

EL GLACIARISMO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

EL FENÓMENO GLACIAR CUATERNARIO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA *Quaternary Glaciation in the Iberian Peninsula*

Eduardo Acaso Deltell (*)

RESUMEN

Se describe el fenómeno glaciario pleistoceno que afectó a las principales cadenas montañosas de la península. Se define el glaciario como de montaña con formación de glaciares de valle (donde son abundantes los aparatos de decenas de Km de longitud) y formas menores así como glaciares rocosos y, en algún caso, de montera. El mayor desarrollo se produjo en los Pirineos en donde aún existen glaciares funcionales. El modelo de evolución consta de un máximo (en torno a 70.000-38.000 BP para la cadena pirenaica) y un período de estabilización a partir del cual se da un retroceso generalizado en donde, en la mayoría de los macizos, puede hablarse de un episodio de glaciares de valle, otro de glaciares de circo y un Tardiglaciario (entre 17.300 y 9.000 BP) definido por glaciares residuales. Finalmente, en algunas cadenas se detecta una reactivación del fenómeno glaciario durante la Pequeña Edad del Hielo (siglos XIII-XIX).

ABSTRACT

This is a description of the glacial processes that affected the Iberian Peninsula along the Quaternary. Mountain glaciers (valley, cirque and rock-glacier) can be identified. The maximum development was concentrated in the Pyrenees (where still survive some active glaciers) and this maximum happened approximately between 70000 and 38000 years BP. Later, a retreat period affect most areas of the Iberian Peninsula, leaving a period of valley glaciers, a period of cirque glaciers and a late-glacial period (17300-9000 y BP) with only residual glaciers. In most mountain areas, a last advance can be identified and related to the Little Ice Age (XIII-XIX centuries).

Palabras clave: Evolución Glaciario, Cuaternario, Península Ibérica
Keywords: Glacial evolution, Quaternary, Iberian Peninsula

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este artículo no es otro que hacer un análisis general de las características y alcance del fenómeno glaciario cuaternario en la Península Ibérica. Igualmente se hará un intento de cronología general y correlación entre los distintos macizos montañosos pese a la notoria falta de dataciones absolutas que, como enseguida se verá, adolecen muchos de los estudios.

Los primeros trabajos se publicaron al poco de los hallazgos de Agassiz en los Alpes y la difusión de sus ideas glaciarias por Europa. La cadena pirenaica a mediados del siglo XIX y al poco, el Sistema Central, fueron objeto de las primeras investigaciones. Hasta las décadas de los setenta y ochenta del siglo pasado hay una producción científica constante centrada en estas cadenas que en los demás macizos no se da pues apenas hay trabajos y éstos son esporádicos y no tienen la continuidad de los dedicados a las cadenas citadas ni responden a

líneas de investigación prolongadas. La recopilación bibliográfica realizada por Martínez de Pisón y Antón Burgos (1981) dan cuenta de las aportaciones a los estudios de glaciario hasta la década de los setenta.

A partir de ésta, el número de publicaciones se dispara y el fenómeno glaciario se constituye en uno de los temas preferentes de la Geomorfología española (Gómez Ortiz, A. y Pérez Alberti, A. 1998; Gómez Ortiz, A., Martí Bono, C. E. y Salvador Franch, F. 2001). Así, de muchos macizos que no habían sido objeto de atención y apenas contaban con publicaciones o referencias acerca del tema glaciario se tiene al día de hoy un conocimiento bastante preciso del alcance del fenómeno y su naturaleza reflejado en cartografías a escalas variables pero suficientemente detalladas. Este incremento de la investigación se produce también en las cadenas más estudiadas (Pirineos y Sistema Central), precisándose cartografías y profundizando en las características y dinámica así como centrando muchos de estos

(*) Departamento de Geología. Universidad de Alcalá. 28871, Madrid. E-mail: eduardo.acaso@uah.es.

estudios en el Tardiglaciario, Holoceno y actual. La cadena pirenaica, siempre a la vanguardia en el estudio del fenómeno glaciario en España, cuenta además con dataciones absolutas suficientemente abundantes para constituirse en patrón de comparación para el establecimiento de cronologías en el resto de las cadenas.

CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO GLACIARIO PENINSULAR

Como se sabe, en la actualidad sólo existen aparatos glaciares funcionales en los Pirineos y éstos son residuales. Se trata de grandes hoyas de nivación con heleros permanentes, glaciares rocosos y glaciares de circo con balances claramente negativos. No existen pues, evidencias de glaciares actuales en otras cadenas montañosas de la península aunque investigaciones recientes en Sierra Nevada nos informan de residuos de hielo interpretados como los últimos restos de glaciares históricamente documentados.

Así pues, por fuerza, la investigación se ha orientado preferentemente a estudios de morfología y sedimentología glaciario en episodios básicamente pleistocenos en el marco de las últimas fases de la glaciación cenozoica. El episodio más intenso, a falta de dataciones en muchos macizos, parece corresponder a la última fase glaciario, en el Pleistoceno Superior, que en la cronología alpina se denomina fase Würm. Sobre anteriores glaciaciones los datos son dispersos y discutibles en muchos casos pero se admite que, al menos en el Pirineo, hubo otra fase anterior aunque se dispone de evidencias escasas. El Tardiglaciario está bien documentado en muchas cadenas desarrollándose un glaciario mucho menos intenso y de carácter residual. Para el Holoceno y momento actual, los estudios se centran en la cadena pirenaica aunque últimamente se han encontrado en otras montañas huellas de glaciario correspondiente a la Pequeña Edad del Hielo (siglos XIII a XIX).

Como quiera que la Península Ibérica se sitúa en la franja de las latitudes medias (lejos por tanto de los focos árticos y subárticos) el fenómeno glaciario es enormemente sensible a la altitud por lo que el glaciario en nuestro país, tanto pleistoceno como actual, es un glaciario ligado a las cadenas montañosas. Glaciario de montaña pues, en donde cabe definir dos subtipos: De tendencia húmeda, presente en las áreas templado-húmedas de la península y que básicamente se localiza en los macizos montañosos que se distribuyen por la mitad Norte de la península; y de tendencia seca representado por Sierra Nevada. De carácter mixto o compartiendo ambas tendencias en la misma cadena montañosa por variaciones estrictamente locales, cabe definir el fenómeno glaciario de las alineaciones que se sitúan en la franja central (en o en torno a la meseta) de la península; esto es, los focos presentes en el Sistema Central e Ibérico.

Otra variable que hay que tener en cuenta a la hora de definir el marco de referencia del fenó-

meno glaciario en las alineaciones montañosas es su mayor o menor cercanía al mar (Atlántico y Mediterráneo) pues ello supone climas más o menos húmedos y, por tanto, con incidencia directa en la alimentación nival. Esto es manifiesto en muchas cadenas como por ejemplo, en el Sistema Central en donde los mayores glaciares se desarrollaron en la Sierra da Estrela pese a que no alcanza los 2.000 m. de altitud. O en la cadena pirenaica en donde se observa que el fenómeno glaciario cambia de carácter desde los sectores más orientales (cercaños al Mediterráneo y por tanto de tendencia más seca) a los centrales, de tendencia más húmeda.

Así pues, en primer lugar, el factor latitud condiciona la naturaleza del fenómeno glaciario impidiendo la existencia de grandes glaciares de casquete al estilo noreuropeo o norteamericano y confinando las masas de hielo a las alineaciones montañosas. La latitud también establece distintos patrones de desarrollo (y deglaciación) del fenómeno glaciario en la península de manera que en general, las cadenas de mayor latitud presentan un mayor desarrollo frente a las más meridionales aunque la variabilidad climática de la península sea un factor decisivo.

El factor altitud, como es obvio, confina a las masas glaciares estableciéndose una relación directa altitud-intensidad del glaciario que no siempre se cumple pues a veces entran en juego otros factores. Es el caso de Sierra Nevada frente a los Pirineos cuyo desigual desarrollo glaciario no se corresponde con la diferencia altitudinal. Igualmente, la altitud es un factor decisivo dentro de una misma cadena montañosa y la relación altitud-intensidad es norma aunque factores locales (morfología previa, litología, orientación) pueden no siempre hacerla cumplir.

Al estar confinado en las montañas, el glaciario presente en la península es básicamente alpino. Es decir, glaciares de valle de muy diferente tamaño (de hasta 50 km de longitud total) de diseño simple, esto es con cuenca de alimentación simple y lengua; o de diseño complejo en donde son frecuentes las transfluencias. Como formas menores, hay que citar los glaciares de circo (e intermedios, llamados de ladera -Pedraza y López, 1980- muy abundantes en algunas cadenas como en el Sistema Central) y los residuales o de carácter mixto entre los que hay que destacar los glaciares rocosos. Últimamente se han encontrado en algunas cadenas evidencias de glaciares de montera del tipo *Ice field* o *Ice cap* que serían anteriores a los aparatos mencionados hasta ahora.

La figura 1 muestra la distribución de los principales focos glaciares de la Península Ibérica durante el Cuaternario. Quedan divididos en tres sectores de manera que en el Norte se incluye la cadena pirenaica, la Cordillera Cantábrica y el Macizo Galaico. En el sector central las cadenas Ibérica y Central. Por último, el sector Sur representado por el foco glaciario de Sierra Nevada.

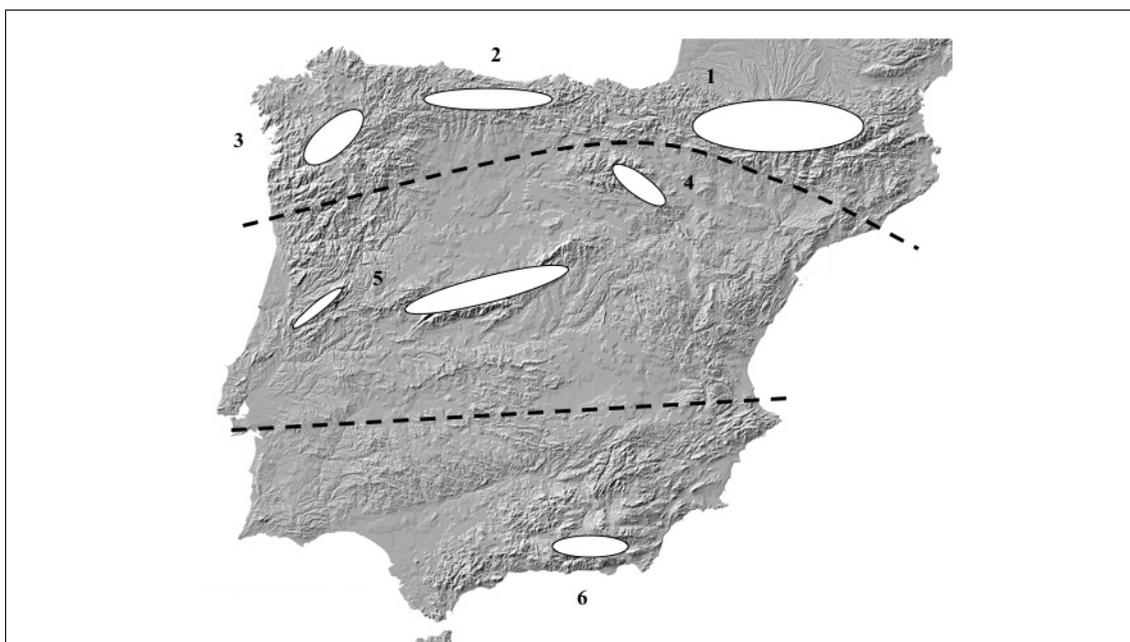


Fig. 1. Distribución de los principales focos glaciares de la Península Ibérica durante el Cuaternario. Sector Norte: 1. Cadena Pirenaica. 2. Cordillera Cantábrica. 3. Macizo Galaico. Sector Central: 4. Sistema Ibérico. 5. Sistema Central Español y Serra da Estrela. Sector Sur: 6. Sierra Nevada.

SECTOR NORTE

Incluye focos muy poco conocidos hasta hace unas décadas como es el glaciario del Macizo Galaico. En todos ellos, como ya se ha dicho, se produjo un glaciario de carácter húmedo y, en el caso de los Pirineos, el mayor desarrollo de este fenómeno en la península.

Pirineos

La cadena pirenaica es la única que al día de hoy cuenta con glaciares activos y es de la que se tiene un mayor número de datos acerca del fenómeno glaciario pleistoceno. En efecto, desde los trabajos pioneros de Penk (1883), Dalloni (1910), Obermaier (1921) y otros hasta hoy, se tiene un conocimiento bastante detallado del alcance y características principales del fenómeno glaciario en la cadena. Aunque la bibliografía es muy abundante, pueden citarse los siguientes trabajos: García-Sainz (1941), Alimen *et al.* (1957), Vilaplana (1983c), Serrano (1991), Martínez de Pisón (1991), Bordonau (1992), Chueca (1992 a, b), Chueca y Lampre (1994), Monserrat (1992), García-Ruiz y Martí Bono (1994) y Serrano y Martínez de Pisón (1994). Las últimas décadas se han centrado en el establecimiento y definición de los diferentes episodios así como de su cronología absoluta. Merecen destacar los siguientes trabajos de síntesis: Bru *et al.* (1985), Bordonau *et al.* (1992) y Serrat *et al.* (1994).

Los glaciares pleistocenos de la vertiente española alcanzaron cotas en torno a los 700-800 m y longitudes variables sobrepasando muchos de ellos la veintena de kilómetros. El espesor de los hielos llegó a ser superior a los 900 m en algunas cubetas de sobreexcavación.

El glaciario del sector occidental de la cadena no alcanzó –por su menor altura– el desarrollo que tuvo en el sector central que cuenta con muchos macizos de más de 3.000 m. Valles como el del Noguera Ribagorzana y Noguera Pallaresa, Arán y Benasque, Ordesa, Gállego, Aragón, y un largo etcétera, se vieron colmatados por potentes glaciares como el que ocupó el Noguera Pallaresa, de 52 Km de longitud y que, probablemente, ha sido el más grande que haya visto la península.

Por último, el Pirineo oriental fue afectado por un desarrollo glaciario menor en donde es de destacar una mayor profusión de glaciares rocosos ligados al carácter más seco de su clima debido a la proximidad del Mediterráneo.

En conjunto, la glaciación en la cadena pirenaica ha elaborado un relieve típicamente alpino con desarrollo de grandes glaciares de valle (en algún caso se citan glaciares de montera ocupando los restos de la superficie de cumbres) y formas menores en donde hay que destacar los glaciares rocosos.

Casi todos los autores admiten una evolución glaciario que consta, en líneas generales, de cuatro episodios: Un máximo representado por los arcos morrénicos más externos al que seguiría un período de estabilización. Se inicia entonces el retroceso definitivo de los hielos interrumpido por un pequeño repunte en el Tardiglaciario. Todos los modelos, en detalle, tienen pequeñas variaciones (sobre todo terminológicas); el propuesto por Bordonau *et al.*, (1992, *op. cit.*) ilustra el esquema general citado estableciendo las variaciones en la extensión de los hielos con indicación de edades absolutas (primer diagrama de la figura 2).

La mayoría de los autores admiten la existencia de vestigios de antiguas fases glaciares (restos de arcos morrénicos, bloques dispersos, terrazas, etc.) (Martí Bono, 1977; Vilaplana, 1983c; *op. cit.*) anteriores a 70.000 B.P. que podrían pertenecer al Pleistoceno Medio e incluso Inferior y que se corresponderían con una o varias etapas pre-máximo.

Existen numerosas dataciones que sitúan entre 70.000 y 38.000 B.P. el máximo glaciario (Bordonau, 1992, *op. cit.*; Monserrat, 1992, *op. cit.*). Ello supone una diacronía con respecto al máximo admitido en el Norte de Europa y Norteamérica (entre los 18.000-20.000 B.P.) de manera que el máximo europeo coincide con la deglaciación pirenaica. Más difícil es establecer pulsaciones dentro de esta fase por

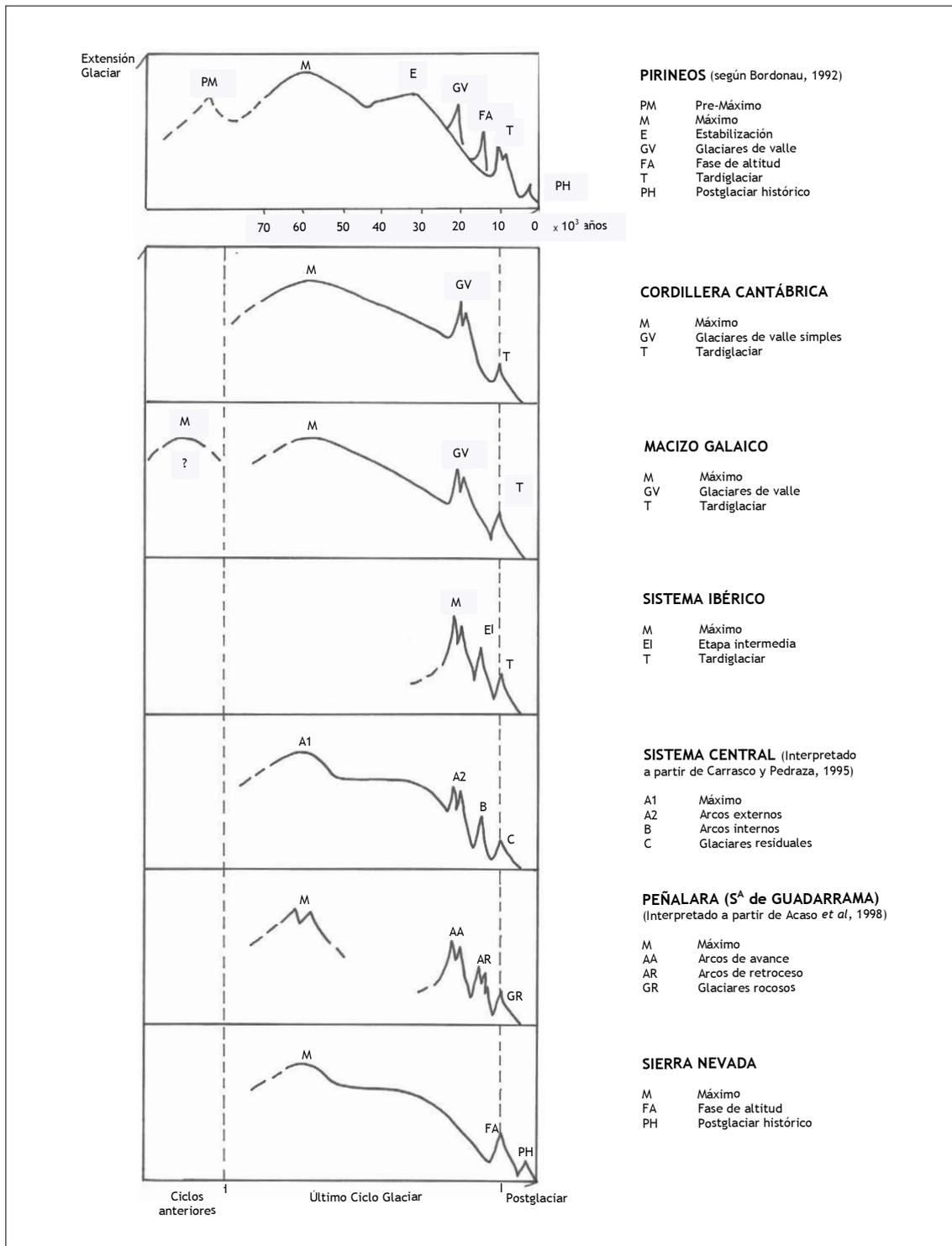


Fig. 2. Diagrama de correlación de las distintas fases del último ciclo glaciario en los diversos focos de la Península Ibérica.

falta de dataciones. Normalmente se admiten tres o cuatro episodios (Serrano y Martínez de Pisón, 1994, *op. cit.*; García Ruiz y Martí Bono, 1994, *op. cit.*). Bordonau considera que al final de este máximo se produce un episodio de estabilización post-máximo situado en torno a los 45.000-31.000 B.P.).

El retroceso glaciar abarca un largo período que se prolonga hasta el Tardiglaciario y en donde Bordonau distingue un período de glaciares de valle al que le sigue otro de glaciares mayoritariamente de circo (fase de altitud según el autor).

El Tardiglaciario (entre 13.250 y 11.000 años) queda definido por una pequeña reactivación en los circos, muchos de ellos probablemente deglaciados, con profusión de glaciares rocosos (Bordonau, 1992, *op. cit.*; Serrano y Martínez de Pisón, 1994, *op. cit.*) algunos de ellos funcionales actualmente (Agudo *et al.*, 1989).

Últimamente, los estudios sobre el glaciario actual de la cadena se han multiplicado. Destacan aquellos centrados en la Pequeña Edad del Hielo (desde el siglo XIV-XV hasta mediados del siglo XIX) que supuso una reactivación de las masas de hielo atribuyéndose a este episodio muchos arcos morrénicos a la salida de los circos. Generalmente se admite un período de relativa estabilidad (documentado históricamente) al que le seguiría un fuerte retroceso (Barrere, 1953; Nicolás, 1986). Los glaciares hoy día funcionales han sido estudiados, entre otros, por Alonso *et al.* (1983) y Martínez de Pisón y Arenillas (1988); estudios que incluyen técnicas de control mediante monitorización (Arenillas *et al.*, 1992). Actualmente, se contabilizan un total de 13 glaciares -todos ellos en franco retroceso y muchos en situación crítica-, 2 glaciares rocosos y 17 grandes heleros permanentes. La tendencia general es de retroceso constatándose una disminución de la superficie glaciada a menos de la mitad desde la Pequeña Edad del Hielo hasta la actualidad.

Cordillera Cantábrica

Carballo (1911) y Hernández Pacheco (1914) inician los estudios de glaciario en la zona pero es Obermaier (1914) quien por primera vez publica un trabajo detallado del fenómeno glaciar en Picos de Europa acompañado de una cartografía detallada. Stickel (1929), Hernández Pacheco (1944), Gómez de Llarena (1948) y otros, extienden los estudios a otros macizos de la cordillera y Nussbaum y Gyax (1953) realizan una síntesis de lo estudiado hasta ahora. Los trabajos posteriores profundizan en el análisis del fenómeno glaciar, sobre todo a partir de los años ochenta. Merecen citarse los trabajos de Lotze (1962), Muñoz (1980) y Castañón (1983). Las síntesis más recientes se deben a Frochoso y Castañón (1998) y Alonso (1998).

La cordillera cantábrica no constituye una cadena uniforme sino que, por el contrario, es un conjunto de macizos hasta cierto punto aislados con litologías, estructura y altitudes muy diferentes. Esto hace que el fenómeno glaciar sea muy variado. Además, según sea la orientación, puede hablarse

de un glaciario húmedo (sujeto a un clima de carácter oceánico) o de tendencia más seca si la orientación es, en general, hacia el Sur. Pueden definirse modelados de tipo alpino con mayor o menor desarrollo según altitud y características lito-estructurales como en los macizos de Peña Prieta y San Isidro, Somiedo, Ubiña, Reinosa y otros. Destacan los Picos de Europa por representar un modelado típicamente glaciokárstico con amplio desarrollo de formas características como *torres* y depresiones tipo *jou*.

Por lo general, las lenguas (que en ningún caso llegaron a sobrepasar los 16 Km de longitud) durante el máximo no alcanzaron los 1.000 m de altitud aunque hay excepciones como los complejos de Castro Valnera (340 m) o Bulnes (650 m).

No hay dataciones absolutas sobre el glaciario de la Cordillera Cantábrica aunque hoy día se acepta que las manifestaciones glaciares pertenecen a la última glaciación. Por lo general, la evolución queda definida por tres episodios: Un período de máximo avance, un retroceso generalizado con formación de aparatos alpinos individualizados (serían compuestos durante la etapa anterior) en donde algunos autores ven uno o dos estadios intermedios y, finalmente, una etapa residual definida por la presencia de glaciares de circo y rocosos.

Macizo gallegos

Los primeros trabajos sistemáticos con acompañamiento de cartografías más o menos precisas, se publican a mediados del siglo pasado. Así, cabe citar a Llopis Lladó (1954) para el Macizo de los Ancares, Hernández Pacheco (1958), en la Sierra de Queixa y Schmitz (1969) en Serra Segundeira, Queixa y Faro de Avión. Pero es a partir de la década de los 70 cuando se multiplican los trabajos (Vidal Romaní, 1989; Brum *et al.*, 1992; Pérez Alberti *et al.*, 1993; Rodríguez Guitián y Valcárcel, 1994; Vidal Romaní *et al.*, 1995 y Rodríguez Guitián *et al.*, 1996).

Los macizos gallegos se presentan aislados y apenas llegan a los 2.000 m de altitud. Sin embargo, las lenguas durante el máximo glaciar descendían a cotas entre los 700-800 m. con longitudes que no llegaron a sobrepasar los 12 Km y espesores de hielo entre 100 y 500 m. El tipo de glaciario es básicamente alpino con glaciares de lengua (simples y complejos) y formas menores (de ladera y de circo). También se citan glaciares de casquete (tipo *Ice cap*) en el Macizo de Trevinca y otros.

La evolución del fenómeno glaciar queda definida por un máximo en donde se elaboraría la mayor parte del modelado glaciar con existencia de glaciares de casquete. Seguiría a este máximo un retroceso definido por una compartimentación de los hielos que se confinarían a los antiguos valles fluviales con algún reavance. Por último, se produciría un retroceso definitivo conservándose glaciares residuales sólo en los macizos más altos (Ancares, Trevinca, etc.).

Últimamente se han obtenido algunos datos de

cronología absoluta. Vidal Romaní *et al.* (1999) mediante isótopos cosmogénicos y para las Sierras de Queixa y Xurés dan edades que situarían las fases más antiguas del glaciario gallego en la penúltima glaciación (Riss en terminología alpina) lo que obligaría a revisar el modelo de evolución. Otras dataciones fijan el final del glaciario entre los 13.400 ± 400 (Sierra de Queixa-Invernadoiro; Vidal Romaní y Santos Hidalgo, 1994) y 17.390 ± 90 (Sierra de Courel; Pérez Alberti y Valcárcel Díaz, 1998).

SECTOR CENTRAL

Se caracteriza por un glaciario de clima continental con un carácter de transición entre los de tendencia húmeda de la franja Norte y el foco de Sierra Nevada. Incluye el Sistema Ibérico y el Central.

Sistema Ibérico

Dada la escasa altitud de los diferentes macizos (apenas se superan los dos mil metros de altitud) el fenómeno glaciario pleistoceno tuvo escasa relevancia. Así, la mayor parte de los glaciares son de circo y las formas mayores apenas superan los dos kilómetros de longitud de lengua. Los Picos de Urbión se constituyen como el foco glaciario más importante. El resto se distribuye entre las sierras de la Demanda, Neila, Cebollera y Moncayo. Es de destacar que, a similar altitud con respecto a las sierras gallegas, la menor tasa de alimentación nival de la Ibérica por el clima continental que soporta, provoca un glaciario de escasa entidad.

Los primeros trabajos se deben a Carandell y Gómez de Llarena (1918), García Sanz (1947), Solé Sabarís (1952). Con Thorne (1968) comienzan los trabajos en profundidad acompañados de cartografías detalladas. Con posterioridad, cabe citar las siguientes aportaciones: García Ruiz (1979), Sáenz Ridruejo *et al.* (1979), Astier y Latorre (1980), Martínez de Pisón y Arenillas (1976), Pellicer (1989), Sanz Pérez (1986), Arnáez y García Ruiz (1990) y Ortega y Centeno (1987). Finalmente, Alonso Otero *et al.* (1982) realizan un trabajo de síntesis para todas las sierras de la Cadena Ibérica.

No existen dataciones absolutas y, dada la variedad lito-estructural de los diferentes focos, es difícil establecer un modelo de evolución. Aún así, se admiten tres episodios que la mayoría de los autores suponen como pertenecientes a la última glaciación. Así, un máximo bien definido en los Picos de Urbión donde cabe definir tres estadios, un episodio intermedio sólo presente en los glaciares mayores y un episodio final de glaciares de circo y residuales.

Sistema Central

Con la cadena pirenaica, el Sistema Central ha sido objeto de estudios pioneros. Obermaier y Carandell (1917) en la sierra de Guadarrama, inician las investigaciones con cartografías detalladas junto con Schmieder (1915), Huguet del Villar (1915) y Obermaier y Carandell (1917) para la sierra de Gre-

dos. En las décadas siguientes proliferan los trabajos centrados sobre todo en Gredos pero los estudios se van ampliando a otros macizos glaciados como la sierra de Béjar y la Serrota (Carandell, 1924; Vidal Box, 1929, 1932, 1936; Hernández Pacheco, 1957; Fränze, 1959). El auge que experimentan los estudios glaciares en la década de los setenta en la península queda reflejado igualmente en el Sistema Central. Así, es de destacar los siguientes trabajos: Martínez de Pisón y Muñoz, 1972; Fernández, 1976; Sanz Donaire, 1977; Sanz Herráiz, 1977 y 1988; Pedraza y Fernández, 1981a y b; Acaso y Ruiz Zapata, 1985; Centeno, 1983; Centeno *et al.*, 1983; Acaso, 1983; Bullón Mata, 1988; Sanz Herráiz, 1988; Rubio, 1990 y 1992; Marcos y Palacios, 1995; Carrasco, 1997 y Acaso *et al.*, 1998)

El fenómeno glaciario en el Sistema Central español no tiene la entidad del pirenaico y, en general, del sector Norte descrito anteriormente. De todas las sierras que forman la alineación montañosa, el sector central (Gredos y sierras adyacentes) fue el que alojó los glaciares más importantes junto con la Sierra de Béjar alcanzándose cotas del frente de fusión en torno a 1400 m. El sector oriental (Ayllón y Somosierra) sólo desarrolló glaciares de circo y formas menores a excepción del valle del Paular, en la Sierra de Guadarrama, con formación de glaciares de ladera especialmente en el macizo de Peñalara alcanzándose los 1.860 m de cota mínima. Por último, el sector occidental no muestra señales de actividad glaciario (sin contar las sierras portuguesas). Se generaron glaciares de valle de hasta 9 Km de longitud (en la sierra de Gredos donde se dan las máximas altitudes: 2.592 m) pero lo más frecuente son los glaciares de ladera y los de circo además de formas residuales como hoyas de nivación y, especialmente, glaciares rocosos. Últimamente (Carrasco y Pedraza, 1995) se han citado evidencias de glaciares de montera en las sierras de Béjar y de La Nava. Es preciso señalar que en la vecina Sierra de Estrella, con cotas por debajo de los 2.000 m, se desarrolló un glaciario más intenso produciendo aparatos como el del valle del Zézere de más de 13 Km de longitud. Tal hecho se debe al incremento de las precipitaciones por la cercanía del océano.

Todos los autores admiten que las manifestaciones glaciares en el Sistema Central pertenecen a la última glaciación aunque no existen dataciones absolutas. El modelo básico de evolución supone tres episodios normalmente denominados A, B y C (Rubio *et al.*, 1992): Un máximo A representado por los arcos morrénicos más externos; un episodio B caracterizado por glaciares fundamentalmente de circo; y un último episodio (Tardiglaciario) definido por glaciares residuales de entre los que destacan los glaciares rocosos. Últimamente, Carrasco y Pedraza (1995) (*op. cit.*) precisan el modelo subdividiendo el episodio A en una etapa de glaciares de montera al que le seguiría un período de estabilización y una etapa de glaciares de valle (el anterior A).

Acaso *et al.* (*op. cit.*) (1998) define para el macizo de Peñalara cuatro etapas que denominan máximo, arcos morrénicos de avance, arcos morrénicos

cos de retroceso y glaciares rocosos. Por último, Muñoz *et al.* (1995) describen algunas formas glaciares residuales como pertenecientes a la Pequeña Edad del Hielo.

SECTOR SUR

Queda definido por un glaciario de carácter seco que no permitió un desarrollo importante del fenómeno glaciario. Y eso, a pesar de que las mayores altitudes de la península se dan en el único foco de este sector: Sierra Nevada.

Sierra Nevada

En efecto, Sierra Nevada presenta las mayores altitudes de la península (Mulhacén: 3.482 m) pero el fenómeno glaciario retocó levemente su relieve. Además, este carácter seco se manifiesta en la poca capacidad morfogenética de los distintos aparatos glaciares lo que unido a la poca resistencia de los micaesquistos dominantes en el techo de la sierra, hacen que las formas y depósitos sean poco claros y, a veces, de difícil determinación.

Las primeras referencias al glaciario se producen a mediados del siglo XIX pero es Obermaier (1916) el primero en estudiar en profundidad el fenómeno glaciario. A lo largo del siglo XX se van sucediendo aportaciones (Dresch, 1937; Casas Morales, 1943; García Sanz, 1943; Paschinger, 1957; Lhenaff, 1977; Soria Mingorance *et al.*, 1985 y Soria Mingorance y Soria, 1986). Merece destacar el trabajo de síntesis de Gómez Ortiz *et al.* (1992) y Gómez Ortiz *et al.* (1996) que, mediante sondeos eléctricos, define de manera precisa la deglaciación.

Los glaciares fueron de valle y circo (con gran profusión de glaciares residuales) no pareciendo probable la existencia de glaciares de montera. En cualquier caso, el glaciario no fue muy intenso pues los mayores glaciares no sobrepasaron los 8 Km de longitud llegando excepcionalmente a cotas de 1400 m de altitud.

Todos los autores suponen que las manifestaciones glaciares en Sierra Nevada pertenecen a la última glaciación aunque existen indicios de glaciaciones antiguas (Messerli, 1965; Gómez Ortiz y Franch, 1998). El modelo de evolución consta de un máximo representado por los arcos morrénicos más externos que, tras un período de estabilización, le sucede un retroceso generalizado o de amplitud mínima o glaciario de altura siguiendo la terminología de los últimos autores citados. Este último episodio se produce durante el Tardiglaciario y el desarrollo de glaciares rocosos podría fecharse en torno a 15.000-9.000 BP; datos obtenidos a partir de perfiles palinológicos de la localidad de Padul. Finalmente, durante la Pequeña Edad del Hielo se tienen indicios de crecimiento, aunque modesto, de masas de hielo alojados en los circos. Especialmente en el Corral del Veleta donde se cuenta con documentación histórica de viajeros que describen, a mediados del siglo XIX, pequeños glaciares alojados en su fondo. Gómez Ortiz *et al.* (1996) (*op. cit.*)

detectan la existencia de lentejones de hielo enterrados a tres metros de profundidad en la masa de derrubios que cubre el fondo del cuenco más oriental del Corral. Tal hecho puede ilustrar los mecanismos de extinción de los glaciares de manera que, como en el Veleta, a partir de glaciares de circo, éstos pueden degradarse y formar una gran masa de derrubios generada por gelifractos, morrenas de nevé y glaciares rocosos. El último acto sería el recubrimiento de las masas de hielo por parte de los detritos. Los lentejones de hielo, sin flujo ya, se irían reduciendo paulatinamente (es el momento actual descrito para el Corral del Veleta) hasta extinguirse.

CONCLUSIONES

A la vista de lo descrito resulta evidente la desigual acción de los hielos en las diferentes cadenas de la península. Los relieves intensamente glaciados del alto Pirineo o los Picos de Europa contrastan con el glaciario "puntual" del Sistema Ibérico o de muchos sectores de otras cadenas como el Sistema Central. Destaca el fuerte desarrollo del fenómeno glaciario en el extremo Noroeste de la península que, con altitudes modestas, llega a generar glaciares tipo *ice cap* como en el macizo de Trevinca y alcanzar cotas verdaderamente bajas. Este hecho pone de manifiesto la intensa alimentación nival como consecuencia del clima húmedo y de carácter oceánico de los macizos gallegos.

Resulta difícil intentar siquiera sea un esbozo de correlación entre los diferentes macizos dada la ausencia de dataciones absolutas en la mayor parte de los sistemas montañosos (Cordillera Cantábrica y sistemas Ibérico y Central). Incluso, en aquellos con dataciones, éstas sólo se refieren al Tardiglaciario como es el caso de Sierra Nevada. Sólo la cadena pirenaica, como se ha dicho, tiene suficientes dataciones para constituirse en patrón de comparación.

En general, después del máximo glaciario (que para los Pirineos se sitúa entre los 70.000-38.000 BP) se produce una etapa de estabilización en muchas cadenas. Esta etapa produce los arcos morrénicos más importantes en la mayoría de los aparatos glaciares. Antes, para la cadena pirenaica, cabe definir una o varias etapas pre-máximo (anteriores cuando menos a los 70.000 BP) que podrían corresponder a fases glaciares antiguas (Pleistoceno Medio e incluso Inferior) como es el caso de algunas dataciones en Galicia que obligan a suponer los episodios más antiguos del glaciario gallego como pertenecientes a la penúltima glaciación. Conviene no olvidar que el máximo glaciario fechado en Pirineos no coincide (en más de 25.000 años) con el máximo glaciario noreuropeo de manera que las únicas fechas absolutas de que se dispone para el episodio de máximo glaciario peninsular están sometidas a una cierta polémica.

Un retroceso importante de las masas de hielo después del máximo es común a todas las cadenas. En los Pirineos y siguiendo a Bordonau (1992) (*op. cit.*) se establecen dos etapas: De glaciares de valle (en torno a 20.000 años BP) y fase de altitud o glaciares de circo (en torno a 15.000 BP). Ambos epi-

sodios parecen corresponder con similares etapas en muchas cadenas. Así, para la Cordillera Cantábrica, Macizos Galaicos, Sistema Ibérico y Sierra Nevada se establece un episodio de glaciares de valle con alguna fase intermedia (en algún caso y dependiendo de la situación más o menos crítica del glaciario por características locales se pasa directamente a la etapa de glaciares de circo). En el Sistema Central la posible correlación es aún más estrecha estableciéndose un episodio de glaciares de valle (segundo episodio A, según Carrasco, 1997, *op. cit.*) y otro de circo (episodio B). Es preciso señalar sin embargo, que este intento de correlación es por completo especulativo dada la ausencia de dataciones.

El Tardiglaciario es el episodio más documentado y el que posee mayor número de dataciones. En Pirineos se establece entre los 13.250 y los 11.000 años y queda definido por una reactivación de los glaciares de circo y muy especialmente de los glaciares rocosos. Lo dicho es aplicable a todos los focos glaciares. En las sierras gallegas se fija el final del glaciario entre los 17.300 y los 13.000 años y en Sierra Nevada el Tardiglaciario se sitúa en torno a 15.000-9.000 BP.

Por último, durante el Holoceno existe documentación histórica del avance que experimentaron los hielos durante la Pequeña Edad del Hielo en la cadena pirenaica y en Sierra Nevada e indicios en el Sistema Central.

En la actualidad, sólo existen glaciares funcionales -hasta un número de trece- en los Pirineos, todos ellos en retroceso y algunos en situación crítica.

La figura 2 es un intento de correlación del glaciario de todos los sistemas montañosos en base a diagramas cualitativos que relacionan tiempo y extensión glaciario. A la vista de los gráficos se hace necesaria alguna precisión: Cuando se citan autores para algunos macizos se entiende que se siguen sus criterios pero no así su correlación con otras montañas cuya responsabilidad recae sobre el autor de este artículo. Cuando no se citan, la gráfica resulta de la síntesis, para el presente artículo, de todas las aportaciones para cada sistema montañoso. Finalmente, la correlación que muestra la figura no es más que una propuesta que, a falta de dataciones absolutas, resulta, sin duda, cuestionable.

BIBLIOGRAFÍA

Acaso, E. (1983). Estudio del Cuaternario en el Macizo Central de Gredos. *Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. de Alcalá*, pp. 442. Madrid.

Acaso, E. y Ruiz Zapata, B. (1985). Secuencia de procesos durante el Cuaternario en el Macizo Central de Gredos (Sistema Central Español). *Actas de la I Reunión del Cuaternario Ibérico*, Vol. 1. Lisboa.

Acaso, E., Centeno, J. y Pedraza, J. (1998). Nuevas aportaciones al modelo evolutivo del glaciario de Peñalara, Sistema Central Español. En *Gómez Ortiz y Salvador Franch (Eds.) "Investigaciones recientes de la geomorfología española"*. SEG-Geofoma, pp. 691-696. Granada.

Agudo, C.; Serrano, E. y Martínez de Pisón, E. (1989). El glaciario rocoso activo de los Gemelos en el macizo del Po-

sets (Pirineo aragonés). *Geomorfología y Cuaternario*, 1989, 3 (1-4), pp. 83-91.

Alimen, H.; Fontboté, J.M. y Sole, L. (1957). Livret-guide de l'excursion N1-Pyrénées. *V Congrès Int. INQUA*, 107 pp. Madrid-Barcelona.

Alonso, M.V. (1988). El glaciario de la comarca de Lancia y alrededores (sector occidental de la Cordillera Cantábrica). En *Gómez Ortiz y Pérez Alberti (eds.) "Las huellas glaciares de las montañas españolas"* Univ. Santiago, pp. 65-137.

Alonso Otero, F., Arenillas, M. y Sáenz Ridruejo, C. (1982). La morfología glaciario en las montañas de Castilla la Vieja y León. En *"El Espacio Geográfico de Castilla la Vieja y León"*. Consejo General de Castilla y León, pp. 23-43. Burgos.

Arenillas, M.; Canatrino, I.; Marín, R.; Martínez de Pisón, E. y Pedrero, A. (1992).- El control de los glaciares actuales en el programa ER-HIN. En *"La nieve en las cordilleras españolas."* MOPT, pp. 215-227, Madrid.

Arnáez, J. y García Ruiz, J.M. (1990). *Mapa geomorfológico de Ezcaray*. Geforma. Ediciones e Instituto de Estudios Riojanos, 28 pp. Logroño.

Astier, J., Latorre, F.J. (1980). *El glaciario cuaternario en la Sierra de Cebollera*. Obra Cultural de la Caja de Ahorros y Préstamos de la provincia de Soria. Soria.

Barrere, P. (1953). Equilibre glaciario actual et quaternaire dans l'Ouest des Pyrénées centrales. *Rev. Geo. Pyr. S.O.*, pp. 116-134.

Bordonau, J. (1992). *Els complexos glacio-lacustres relacionats amb el darrer cicle glacial als Pirineus*. Geofoma, ed. 251 pp. Logroño.

Bordonau, J.; Serrat, D. y Vilaplana, J.M. (1992). Las fases glaciares cuaternarias en los Pirineos. En *Cearreta, A. y Ugarte, F.M. (eds.)- "The late Quaternary in the western Pyrenean Region."* 303-312. Univ. País Vasco. Bilbao.

Bru, M.J.; Gómez, A.; Serrat, D.; Ventura, J. y Vilaplana, J.M. (1985). Síntesis de la dinámica glaciario cuaternaria en la vertiente meridional del Pirineo catalán. *I Reunión del Cuaternario Ibérico*, I, pp. 165-183, Lisboa.

Brum Ferreira, A.; Vidal Romaní, J.R.; Vilaplana, J.M.; Rodrigues, M.L.; Zézere, J.L. y Monge, C. (1992). Formas e depósitos glaciares e periglaciares da Serra do Geres-Xures (Portugal-Galicia). Levantamiento cartográfico. *Cuaderno de Laboratorio Xeológico de Laxe.*, 17, pp. 121-135, Sada (A Coruña).

Bullón Mata, T. (1988). *El sector occidental de la Sierra de Guadarrama*. Consejería de Política Territorial, pp. 283. Comunidad de Madrid.

Carandell, J. (1924). La topografía glaciario del macizo del Trampal-Calvitero (Béjar). *Bol. del Instituto Geológico y Minero de España*, tomo XLV, Madrid.

Carandell, J. y Gómez de Larena, J. (1918). El glaciario cuaternario en los Montes Ibéricos. *Trab. Del Mus. Nac. De Cienc. Nat.*, secc. Geol., pp. 22. Madrid.

Carballo, J.M. (1911). Excursión geológica a Picos de Europa (Santander). *Bol. de la Soc. Esp. de Historia Natural*, pp. 216-225, Madrid.

Carrasco, R. (1997). *Estudio geomorfológico del valle del Jerte (Sistema Central Español): secuencia de procesos y dinámica morfológica actual*. Tesis Doctoral. UCM. pp. 343. Madrid.

Casas Morales, A. (1943). Contribución al estudio del glaciario cuaternario en Sierra Nevada. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* XLI: 543-567. Madrid.

Castañón Álvarez, J.C. (1983). *El glaciario cuaternario del macizo de Ubiña (Asturias-León) y su importancia morfológica*. *Eria*, 4, pp. 3-49.

Centeno, J. (1983). *Síntesis y clasificación geomorfológicas de la Sierra de Guadarrama*. Tesis de Licenciatura. Fac. de CC. Geológicas. UCM. pp. 126. Madrid.

- Centeno, J., Pedraza, J. y Ortega, J. L. (1990). Estudio geomorfológico del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glaciaria. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 81 (3-4), pp. 153-171. Madrid.
- Chueca, J. (1992a). *Análisis geomorfológico de la fenomenología glaciaria y periglaciaria en el macizo del Turbón-Sierra de Ballabriga (Pirineo Oscense)*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, 212 pp. Huesca.
- Chueca, J. (1992b). Estimación de paleotemperaturas durante el Pleistoceno Final: Pirineo Central español. *Estudios geológicos*, 207, pp. 241-263.
- Chueca, J. y Lampre, F. (1994). Los glaciares altoaragoneses. *Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo*, 32 pp. Huesca.
- Dalloni, M. (1910). *Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. Ann. Fac. Sc. de Marsella, XIX, 444 pp.
- Dresch, J. (1937). "De la Sierra nevada au Grand Atlas, formes glaciaires et formes de nivación. *Melanges de géographie et d'orientalisme offerts à E.F. Gautier*. Pp. 194-212. Tours.
- Fernández, P. (1976). *Estudio geomorfológico del macizo Central de Gredos*. Tesis de Licenciatura. Fac. CC. Geológicas. UCM, pp. 176. Madrid.
- Frochoso, M. y Castañón, J.C. (1998). El relieve glaciario de la Cordillera Cantábrica. En *Gómez Ortiz y Pérez Alberti (eds.) "Las huellas glaciares de las montañas españolas"* Univ. Santiago, pp. 65-137.
- García Ruiz, J.M. (1979).- El glaciario cuaternario en la Sierra de la Demanda. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 5 (2):3-25.
- García Ruiz, J.M. y Martí Bono, C. (1994). Rasgos fundamentales del glaciario cuaternario en el Pirineo aragonés. En *Martí Bono, C. y García Ruiz, J.M. (eds.)- "El glaciario surpirenaico: nuevas aportaciones"* pp. 17-31. Geoforma ed. Logroño.
- García Sáinz, L. (1941). Las fases epiglaciares del Pirineo español. *Est. Geográficos*, 3, pp. 209-268. Madrid.
- García Sáinz, L. (1943). El glaciario cuaternario en Sierra Nevada. *Estudios Geográficos*. IV:233-254. Madrid.
- García Sáinz, L. (1947). El clima de la España cuaternaria y los factores de su formación. *Discurso de apertura del año académico 1947-48*. Universidad de Valencia, pp. 147. Valencia.
- Gómez de Llarena, J. (1984). Huellas de glaciario cuaternario en la Sierra de Aralar (Guipúzcoa-Navarra). *Munibe*, 1, pp. 10-15.
- Gómez Ortiz, A.; Sánchez Gómez, St.; Simón, M.; Salvador, F. y Esteban, A. (1992). Síntesis de la morfología glaciaria y periglaciaria en Sierra Nevada". *Estudios de Geomorfología en España*. SEG, pp. 379-392. Murcia.
- Gómez Ortiz, A.; Schulte, L. y Salvador Franch, F. (1996). Contribución al conocimiento de la deglaciación reciente y morfología asociada del corral del Veleta (Sierra Nevada). *Cuadernos do Lab. Xeolóxico de Laxe*. 21: 543-558. O Castro.
- Gómez Ortiz, A. y Pérez Alberti, A. (1998). *Las huellas glaciares de las montañas españolas*. Universidade de Santiago de Compostela. 430 pp.
- Gómez Ortiz, A.; Martí Bono, C. E. y Salvador Franch, F. (2001). *Evolución reciente de los estudios de Geomorfología glaciaria y periglaciaria en España (1980-2.000): balance y perspectivas*. En "Evolución reciente de la Geomorfología española (1980-2000). Aportación española a la V Conferencia Internacional de Geomorfología (Tokio 2001)". Sociedad Española de Geomorfología. Barcelona- Madrid.
- Hernández Pacheco, E. (1914). Comentario acerca de observaciones geológicas en los Picos de Europa (Asturias). *Bol. de la Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, pp. 407-408, Madrid.
- Hernández Pacheco, F. (1957). *Livret- Guide de l'excurción C-1 Gredos*. V Congreso del INQUA. Madrid.
- Hernández Pacheco, F. (1944). Fisiografía, geología y glaciario cuaternario en las Montañas de Reinosa. *Memooria de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Serie de Ciencias Naturales, Madrid.
- Hernández Pacheco, F. (1958). El glaciario cuaternario de la Sierra Queija-Orensa, Galicia. *Actas del V Congreso del INQUA*. Pp. 267.279, Madrid.
- Huguet del Villar, E. (1915). Los glaciares de Gredos. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Tomo XV, pp. 379-390. Madrid.
- Llopi Lladó, N. (1954). Sobre la morfología de los Picos Ancares y Miravalles. *Rev. Las Ciencias*, Madrid.
- Lhenaff, R. (1977). *Recherches géomorphologiques sur les Cordilleras Betiques centro-occidentales (Espagne)*. Thèse. Université de Lille.
- Lotze, F. (1962). Pleistozäne vergletscherungen im Ostteil des Kantabrischen Gebirges (Spanien). *Wiesbaden: Akademie de Wissenschaften und der Literatur*, 2, pp. 149-177.
- Marcos, J. y Palacios, D. (1995). Evolución del relieve glaciario en la Garganta Blanca. En *Aleixandre, T y Pérez-Gonzalez, A (Eds.) "Reconstrucción de paleoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario"*. Monografías 3. Centro de Ciencias Medioambientales CSIC. Pp. 215-225. Madrid.
- Martínez de Pisón, E. (1991). *El valle de Benasque. Estudio geomorfológico*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, 196 pp. Huesca.
- Martínez de Pisón, E. y Muñoz Jiménez (1973). Observaciones sobre la morfología del Alto Gredos. *Estudios Geográficos*, 129, 3-103.
- Martínez de Pisón, E. y Antón Burgos, J. (1981). Repertorio bibliográfico sobre morfología glaciaria de la península Ibérica. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 7, pp. 3-50.
- Martínez de Pisón, E. y Arenillas, M. (1976). La morfología del Moncayo. *Tecnitterae*, 18:8 pp.
- Martínez de Pisón, E. y Arenillas, M. (1988). Los glaciares actuales del Pirineo español. En *"La nieve en el Pirineo español"* MOPU, pp. 29-98. Madrid.
- Messerli, B. (1965). Beitrag zur geomorphologie der Sierra Nevada. *Juris Verlag*. Zurich.
- Montserrat, J.M. (1992). *Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 6, 147 pp. CSIC.
- Muñoz Jiménez, J. (1980). Morfología estructural y glaciario en la Cordillera Cantábrica: el relieve del sinclinal de Saliencia (Asturias-León). *Eria*, 1, pp. 35-65.
- Muñoz, J., Palacios, D. y Marcos, J. (1995). The influence of the geomorphologic heritage on present slope dynamics. The Gredos Cirque, Spain. *Pirineos*.
- Nicolás, P. (1986). *Morfología de un aparato glaciario: el glaciario nororiental de Monte Perdido. Pirineo aragonés*. En Martínez de Pisón, E. y Tello, B. (Coord.)- "Atlas de geomorfología". Alianza editorial, pp. 189-207, Madrid.
- Nussbaum, F. y Gygax, F. (1953). La glaciación cuaternaria en la Cordillera Cantábrica. *Est. Geográficos*, pp. 261-270.
- Obermaier, H. (1914). Estudio de los glaciares de los Picos de Europa. *Museo Nacional de Ciencias Naturales*, Madrid.
- Obermaier, H. (1916). Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada. *Trabajos del Mus. Nac. De Cienc. Nat. (Geol.)*, 17:1-68. Madrid
- Obermaier, H. y Carandell, J. (1916). Contribución al estudio del glaciario cuaternario de la Sierra de Gredos. *Trab. del Mus. Nac. de Cienc. Nat. (Geol.)*, num. 14, pp. 55. Madrid.
- Obermaier, H. y Carandell, J. (1917). Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama. *Trab. Del Mus. Nac. De Cienc. Nat. (Serie Geol.)*, num. 19, pp. 95. Madrid.
- Obermaier, H. (1921). Die eiszeitliche Verglerscherung Spanien. *Petermans Geogr. Mitt.*, 67, pp. 158-162.
- Ortega, L.I. y Centeno, J. (1987). Nota sobre nuevos focos glaciares detectados en la Sierra de Neila (NW del Sistema Ibérico, España). *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat. (Geol.)*, 82 (1-4): 147-150.

- Paschinger, H. (1957). Las formas glaciares de Sierra Nevada, España. *Memorias y Comunicaciones del Instituto Provincial*, pp. 81-94. Barcelona.
- Pedraza, J. y López, J. (1980). *Gredos, geología y glaciario*. Caja de Ahorros de Ávila, Ávila.
- Pedraza, J. y Fernández, P. (1981a). Terciario y Cuaternario del Mapa geológico de Bohoyo. En "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, num. 577". IGME. Madrid.
- Pedraza, J. y Fernández, P. (1981b). Terciario y Cuaternario del mapa Geológico de Arenas de San Pedro. En "Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, num. 578". IGME. Madrid.
- Pellicer, F. (1989). El medio físico inerte en la Sierra del Moncayo en el contexto de las montañas del interior de la península Ibérica. *Turiaso*, 9: 29-59.
- Penk, A. (1983). *Die Eiszeit in der Pyraen*. Mitt. Ver. Erd. Leipzig.
- Pérez Alberti, A. (1993).- *Xeomorfoloxía*. En Pérez Alberti (Dir.) Xeografía de Galicia, Tomo III, edicions Gran Enciclopedia Galega, 260 pp. Santiago.
- Pérez Alberti, A.; Rodríguez Guitián, M.A. y Valcárcel Díaz, M. (1993). Las formas y depósitos glaciares en las Sierras Orientales y Septentrionales de Galicia (NW Península Ibérica). En Pérez Alberti, Guitián Rivera y Ramil Rego (Eds.)- "La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los Caminos Jacobeos" Xunta de Galicia, pp. 61-90. Santiago.
- Pérez Alberti, A. y Valcárcel Díaz, M. (1998). Caracterización y distribución espacial del glaciario en el Noroeste de la Península Ibérica. En Gómez Ortiz y Pérez Alberti (Eds.) *Las huellas glaciares de la montañas españolas*". Univ. Do Santiago. Pp. 17-62.
- Rodríguez Guitián, M.A. y Valcárcel Díaz, M. (1994). Contribución al conocimiento del glaciario pleistoceno en la vertiente suroccidental del Macizo de Peña Trevinca (Montañas-Sanabrienses, NW Ibérico). En Arnáez-Vadillo, J.; García-Ruiz, J.M. y Gómez Villar, A. (Eds.) "Geomorfología en España" III Reunión de Geomorfología, I, pp. 241-251, Logroño.
- Rodríguez Guitián, M.A.; Valcárcel Díaz, M y Pérez Alberti, A. (1969). Morfogénesis glaciario en la vertiente meridional de la Serra do Caurel (NW Ibérico): El valle de A Seara. En Pérez Alberti y Martínez Cortizas (Coord.) "Avances en el conocimiento paleoambiental de las montañas lucenses" Pp. 77-88, Dip. de Lugo.
- Rubio, J.C. (1990). *Geomorfología y Cuaternario de las Sierras de la Nava y Béjar (Sistema Central Español)*. Tesis Doctoral. UCM. pp. 319. Madrid.
- Rubio, J.C., Pedraza, J. y Carrasco, R. (1992). Reconocimiento de Tills primarios en el sector central y occidental de la Sierra de Gredos (Sistema Central Español). En López Bermúdez et al. (eds.) "Estudios de Geomorfología en España". Sociedad Española de Geomorfología, pp. 413-422. Murcia.
- Sanz Pérez, E. (1986). Huellas glaciares en la Sierra de Cebollera. *Quaternary Climate in Western Mediterranean*, pp. 65-81. Madrid.
- Saenz Ridruejo, C., Arenillas, M., Barbazán, J.M., Pozo, E. y Calvo, J.A. (1979). La morfología glaciario de la Sierra de Cebollera. *I Reunión Regional sobre la Geología de la Cuenca del Duero*, pp. 589-604.
- Schmieder, O. (1915). Die Sierra de Gredos. *Mitteilgn der Geographischen Gesselschaft in Munchen*. Tomo 10, num. 1. Erlangen.
- Schmitz, H. (1969). *Glazialmorphologische untersuchungen in Bergland Nortwestspanien (Galicien-Leon)*. Geographische Institut der Universität, Köln. 157 pp.
- Sanz Donaire, J.J. (1977). El glaciario en la cara Sur del Macizo del Barco de Avila. *Tercer coloquio de Geografía de Granada*. Universidad de Granada.
- Sanz Herráiz, C. (1977). Morfología glaciario en la Sierra de Guadarrama. El modelado de las áreas glaciares y periglaciares (Peñalara-los Pelados). V Coloquio de Geografía. Pp. 49-55. Granada.
- Sanz Herráiz, C. (1988). *El relieve del Guadarrama Oriental*. Consejería de Política Territorial. CAM. Pp. 547. Madrid.
- Serrano, E. (1991).- *Geomorfología glaciario de las montañas y valles de Panticosa y de la ribera de Biescas (Pirineo Aragonés)*. Tesis Doctoral. Univ. Autónoma de Madrid, 957 pp. Madrid.
- Serrano, E. y Martínez de Pisón, E. (1994). Geomorfología y evolución glaciario en el Pirineo Aragonés. En Martí Bono, C. y García Ruiz, J.M. (eds.)- "El glaciario subpirenaico: Nuevas aportaciones", pp. 33-64. Geofoma Ed. Logroño.
- Serrat, D.; Bordonau, J.; Bru, J.; Furdada, G.; Gómez, A.; Martí, J.; Martí, M.; Salvador, S.; Ventura, J. y Vilaplana, J.M. (1994). Síntesis cartográfica del glaciario subpirenaico oriental. En Martí Bono, C. y García Ruiz, J.M. (eds.)- "El glaciario subpirenaico: Nuevas aportaciones." 915. Geofoma Ed. Logroño.
- Sole Sabaris, I. (1952). *Geografía Física de España, en geografía de España y Portugal*. Ed. Montaner y Simón, T. 1, pp.497. Barcelona.
- Soria Mingorance, F.J., Soria Rodríguez, F. y Jabaloy Sánchez, A. (1985). El modelado glaciario en las vertientes meridionales de Sierra Nevada (Granada).- *I Reuniao do Cuaternario Ibérico*, pp. 153-163. Lisboa
- Soria Mingorance, F.J. y Soria, M. (1986). Depósitos de glaciares rocosos en Sierra Nevada (Granada). *Acta Geológica Hispánica*, 21-22: 123-129. Barcelona.
- Stickel, J. (1929). Observaciones de geomorfología glaciario en el NO de España. *Bol. Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, 29, pp. 297-318, Madrid.
- Thornes, J. (1968). Glacial and periglacial features in the Urbions Mountains. *Estudios Geológicos*, 24: 249-258.
- Vidal Box, C. (1929). Nuevos estudios sobre el glaciario Cuaternario Ibérico. *Memorias de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo XXXV, pp. 79-81. Madrid.
- Vidal Box, C. (1932). Morfología glaciario cuaternario del macizo Oriental de la Sierra de Gredos. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo XXXII, pp. 117-135. Madrid.
- Vidal box, C. (1936). Contribución al conocimiento morfológico del segmento occidental de la Sierra de Gredos (Bohoyo). *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo XXXV, pp. 79-81. Madrid.
- Vidal Romaní, J.R. (1989). *Galicia*. En "Memoria del mapa del cuaternario de España". ITGE, 279, Madrid.
- Vidal Romaní, J.R. y Santos Hidalgo, L. (1994). La deglaciación finicuaternaria en el noroeste peninsular (Sierra de Queixa-Invernadorio, Ourense, Galicia): datos geomorfológicos y paleobotánicos. *Cuaternario y Geomorfología*, 8 (1-2), pp. 33-44.
- Vidal Romaní, J.R.; Santos Hidalgo L. y Jalut, G. (1995). Cronología relativa del máximo glaciario finipleistoceno en el sector nor-oriental de la Serra de Queixa (Ourense, Galicia, España. *Actas de la 3ª Reuniao do Cuaternario Ibérico*. GTEPQ-AEQUA, pp. 210-215, Coimbra.
- Vidal Romaní, J.R.; Fernández Mosquera, D.; Martí K. y Brum Ferreira, A. (1999). Nuevos datos sobre la cronología glaciario pleistoceno en el NW de la Península Ibérica. *Cuadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe*, 24, pp. 7-30.
- Vilaplana, J.M. (1983c). *Estudi del glaciario quaternari de les altes valls de la Rigaborza*. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona, 322 pp., Barcelona. ■