaciones, por lo que no resulta prudente correlacionarlas con el hecho alpino. Parece prudente, sin embargo, admitir cuatro fases diferenciadas y distanciadas en el tiempo: a) máximo empuje, b) estabilización, c) retroceso hacia valles, d) reclusión en cabeceras.

2. Durante el máximo desarrollo del glaciario las masas de hielo tendieron a confluir en el Gran Valira, prolongándose su expansión más allá del Pont de La Margineda. La fase de reclusión en cabecera coincidiría con el desarrollo de glaciares rocosos, en el Tardiglaciario.

3. Las altiplanicies cimeras no debieron estar afectadas por la actividad glaciár, a lo sumo procesos periglaciares las modelarían en terrazas de crioplanación.

4. La fijación del nivel de nieves perpétuas durante la extensión máxima del glaciárismo debió situarse en torno a los 2000 m en orientación norte, por lo que los tramos de vertientes instalados a cotas inferiores tendieron a recubrirse por mantos de gelifractos movilizadós por procesos gelifluidales.

BIBLIOGRAFIA

- ALIMEN, H. (1953). "Grandes lignes de l'histoire glaciáre des Pyrénées". IV *Congrés INQUA*, pp. 1032-1042. Rome-Pisa
- ALIMEN, H. ; SOLE SABARIS, L. y VIRGILI, C. (1957). "Comparaison des formations glaciáres des versants N et S des Pyrénées". V *Congrés Int. INQUA*, pp. 9-10. Madrid-Barcelona
- BECAT, J. (1978). *Mapa Geomorfològic (Casamanya, Segul; Coma Obaga)*. Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Perpinyà. Perpinyà.
- BECAT, J.; CAMIADE, M. y FONOLLEDA, P.M. (1978): *Relleu i paisatges. Mapa geomorfològic (Casamanya, 1/1000)*. Ed. Terra Nostra. Codalet.
- BECAT, J. et al. (1981-1984). *Carta d'avalanches de la Principaute d'Andorre (1/10000). Secteurs Pas de la Casa, Serrat, Madriu et Coma Pedrosa*. Govern d'Andorra-Centre d'Estudis Andorrans y Centre de Géographie Physique de la Université de Paris X.
- BERNARD, L. (1987): *Recherches géomorphologiques sur les "plas" du sud de l'Andorre*. Institut d'Estudis Andorrans. Perpinyà.
- BIROT, P. (1937). *Recherches sur la morphologie des Pyrénées franco-espagnoles*. Ed. J.B. Bailliére. París.
- BOISSEVAIN, H. (1934). "Etude géologique et geomorphologique d'une partie de la haute vallée du Segre (Pyrénées catalanes)". *Bull. Soc. Hist Nar. Todouse*, T. LXVI, pp 32-170.
- BOSCHMA, D. (1963): "Successive Hercynian structures in some areas of the Central Pyrenées". *Leidse Geol. Med.*, 28, pp. 103-176
- BRU, J.; GOMEZ ORTIZ, A.; SERRAT, D. y VILAPLANA, J.M. (1985). "Síntesis de la dinámica glaciár cuaternaria en la vertiente meridional del Pirineo Catalán". *1. Reunión del Cuaternario Ibérico. GETC. Actas, Vol. 1, pp. 165-183. Lisboa*
- CAVET, P. (1959). "Le paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées Orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre". *Bull. Ser. Carte Géol. France* T. LV, 254.
- CHEVALIER, M. (1906): "Sur les glacières pléistocènes dans les Vallées d'Andorre et dans les hautes vallées espagnoles environnantes". *Com. R. Atad. Sciences*, 142, pp, 662-910. París.
- CHEVALIER, M. (1907). "Les glacières pléistocènes dans les Vallées d'Andorre". *Rev. Scientifique* VII, 26, pp. 501.París.
- CHEVALIER, M. (1924). "Le tertiáre et le quaternaire dans les vallées du Valira". *Butlletí de l'Institut Català d'Història Natural*, T. 24, pp. 177-190. Barcelona.
- CHEVALIER, M. (1924). "Notice sur la géologie de l'Andorre. Avec carte au 1:10.000". *Butlletí del Servei Geològic de Catalunya* Barcelona.
- CHEVALIER, M. (1924). "Les Valls d'Andorra". *Butlletí del Centre Excursionista Català*, XXXIV, 354, pp. 213-239. Barcelona.
- CHEVALIER, M. (1924). "Contribution à l'étude des Pyrénées. Note sur les terrains Néogènes des vallées du Valira". *Butlletí de l'Institut Català d'Història Natural*, XXIV, pp. 177-190. Barcelona.
- CHEVALIER, M. (1924). *Andorra*. Libr. Dardel. Chambéry.
- COMBARNOUS, G. (1933). *Les Vallées d'Andorre*. Montpellier.
- DERAMOND, J.; MIROUSE, R. et SOULA, J.C. (1971). "Déformations hercyniennes superposées dans la vallée de la Valira d'orient (Pyrénées andorranes)". *CR. Somm. Soc. Geolog. de France*, 123-125.
- DESFARGE, J.P. (1984). *Carte geomorfològic de Coma Pedrosa (1/10000)*. Centre de Géographie

- Pysique de la Université de Paris X y Centre d'Estudis Andorrans.
- DESFARGE, J.P. (1984). "Les formations à blocs de l'Obac de Sispony (Andorre). Essai d'interpretation". *La Houille Blanche* (Societ. Hydrotec. France). Paris.
- FOLCH i GUILLEN, R. et al. (1979). *El patrimoni natural d'Andorra*. Ketres Editora. Barcelona.
- FONTBOTE, J.M.; SOLE SABARIS, L. y ALIMEN, H. (1957). *Livret-guide e l'excursion N. 1 Pyrénées*. V Congreso Internacional INQUA Barcelona, pp. 56.
- GIRONELLA i COLL, A. (1990). "Estudi geomorfològic previ de la vall dels Cortals d'Encamp". *Annals Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona, pp. 35-50.
- GOMEZ ORTIZ, 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 Lles y Port Negre (Cerdanya-Alt Urgell)*. Tesis Doctoral. Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Barcelona. 495 p.
- GOMEZ ORTIZ, A. (1983). "Bibliografía fundamental sobre geomorfología glaciari y periglaciari del Pirineo Oriental a partir de 1957. La labor de la Escuela de Barcelona". *Notes de Geografia física*, 9, pp. 15-19.
- GOMEZ ORTIZ, A. (1990). "Mapa geomorfològic de la vall del Madriu. Formes glacials y periglacials". *Annals Institut d'Estudis Andorrans*. Barcelona. pp. 13-34.
- GORON, L. (1941). *Le role des glaciations quaternaires dans le modelé des vallées maitresses des Pre-pyrénées Ariégeoises et Garonnaises et de leur avant-pays*. Toulouse.
- HARTEVELT, J.A. (1970). "Geology of the Upper Segre and Valira valleys, Central Pyrennees, Andorra/Spain", *Leidse Geol. Med.*, 45, pp. 167-236.
- HOLLERMANN, P.W. (1967). *Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen*. Goetting. Geogr. Abh.
- LLOBET, S. (1964). "Andorra", en *Geografia de Catalunya* Aedos. Barcelona, II, pp. 131-154.
- LLOBET, S. (1947). *El medio y la vida en Andorra*. C.S.I.C. Barcelona.
- LLOBET, S. (1976). "Esquema de la geografia física d'Andorra". *Actas del VII Congreso Int de Est. Pirenaicos*, pp 67-72.
- LLOBET, S. (1979). "Esbòs d'alguns fenòmens periglacials a Andorra". *Revista de Geografia* V, XII-XIII, pp. 9-15. Barcelona.
- LLOPIS LLADO, N. (1947). "Los movimientos intercuaternarios en la zona axial: Andorra y zonas limítrofes". *Instituto de Investigaciones Geológicas Lucas Mallada*. Madrid
- LLOPIS LLADO, N. (1966). "Sobre la estratigrafia del Silúrico de Andorra y el límite Silúrico-Devónico", *Pirineos*, 81-82. pp. 79-85. Jaca.
- LLOPIS LLADO, N. (1966-67). *Mapa geológico de Andorra (1/25000)*. Hojas, I, II, IV (1/25000), CSIC, Madrid. Hojas, V, VI, Real Ac. Cien. Art. Barcelona
- LLOPIS LLADO, N. (1970). "Estratigrafia del Devónico de los Valles de Andorra". *Memoria Real Academia Ciencias y Artes* ,39/7, pp. 219-290. Barcelona.
- LLOPIS LLADO, N. (1970). "Mapa geológico de Andorra (1:25000)" (parcial). *Cuadernos de Geología Ibérica* , 1, pp. 347-348. Madrid.
- NUSSBAUM, F. (1931). "Sur les surfaces d'aplanissement d'âge tertiaire dans les Pyrénées orientales et leurs transformations pendant l'époque glaciaire". *CR. Gong. Int. Geog. Paris*, T. II, Sec. II, pp. 529-532.
- NUSSBAUM, F. (1931). "Sur les surfaces d'aplanissement d'age tertiaire dans les Pyrénées orientales et leurs transformations pendant l'époque glaciaire". *CR. Gong. Geog. Paris*, T. 2, secc 2, pp. 529-532.
- NUSSBAUM, F. (1936). "Die eiszeitliche Scheneegrenze in der Pyrenäen". *Verch der III Quartar Konferenez*. Wien.
- NUSSBAUM, F. (1946). "Orographische und morphologische Untersuchungen in der östlichen Pyrenäen". *Jahresbericht des GeogK Gess. von Bern*, XXXV-XXXVI, pp. 1-48. Berna.
- PENCK, A. (1883). *Die eiszeit in der Pyrenäen*. Leipzig. Traducido en Bull. de

- la Société d'Histoire Nat. Toulouse ("La période glaciaire dans les Pyrénées"). V. XIX, pp. 105-200. Toulouse, 1885.
- PLEE, E. (1983). *Carte géomorphologique de la zones des cok de Puymorens et d'Envalira. Pyrénées Orientales (1:10000)*. Institut d'Estudis Andorrans. Centre de Géographie Physique H. Elhel Université de Paris X-Nanterre.
- PRAT, M. (1980): *Montagnes et vallées d'Andorre. Etude géo-morphologique*. Thèse de III Cicle. 266 p. Université de Bordeaux III.
- PUIGDEFABREGAS, C; SERRAT, D. y VILAPLANA, J.M. (1979). "Litologia i geomorfologia de les Valls d'Andorra", en *El Patrimoni Natural d'Andorra*. Ed. Ketres. Barcelona, pp. 32-41.
- RIBERAYGUA, B. (1946). *Les Valls d'Andorra. Recull documental*. Ed. Bosch. Barcelona.
- SERRAT, D. y VILAPLANA, J.M. (1979). "El relleu i la xarxa hidrogràfica", en *El patrimoni natural d'Andorra*. Ed. Ketres. Barcelona, pp. 41-53.
- SOLE SABARIS, L. (1936). "Els llacs dels Pirineus segons Nussbaum". *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, T. 36, pp. 107-115.
- SOLE SABARIS, L. (1951). *Los Pirineos*. Ed. Martín. Barcelona.
- SOLE SABARIS, L. (1958). "El Pirineu", en *Geografia de Catalunya*, Ed. Aedos. Barcelona. V. 1, cap. III, pp. 61-86.
- SOLE SABARIS, L. y LLOPIS LLADO, N. (1944). "Estudios geológicos sobre el alto valle del Segre". *Ilerda*, T.2, f.2, pp: 275-338.
- SOLE SABARIS, L. y LLOPIS LLADO, N. (1948). *Mapa geológico de Andorra (1/50000)*. Instituto de Estudios Ilerdenses. Lérida.
- SOUTADE, G. (1984). "Pyrénées", en *Recherches françaises recentes sur les phenomenes periglaciares* 25 Congres Geographique International. Paris, 1984, pp. 81-91.
- SOUTADE, G. (1987). *Le glissement de roches du 1 Octobre 1987 à la carrière du pont de Sant Antoni de la Grella (carretera general, 3). Principauté d'Andorre*. Institut d'Estudis Andorrans. Andorra.
- SOUTADE, G. (1988). "Le glissement d'el Forn (Andorre)". *II Simposio sobre taludes y laderas inestables*. Andorra la Vella, pp. 643-655.
- TAILLEFER, F. (1957). "Glacière pyrénéen: versant nord et versant sud". *Rev. Geogr. Pyrén. S.O.*, t. 28-3, pp. 221-244.
- TAILLEFER, F. (1969). "Les glaciations des Pyrénées". *Etudes françaises sur le Quaternaire. VIII Gong. Int. INQUA* Paris, pp. 19-32
- THOS y CODINA, S. (1885). *Reconocimiento físico, geológico y minero de los valles de Andorra*. Barcelona.
- VERSPYCK, G.W. (1965). "The geology and petrology of the Arties-Siguer Valira North valleys, Aston-Hospitalet Massif (France-Andorra)". *Leidse Geologische Mededelingen*, 33, pp. 257-318.
- VILAPLANA, J.M. (1984). *Estudi del glacialisme de les Valls de la Valira d'ordino i Arinsal (Andorra)*. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències. Barcelona.
- VILAPLANA, J.M. (1985). "El periode glacial pleistocè en el sector Nord-Oest del Pirineu Andorrà". *Butlletí de l'Institutió Catalana d'Història Natural*, 52. Barcelona.
- VILAPLANA, J.M. y SERRAT, D. (1982). "Els dipòsits d'origen glacial de la cubeta de la Massana-Ordino (Andorra): llur significació paleogràfica". *Acta Geològica Hispànica*. Homenaje a L. Solé Sabaris, V. XIV, pp. 433-440. Barcelona.
- ZWART, H.J. (1958). "La faille de Mérens". *Bull. Soc. Geolog. France*, 7, pp. 793-797.
- ZWART, H.J. (1965). "Geological map of the Paleozoic of the Central Pyrenees". *Leidse Geol. Med.*, 33, pp. 191-254.