

La investigación española sobre geomorfología de regiones frías. Areas geográficas, estudios actuales y resultados

ANTONIO GÓMEZ ORTIZ
DAVID PALACIOS ESTREMERÁ*

Palabras clave: *grupos españoles de investigación, investigaciones recientes, morfología de países fríos*

Key words: *geomorphology of cold regions, recent studies, Spanish Research Teams*

INTERÉS POR EL ESTUDIO DE LAS REGIONES FRÍAS

El interés por el estudio de la morfodinámica de las regiones frías se viene acometiendo desde diferentes centros de investigación, principalmente desde aquellos instalados en Facultades Universitarias (Unidades de Geografía Física, Geomorfología Dinámica, Edafología, Física, etc.) y las secciones de Ciencias de la Tierra dependientes del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). La celebración en 1957, en Madrid y Barcelona, del V Congreso Internacional de la INQUA significó un decisivo impulso a esta temática.

Hasta la década de los sesenta se vino dedicando una atención preferente al glaciario (localización de focos glaciares, identificación de registros morfológicos, datación relativa de acontecimientos, cartografía, etc.), lo que supuso un conocimiento general de su impronta en los principales sistemas montañosos (Barrère, García Saiz, Gómez de Llarena, Hernández Pacheco, Llobet, Messerlí, Nussbaum, Obermaier, Paschinger, Solé Sabarís, Vidal Box, etc.), quedando los acontecimientos morfológicos periglaciares en segundo plano o muy subordinados al tema glaciar. Desde entonces y por influencia de diferentes investigadores franceses, principalmente, la morfodinámica asociada al hielo en el suelo empezó, aunque de forma tímida, a cobrar importancia entre los estudiosos españoles, sobre todo, al descubrir su dilatada amplitud espacial y variedad de manifestaciones (heredadas y subactuales) más allá de los márgenes estrictos de las áreas glaciadas.

Este cambio de actitud, operado decididamente a partir de finales de los años setenta, tal como se desprende del V Coloquio de Geógrafos Españoles (Granada, 1977), dotó a la investigación sobre regiones frías (glaciario y/o periglaciario) de un lugar propio en el panorama científico español. Prueba de ello son los grupos de trabajo existentes en los

* Profesor Titular de Geografía Física de la Universidad Complutense de Madrid.

centros de investigación y que desde perspectivas pluridisciplinares acometen el significado geomorfológico y geoecológico que tienen los procesos fríos en la definición de los paisajes. Otro indicativo del interés que despierta esta rama disciplinar es el bagaje de publicaciones aparecidas durante estos últimos años, la celebración de eventos científicos así como también la presencia de equipos españoles en programas internacionales.

En la actualidad, la investigación sobre regiones frías tiende a diversificar intereses temático y geográfico. Por un lado, se acomete el estudio de formas heredadas o relictas, asociadas a regímenes fríos pleistocenos, lo que supone, además, ensayar cronologías paleoclimáticas y reconstrucción de paleoambientes tomando como apoyo la información procedente de análisis sedimentológicos, edafológicos, bioestratigráficos, etc. y, en muchas ocasiones, además, soporte de datación absoluta. Por otro lado, más reciente en el tiempo, las investigaciones se centran en la identificación y cuantificación de procesos periglaciares actuales en la alta montaña, entendiéndolos como factores determinantes en la evolución del paisaje.

En cuanto a las áreas geográficas donde se vienen llevando a término los diferentes programas de investigación, la mayoría prestan atención a los distintos sistemas montañosos peninsulares (Pirineo, Béticas, Sistema Central, Cordillera Ibérica, Cordillera Cantábrica, Macizos Noroccidentales) e insulares (edificio volcánico del Teide, Tenerife) y también a las depresiones interiores inmersas en la Meseta castellana y piedemontes limítrofes (Sistema Ibérico). Se trata, en conjunto, dadas las características del territorio español, de un abanico muy amplio de ambientes geográficos caracterizados por una amalgama de morfoestructuras, litologías y climas, además, de una gran variabilidad de latitudes (43°40', Galicia; 27°30', isla de Hierro), altitudes (desde los 700 m. hasta los 3700 m) y orientaciones.

También, desde 1985, los investigadores españoles trabajan con más intensidad fuera del país. En tal sentido, destaca la labor que últimamente se viene llevando a cabo a través del Programa Nacional Antártico (Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico), centrandose estudios en la Isla de Livingston (Shetland del Sur). Igualmente, deben mencionarse aquellos otros proyectos de cooperación internacional sobre temas de evolución glacial reciente y formas asociadas al hielo en el suelo de determinadas regiones de Patagonia, Tierra de Fuego, Andes peruanos, Nanga Parbat (Himalaya) y estratovolcanes de México.

Paralelamente al dinamismo que se le imprimen a estos tipos de estudios por parte de los diferentes equipos de investigadores hay que destacar, además, la potenciación que reciben a través de asociaciones y grupos de trabajo. En este sentido cabe mencionarse la labor que viene haciendo en pro de la investigación glacial y periglacial la A.E.Q.U.A. (Asociación Española para el Estudio del Cuaternario), estrechamente vinculada a la I.N.Q.U.A., la S.E.G. (Sociedad Española de Geomorfología) y el Grupo Español de la I.P.A. (*International Association Permafrost*).

Recientemente varios acontecimientos científicos de ámbito estatal han tenido lugar sobre el estado actual de las investigaciones sobre regiones frías. En 1991, el IV Simposio de Estudios Antárticos (La Laguna, Tenerife). En 1992, el Simposio sobre Geología de la Antártida, dentro del III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología (Salamanca). En 1993, el Seminario sobre Investigación Española en la Antártica (Santander). Y en octubre de 1994, en Barcelona, y auspiciado por la Secretaría del Plan Nacional de I+D y la Universidad de Barcelona, el V Simposio de Estudios Antárticos. En todos ellos se puso en común la labor desarrollada y logros alcanzados por los equipos de investigadores españoles que durante estos últimos años vienen trabajando sobre temas antárticos.

Por lo que se refiere a las investigaciones que tienen como objeto preferente el solar hispano, aparte de los Congresos Nacionales de Geomorfología y aquellos otros que patrocina la Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, en los que se vienen manteniendo secciones específicas dedicadas a morfología y procesos morfogénicos en regio-

nes frías (Teruel, 1990; Murcia, 1992; Logroño, 1994; Madrid, 1995), hay que resaltar la 1a. reunión sobre *Periglaciario de la Península Ibérica, Canarias y Baleares*, desarrollada en Granada-Sierra Nevada en septiembre de 1993 con el patrocinio de la SEG. En ella, los diferentes grupos de científicos participantes hicieron balance de la labor desarrollada hasta entonces y diseñaron objetivos a asumir en los próximos años. También se puso de relieve la necesidad de unificar criterios investigadores (terminología, métodos y técnicas de estudio, etc.) a fin de que los resultados obtenidos en los diferentes enclaves que se estudian pudieran ser contrastados y poder establecer correlaciones de ámbito regional. En esta misma línea de actuación científica debe mencionarse, asimismo, la reciente labor del Grupo Español de la IPA que en los años 1994 (Madrid) y 1995 (Lugo-Santiago de Compostela) celebró reuniones sobre procesos y formas periglaciares heredadas y actuales en la depresión del Tajo y bordes del Sistema Central y macizos gallegos, respectivamente.

MORFOLOGÍA PERIGLACIAR EN ESPAÑA

Las manifestaciones periglaciares heredadas en territorio español ofrecen una gran diversidad y cubren grandes extensiones. Sin duda, estuvieron controladas por el clima que debió caracterizar al Pleistoceno, pues éste no debió ser uniforme en todo el territorio. La configuración de las grandes unidades de relieve y, sobre todo, la influencia atlántica y mediterránea sobre la Península Ibérica, serían factores que modificarían el comportamiento de los hielos. En general, los registros morfológicos (depósitos de ladera, por ejemplo) tienden a ganar altura de norte a sur y de oeste a este, como respuesta a la desigual influencia que ejercieron las depresiones procedentes del Océano Atlántico, aunque a nivel local factores geográficos introdujeron distorsiones en ese reparto (exposición de vertientes, continentalidad, morfoestructuras, etc.). Cronológicamente estos modelados de vertiente se asocian a la última crisis climática alpina (Würm), posiblemente a su fase de expansión máxima, bien definida en los glaciares de valle por sus morrenas más externas. Sin embargo, también existen otras formas atribuibles a períodos fríos más antiguos, aunque resultan más difíciles de identificar.

El período Tardiglaciario, bien datado a través de C14 en las columnas bioestratigráficas de las turberas de altitud (14000-9000 BP), igualmente generó formas periglaciares muy nítidas, sobre todo, en las áreas más elevadas de las montañas glaciadas, donde se construyeron, dadas las condiciones climáticas de frío intenso y escasas precipitaciones, paquetes de «rock glaciers» y figuras geométricas, éstas últimas, en algunas altiplanicies cimaras del Pirineo y Sierra Nevada, principalmente, adquieren un gran desarrollo. Para épocas postglaciares hay autores que distinguen formas de modelado asociadas al frío en las cordilleras de mayor altitud, aparte de las oscilaciones que los frentes de los pequeños glaciares hayan podido experimentar a partir de la llamada Pequeña Edad del Hielo, datados a través de liquenometría y documentación de la época.

En la actualidad, la Península Ibérica sólo alberga placas de hielo permanente en el sector central del Pirineo (macizos de Maladeta, Aneto, Posets, Balaitus, Pico del Infierno, etc. >3400m), donde se han contabilizado 26 glaciares con una extensión total de 500 ha. y un volumen de hielo del orden de 100 hm³. Se trata de glaciares pequeños de pared o de cuenco cuyos márgenes externos, definidos por orlas morrénicas, reposan sobre masas de hielo fósil, al igual que lo hacen algunos *rock glaciers* de las cercanías. Estos datos permiten suponer la existencia de un pergelisol heredado a determinada profundidad en las inmediaciones del ámbito glaciado. También podrían existir masas de hielo fósil en Sierra Nevada-Béticas (Corral del Veleta, 3150 m), aunque de dimensiones muy reducidas.

En el resto de sistemas montañosos españoles no existen glaciares pero sí una determinada acción periglaciario o crionival en algunos de ellos, siempre instalada en los espa-

cios supraforestales. Fundamentalmente ocurre en el Pirineo (42°30' latitud norte), por encima de los 2300 m; en Sierra Nevada (37° latitud norte, Cordilleras Béticas), rebasados los 2600 m; en algunos reductos cimeros del Sistema Central (40°-41° latitud norte), superados los 1900 m. También en determinados sectores de la Cordillera Cantábrica (43°30' de latitud norte), por encima de los 2000 m y alcanzados los 3000 m, por lo que respecta al edificio del Teide (28°10' latitud norte). El distinto régimen climático de cada una de estas montañas introduce diferencias notables en cuanto a resultados morfobiológicos e incidencia en la evolución del paisaje.

Los enclaves donde la dinámica periglacial alcanza mayor interés coinciden en Sierra Nevada y Pirineo, cubriendo, en ambos casos, una franja superior a los 600 m. de desnivel. La fijación latitudinal de ambas cordilleras y la mayor o menor influencia mediterránea implican comportamientos diferenciados en los procesos morfogénicos asociados al hielo, frío, viento y aguas de fusión. La diferencia más notoria deriva de la aridez y, en consecuencia, en la desigual tenencia de agua edáfica y recubrimiento vegetal que presentan los suelos: Sierra Nevada ofrece una dinámica periglacial propia de montañas secas; Pirineo, más de acorde con las húmedas, pero, en ambos casos, los resultados en el paisaje tienden a un predominio de procesos morfogenéticos frente a los edafogénicos.

INVESTIGACIÓN ACTUAL: ÁMBITOS GEOGRÁFICOS, GRUPOS DE TRABAJO, TEMAS DE ESTUDIO Y RESULTADOS

Los programas de investigación sobre procesos geomórficos y formas de modelado de países fríos que en la actualidad vienen afrontando los diferentes grupos de trabajo españoles concentran esfuerzos en tres grandes áreas temáticas con repercusión en buena parte del territorio y algunos sectores del extranjero. Los temas centrales de estudio son:

- a) Manifestaciones heredadas y subactuales
 - . Identificación y cartografía de formas y significado paleoclimático.
 - . Análisis de registros edafológicos y significado paleoambiental.
 - . Regionalización del periglacialismo pleistoceno.
 - . Cronología de acontecimientos.

- b) Dinámica actual y repercusión en el paisaje
 - . Evolución de frentes glaciares.
 - . Dinamismo de glaciares rocosos.
 - . Morfodinámica periglacial en alta montaña.
 - . Nivoclimatología de áreas periglaciares.

- c) Detección de riesgos naturales en alta montaña

En cuanto al interés que se les viene prestando por áreas geográficas y grupos de investigadores es el siguiente:

1. Cordillera Pirenaica

Los Pirineos conforman una cordillera alpina dispuesta de este a oeste a lo largo de 435 km. Queda fijada entre España y Francia (42°20' y los 43°30' de latitud norte) enlazando el Atlántico con el Mediterráneo. Sus cotas máximas superan los 3400 m. y es donde el glacialismo actuó con mayor intensidad. En la actualidad, aún alberga pequeños glaciares colgados. Las investigaciones que en sus diferentes macizos se realizan proceden de las universidades de Madrid-Autónoma, Zaragoza y Barcelona y también del Centro Pirenaico de Ecología (CSIC).

Por parte del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid se

viene prestando una atención particular a la evolución geomorfológica de los glaciares pirenaicos españoles y su entorno (Pirineo Central). Se trata de estudios cuyos objetivos son: control de las masas heladas (evaluación areal, oscilación del frente, movimiento del hielo, etc.), seguimiento de las formas acompañantes mediante instrumentación «in situ» (dinamismo de glaciares rocosos, localización y evolución del permafrost, etc.), dataciones de los acontecimientos más relevantes (Pequeña Edad del Hielo, otras oscilaciones históricas). De este programa de investigación ya han surgido algunas tesis doctorales referidas a la evolución geomorfológica cuaternaria en las que se ha prestado una atención especial a las diferentes fases glaciares detectadas en determinados macizos con altitudes superiores a los 3000 (Panticosa).

También el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza desde hace años presta interés particular por la morfodinámica periglacial del Pirineo Central. En la actualidad, las investigaciones tienden a la reconstrucción morfológica pleistocena de macizos en los que aún perduran pequeños glaciares (Maladeta). Especial atención ocupa el estudio de los glaciares rocosos, tanto en su localización, identificación y génesis como datación. También se trabaja en su funcionalidad, para lo que se toman medidas de control indirectas. En este último sentido hay que resaltar la aplicación de técnicas liquenométricas para acontecimientos históricos. Desde el punto de vista de la evolución del paisaje, destacan los esfuerzos encaminados a la detección de riesgos naturales en áreas próximas a la alta montaña así como a mediciones de distintos procesos desencadenantes de movimientos en masa lentos.

Por parte del Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología de la Universidad de Barcelona se continúa trabajando en la región de Les Nogueres, Vall d'Aran y Andorra. La actividad se centra, fundamentalmente, en geomorfología y sedimentología glaciares y más recientemente en glaciares rocosos y paleopermafrost. También en la evolución histórica del glaciario actual (glaciar de la Maladeta) y nivología. Las investigaciones llevadas a cabo han mostrado una preocupación especial por la cronología de los acontecimientos glaciares para lo que se ha tomado en consideración la información procedente de análisis sedimentológicos y estratigráficos en registros de «till» y bioestratigráficos de turberas. Recientemente y en colaboración con el *Servei de Gestió i Evolució del Paisatge* y el *Àrea de Geografia Física* de la Universidad de Barcelona, se ha realizado la cartografía geomorfológica de síntesis, a escala 1/50000, del glaciario del Pirineo catalán. También, pero ahora a través del *Servei Geològic* de Catalunya, se presta atención particular al estudio de la nivación y sus repercusiones en el desarrollo de avalanchas y aludes en la alta montaña del Pirineo Oriental.

Por su parte el referido *Servei de Gestió i Evolució del Paisatge* (SGEP) y el *Àrea de Geografia Física* de la Universidad de Barcelona junto con el *Institut d'Estudis Andorrans* también se ocupan del estudio de formas glaciares y periglaciares heredadas, prestando atención preferente a la región de Cerdanya (Pirineo Oriental) y Principado de Andorra. Se trata de investigaciones enmarcadas en un programa de actuación amplio cuyo cometido es la reconstrucción del paisaje de la alta montaña mediterránea. Tres líneas de actuación lo caracterizan: a) reconstrucción paleogeomorfológica del Cuaternario reciente, b) reconstrucción paleobioclimática postglaciar, y c) procesos actuales.

En cuanto a la primera línea hay que subrayar la identificación y clasificación de formas heredadas y también su cartografía de detalle (1/25000 y 1/10000), particularmente en las planicies supraglaciares modeladas intensamente por procesos periglaciares (> 2700 m). Paralelamente a esta labor también se viene acometiendo la reconstrucción paleobioclimática de los tiempos postglaciares por lo que los esfuerzos se concentran en los análisis sedimentológicos y polínicos de diferentes enclaves deposicionales (turberas de altitud), instalados en fondos de circos y en tramos altos de valles glaciados durante el Pleistoceno reciente. En cuanto a estudios sobre morfodinámica actual asociada al hielo en el suelo preocupa la fijación del límite inferior de los procesos periglaciares y la distribución y grado de funcionalidad de las formas en altitud. Para ello, atención preferente se

presta a los trabajos de campo realizados en parcelas experimentales, donde se tiende a controlar el movimiento de la fracción mineral estableciendo relaciones con la vegetación y el estado físico y termicidad del suelo.

Igualmente, el Instituto Pirenaico de Ecología (Jaca. Huesca) desde hace años viene mostrando particular interés por el estudio del Cuaternario del Pirineo oscense. En tal sentido, su experiencia es muy notable en la reconstrucción paleoambiental de algunos valles pirenaicos aragoneses (registros morfológicos y polínicos). En la actualidad, existen investigadores preocupados por la dinámica de laderas (movimientos de masa) en medios fríos de la alta y media montaña, así como en la evolución de la cubierta vegetal frente a los procesos morfogénicos asociados al hielo en el suelo. Además, también se están desarrollando experiencias sobre ecología del suelo y su relación con la cubierta nival.

2. Sistema Central

Al periglaciario del Sistema Central también diferentes grupos de investigadores de las Universidades de Madrid (Complutense y Autónoma) le vienen prestando atención. Ahora el marco geográfico de estudio coincide con una cordillera estrecha y alargada dispuesta en el centro de la Península Ibérica (latitud norte 40°-41°10'), en orientación este-oeste, labrada en materiales paleozoicos y con altitudes que sobrepasan ligeramente los 2600 m. En ella la huella de los glaciares cuaternarios resulta evidente, sobre todo, en el esculpido de formas y depósitos próximos a cabeceras de valle.

El Departamento de Geodinámica Externa de la Universidad Complutense mantiene un interés particular en el sector occidental del Sistema Central (Sierras de Gredos, Béjar, Peña de Francia y Gata), aunque también presta atención a diferentes enclaves de Guadarrama, Somosierra y Ayllón. Varios objetivos tienen planteados los trabajos en curso: complementar el inventario y cartografía de detalle de las formaciones periglaciares pleistocenas y holocenas e iniciar labores para su posible datación absoluta. En esta misma línea destaca la tipología establecida de las formaciones periglaciares tomando como referencia la superficie topográfica referencial (sobre, en y bajo la superficie del suelo).

Por lo que respecta a morfodinámica actual se viene trabajando en la selección y puesta a punto de estaciones de control para el seguimiento de procesos asociados al hielo, a fin de precisar el cometido que los mecanismos crionivales tienen en la evolución de las formas y poder señalar límites altitudinales y franjas morfogénicas. En esta misma línea también preocupa el cometido que desempeñan otros parámetros colaterales a la altitud en el desarrollo de los procesos, como son la litología, la orientación, la oceaneidad, la continentalidad, etc. en ocasiones definitorios en la elaboración de modelados.

Por su parte el Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, también de la Universidad Complutense de Madrid, dedica esfuerzos a la cartografía geomorfológica de detalle (1/10000) de los procesos erosivos del Alto Gredos (> 1800 m). En tal sentido, se viene prestando particular atención a los mapas de la cubierta nival y a la repercusión que ésta tiene en la morfodinámica erosiva y usos del suelo.

En cuanto al Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid, hay que señalar la continuada labor que sus investigadores vienen realizando en cuanto a la localización, cartografía e interpretación de formas heredadas y relictas periglaciares en Guadarrama y su relación con las fases frías responsables del glaciario. Es por ello que preocupa la delimitación altitudinal de los registros periglaciares y su tipología. También se trabaja en dinámica actual, particularmente en las relaciones existentes entre procesos fríos (hielo, nieve, viento) y vegetación.

3. Cordilleras Béticas

Las Béticas son alineaciones montañosas de origen alpino que incluyen en su zona más elevada un núcleo cristalino paleozoico que supera los 3400 m (Sierra Nevada). Situadas en el sureste de España (latitud norte 36°20' - 38°40'), a lo largo de más de 500 km, ofrecen los restos glaciares más meridionales de Europa. Por su fijación latitudinal y con-

siderable altitud las cimas de Sierra Nevada poseen un rico y diversificado muestrario de formas periglaciares, propias de montañas secas. Las investigaciones que actualmente se realizan sobre procesos fríos en el conjunto de las Cordilleras Béticas se afrontan desde las universidades de Granada, Barcelona y Sevilla, cuyos equipos han venido colaborando juntos en algunos temas.

La Universidad de Granada, a través de su Departamento de Edafología y Química Agrícola, se viene preocupando por la relación suelos-geomorfología de Sierra Nevada siendo los objetivos prioritarios la determinación de episodios morfogenéticos-edafogenéticos a lo largo del Cuaternario. Las características de los episodios morfogenéticos se están reconstruyendo a partir del análisis detallado de las formas glaciares-periglaciares, mientras que los episodios edafogenéticos se realizan tomando como base el estudio de los horizontes edafizados de las superficies deposicionales generadas en cada uno de los episodios morfogenéticos, particularmente de las morrenas. Una de las aportaciones más destacadas ha sido la determinación de diferentes grados de evolución edáfica sobre las superficies de alteración del espacio glaciado, contribuyendo, entre otras cosas, a la demostración de la inexistencia de casquetes glaciares tipo «fjeld» en Sierra Nevada.

El *Servei de Gestió i Evolució del Paisatge* y el *Àrea de Geografia Física* de la Universidad de Barcelona también lleva a cabo estudios en Sierra Nevada (área Veleta-Mulhacén-Picón de Jéres) en semejante línea a los descritos para el Pirineo Oriental. Ahora cabe resaltar la cartografía geomorfológica glaciaria y periglaciaria realizada a escala 1/250000 y 1/5000 de los valles de la Sierra, la identificación de morfologías periglaciares heredadas, la reconstrucción paleoambiental postglaciaria y la morfodinámica de los procesos actuales.

Por su relevancia hay que señalar los trabajos que sobre procesos asociados al frío y a la nieve se realizan en parcelas experimentales, donde se controlan movimientos superficiales e internos de los suelos. La experiencia acumulada, iniciada en 1987, ha permitido detectar el nivel inferior de la morfogénesis periglaciaria activa en los 2600-2700 m, en vertiente sur. En la actualidad, los esfuerzos tienden a localizar la franja altitudinal óptima de estos procesos mecánicos por lo que se ha iniciado un estudio detallado del clima local en base a las observaciones que lleva a cabo el I.R.A.M. Los resultados obtenidos hasta la fecha permiten plantear la hipótesis de la singularidad del periglaciario de Sierra Nevada respecto al detectado en el resto de la Península Ibérica, debido, sobre todo, a la aridez que caracteriza a la montaña. Recientemente, además, se han llevado a cabo trabajos geofísicos para detectar la presencia de hielo fósil en el Corral del Veleta y mostrar el dinamismo en sus glaciares rocosos.

Por su parte, el Departamento de Geografía de la Universidad de Sevilla también integra en sus programas de investigación el comportamiento morfobioedáfico que los procesos fríos han tenido en las montañas cársticas del Sistema Bético durante el Cuaternario reciente (carsts litorales mediterráneos, carsts centrales y carsts occidentales). El objetivo más destacado se centra en la reconstrucción paleoambiental y repercusiones que los cambios climáticos frío-húmedos han tenido en las morfologías de las vertientes, de forma particular las asociadas a los procesos de nivación, gelifracción y geliflujión. Los estudios en marcha están poniendo de relieve que modelados y depósitos periglaciares instalados por debajo de los 1500 m. mantienen un gradiente morfoclimático, lo que permite plantear la hipótesis de que tales registros pudieran coincidir con una convergencia de situaciones de reenfriamiento moderado como las advertidas en las montañas marroquíes atlánticas o centrales.

4. Cordillera Cantábrica

La Cordillera Cantábrica se sitúa en el margen septentrional de la Península Ibérica, junto al Atlántico (Mar Cantábrico) y sirve de enlace entre el Pirineo y los macizos gallegos a lo largo del paralelo 43°. Su sector central (Picos de Europa, >2600 m) cobijó siste-

mas glaciares de cierta envergadura. Los estudios actuales sobre morfologías frías y paleoclimatología proceden, principalmente, de grupos de investigadores de los departamentos de Geografía de la Universidad de Oviedo y de Geografía Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Cantabria.

La labor que desarrollan estos equipos se centra en la reconstrucción geomorfológica y cartografía de detalle de los relieves asociados al glaciario y periglaciario pleistoceno-holoceno, poniendo especial empeño en la secuenciación cronológica y datación de los acontecimientos. En tal sentido, se ha establecido una diferenciación morfológica y paleoclimática del periglaciario de la alta montaña, montaña media, sierras litorales y costa. En la actualidad, los esfuerzos se centran en el macizo calcáreo de los Picos de Europa donde se investiga su evolución geomorfológica durante el Cuaternario reciente habiéndose propuesto, además, una periodización de los acontecimientos fríos más destacados con dataciones absolutas (U-Th) para episodios antiguos y würmienses. En esta misma línea también se trabaja en cuanto al establecimiento secuencial entre las últimas fases del retroceso glaciar y las formas actuales con inclusión de lo que pudo haber significado la Pequeña Edad del Hielo. Con respecto al periglaciario actual se han descrito múltiples manifestaciones puntuales determinándose que su efectividad es significativa por encima de los 2000 m con predominio de procesos de crioclastia y nivocarstificación.

5. Cordillera Ibérica y Cuenca del Tajo

Los estudios realizados en la Cordillera Ibérica proceden, la mayoría, del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza y también del Área de Geografía Física de la Universidad de La Rioja. Los referidos a la Cuenca del Tajo los asumen investigadores del Instituto de Geología Económica (CSIC) y del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid.

La Cordillera Ibérica se dispone de NW a SE actuando de reborde al bloque arrasado de la Meseta. Sus altitudes alcanzan los 2300 m en su tramo noroccidental, mientras que en su ramal sureste escasamente supera los 2000 m. Por su volumen y disposición geográfica esta cordillera sólo albergó pequeños glaciares en su sector más septentrional. El meridional no ofrece trazas de glaciario, sí de una considerable acción periglaciaria en laderas al igual que la Alta Cuenca del Tajo, instalada al sur del Sistema Central y al oeste de la rama castellana de la Cordillera Ibérica.

Las investigaciones referidas a la Cordillera Ibérica han mostrado la existencia de un glaciario limitado a los tramos cimeros de los macizos más elevados de la rama nororiental y un desarrollo muy extendido de morfologías periglaciares coetáneas a aquéllos. En la actualidad, la dinámica crionival comienza a presentar interés morfológico por encima de los 1650 m, aunque es a partir de los 2000-2100 m. (Sierra de la Demanda y Moncayo) cuando las repercusiones en el modelado resultan nítidas. A esta labor de identificación y cartografiado de formas se le dedica atención particular. Por lo que respecta a la rama más meridional de la Cordillera Ibérica los registros periglaciares relictos resultan mucho más escasos y los procesos fríos actuales se reducen a sectores muy locales que por su topografía, orientación y fragilidad de la roca son propicios para la elaboración de canchales de gravedad, nichos de nivación, suelos ordenados, etc.

En cuanto a la Cuenca del Tajo, páramos y valles de la rama castellana de la Cordillera Ibérica, (700-1300 m) las investigaciones se centran en la localización, identificación y datación de depósitos periglaciares fósiles. Los resultados obtenidos hasta ahora ponen en evidencia el interés paleoclimático de los diferentes registros de *grèzes litées* que regularizan las laderas, atribuibles al clima frío más riguroso del Cuaternario reciente. En la estratigrafía de tales depósitos se han diferenciado horizontes argilíticos intercalados, vinculados a unas condiciones climáticas cálido-húmedas, presumiblemente en relación a un interestadio würmiense o al estadio isotópico 3.

6. *Macizos gallegos*

Los macizos gallegos conforman relieves montañosos de altura modesta (Manzaneda, Ancares, Courel, Xistral, etc.) instalados en el noroeste de la Península Ibérica. La cercanía atlántica y la influencia de las depresiones del oeste facilitaron el desarrollo de glaciares cuaternarios con emisión de lenguas de longitud considerable, en algunos casos. Estas condiciones climáticas facilitaron el desarrollo de procesos periglaciares hasta cotas muy bajas, particularmente derrubios de ladera. La investigación sobre procesos fríos en los macizos gallegos es reciente y parte, fundamentalmente, del Departamento de Geografía de la Universidad de Santiago de Compostela; también del Laboratorio Xeolóxico de Laxe.

La preocupación durante los últimos años ha estado dirigida a la determinación de registros glaciares, clasificación genética, cartografía y datación relativa. Pero últimamente los procesos morfogénicos periglaciares también han despertado interés. En tal sentido, hay que señalar su extraordinario desarrollo espacial hasta el punto de que los estudios en marcha demuestran un escalonamiento de formas desde el nivel del mar hasta las cimas culminantes (2000 m). En la actualidad, además, los intereses se centran, principalmente, en la identificación de registros heredados o subactuales y de ellos su clasificación, distribución altitudinal y datación absoluta. En tal sentido, la experiencia acumulada permite distinguir diferentes períodos: un primero instalado entre 25000-16000 BP; otro, que englobaría del 16000 al 13000 BP; y un tercero, fijado en torno al 11000 BP. Los registros deposicionales de origen periglaciario están permitiendo, asimismo, conocer la evolución de los suelos, génesis y fijación en el tiempo.

En cuanto a procesos crionivales actuales los estudios en marcha indican microformas a partir de los 1800-1900 m, aunque el estado actual de las investigaciones no permite aún valorar su significado en la evolución del modelado y dinámica de los paisajes.

7. *Edificio del Teide*

El estratovolcán del Teide emerge en Tenerife hasta los 3717 m. por lo que es la montaña más elevada del territorio español. Está instalado en el archipiélago de las Islas Canarias, en el Atlántico, frente a las costas africanas (latitud norte 28°10'). La morfología periglaciaria heredada y actual que caracteriza al edificio del Teide está siendo estudiada desde el Departamento de Geografía de la Universidad de La Laguna, dentro de un programa de investigación más amplio cuyo objetivo es determinar la evolución geomorfológica del área culminante de la Caldera y del estratovolcán. Desde el punto de vista genético las formas heredadas (coladas de bloques, escarpes y canchales fijados) responden a crisis morfoclimáticas que podrían asociarse a las glaciaciones europeas y los pluviales norteafricanos, aunque con resultados propios dadas las condiciones geográficas de las islas.

Con respecto a las manifestaciones crionivales o nivoperiglaciares actuales se ha detectado que comienzan a mostrar interés por encima de los 2000 m y resultan de gran interés dadas las condiciones climáticas subtropicales. Entre las geoformas funcionales destacan, por su desarrollo espacial, las microfiguras geométricas (círculos de piedras y suelos estriados tipo flotante) cuyo dinamismo resulta de la convergencia de un adecuado régimen climático y de un determinado tipo de material (muy higroscópico y fácilmente movilizable). Para determinar el grado de dinamismo de formas se han iniciado trabajos de campo en parcelas experimentales.

8. *Áreas y temas de investigación fuera de España*

El más importante bloque de estudios sobre regiones frías fuera de España se centra en la Antártida (Islas Shetland del Sur y Península Antártica) y se enmarca en el Programa Nacional Antártico, auspiciado por el Gobierno Español en el contexto del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, que tuvo su desarrollo, principalmente, a partir de 1990. Se trata de un complejo diseño de actuación científica

acerca del conocimiento, dinámica y potencialidad del medio natural de esta parte de la Tierra por lo que los temas de estudio cubren el amplio espectro de las llamadas Ciencias de la Tierra y de la Vida y también de aquellas otras disciplinas Físico-químicas. Los trabajos llevados a cabo proceden de diferentes áreas del conocimiento (Biología, Física, Geofísica, Geología, Geomorfología, Glaciología, Hidrología, Oceanografía, Meteorología, etc.) y sus resultados han sido difundidos entre la comunidad científica a través de los cinco simposios celebrados al efecto (el más reciente el V Simposio de Estudios Antárticos, Barcelona, 1993).

Por lo que se refiere a geomorfología y glaciología son varios los grupos de trabajo implicados. En su mayoría proceden de las Areas de Geodinámica y Geografía Física de diferentes departamentos de Geología y Geografía de las universidades españolas y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Los distintos programas de actuación emprendidos tienen como objeto de trabajo:

- . Reconocimiento, tipología, morfología y cartografía glaciares.
- . Evolución geomorfológica de los frentes glaciares.
- . Fluctuación del casquete glaciar y dinámica del flujo glaciar.
- . Evolución morfovolcánica cuaternaria de la Isla Decepción
- . Datación de los acontecimientos subactuales y actuales del glaciario y variaciones del nivel del mar.
- . Procesos actuales en la capa activa de suelos en áreas deglaciadas (micrometeorológicos y geomorfológicos).
- . Ecología del suelo helado.
- . Hidrología nival.

También en el extremo sur del continente sudamericano se viene prestando atención, por parte del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid, a la evolución glaciar reciente del hielo patagónico (sector nordeste -lagos O'Higgins y Viedma, Chile-Argentina), particularmente en lo relativo al reconocimiento de las fases del último máximo pleistoceno y formas derivadas. Otra región de estas latitudes donde igualmente se realizan trabajos de geomorfología glaciar y datación relativa de los acontecimientos es Tierra de Fuego (Argentina). En este caso las investigaciones proceden del Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología de la Universidad de Barcelona.

Por lo que respecta a las grandes cordilleras alpinas se trabaja en geomorfología cuaternaria de la región de Nanga Parbat (Himalaya) y Andes peruanos desde el Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid y del Area de Geología de la Universidad Complutense de Madrid. Son varios los objetivos propuestos en el programa de actuación entre los que destacan el reconocimiento y cartografía de los relieves glaciares y periglaciares, la secuenciación cronológica reciente de los márgenes glaciados, los acontecimientos morfogenéticos del hielo en el suelo de las áreas colindantes de los glaciares, etc. Recientemente y por parte del Area de Geografía Física de la Universidad de Barcelona se ha acometido la cartografía geomorfológica de la región glaciada del Toubkal (Alto Atlas marroquí).

En México, desde 1991, se viene desarrollando una labor de colaboración científica entre la Universidad Autónoma de México y el Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física de la Universidad Complutense. El tema objeto de estudio son las formas y procesos periglaciares de los grandes estratovolcanes mexicanos (>4500 m) con especial atención a las consecuencias geomorfológicas del retroceso del frente glaciar en interrelación con la actividad volcánica: hielo muerto, formación de glaciares rocosos, etc.

CONCLUSIONES

El Congreso Internacional de la INQUA (Madrid y Barcelona, 1957) y evidenció el interés morfológico del glaciario en España. Desde entonces los trabajos de los investigadores españoles han venido sucediéndose con regularidad y rigor, lo que permite ya tener un conocimiento bastante preciso del significado que los glaciares han tenido en las formas de relieve de nuestras montañas.

En cuanto al periglaciario las cosas han sido diferentes, pues hasta hace escasamente quince años se dudaba, por parte de algunos grupos de colegas, de su existencia en nuestra Península. Por fortuna, la situación actual es bien distinta y a pesar de nuestra tardía incorporación en esta rama disciplinar los resultados son positivos y la prueba más evidente es el volumen de publicaciones aparecidas y los programas de actuación en curso.

Los trabajos en marcha sobre modelado de regiones frías denotan cambios significativos en relación a aquellos otros de la década pasada, particularmente en cuanto a enfoques, métodos y técnicas de trabajo. Sin abandonar los estudios analíticos de identificación y cartografía de las formas, progresivamente ha ido adquiriendo mayor interés la cronología de los acontecimientos y el significado paleoecológico de las formas. Ultimamente, también, el conocimiento de los procesos y su cuantificación; éste último por lo que respecta a dinámica actual del paisaje, vertiente claramente entroncada con las cuestiones medioambientales. Las causas de esta renovada actitud en el modo de operar son varias, aunque destacan dos: las colaboraciones con otros grupos allende de nuestras fronteras y el intercambio de experiencias con investigadores de ciencias afines.

Pero quizás uno de los aspectos más relevantes de la actual investigación española en morfología de regiones frías es su proyección externa. En tal sentido resalta el Programa Nacional Antártico.

Agradecimientos

A los grupos de investigación que nos han facilitado información base. El estudio se ha llevado a cabo en el marco del Programa de Investigación de la DGICYT (PS91-0110).

Bibliografía

La abundante bibliografía existente sobre el tema hace imposible su inclusión en este apartado, entre otras razones por la pluralidad de enfoques y por su dispersión editorial. Los autores creen pertinente, sin embargo, resaltar aquella que, publicada posteriormente a 1985, resulta de mayor interés, bien porque cubre amplias áreas geográficas o porque ofrece resultados significativos; en tal sentido, destacan las actas de congresos o simposios y las tesis doctorales.

ALONSO, V. (1992): *Geomorfología de las cabeceras de los ríos Narcea, Navia y Sil y del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga (NO de la Península Ibérica)*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Oviedo.

ARNÁEZ-VADILLO, J.; GARCÍA-RUIZ, J.M. & GÓMEZ VILLAR, A. (Eds.) (1994): «Geomorfología glaciario, periglaciario y nival», *Geomorfología en España*. IIIa. Reunión de Geomorfología. Logroño, 1994; pp. 175-273.

AA.VV (1993): *Investigación Española en la Antártida*, Seminario de la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Santander, julio 1993. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, MEC, Madrid.

- BARRIO, G. (1992). *Respuesta topográfica del paisaje de alta montaña: Pirineos Centrales*. Tesis doctoral. Facultad de Letras. Universidad Autónoma de Madrid.
- BORDONAU, J. (1992). *Els complexos glacio-lacustres relacionats amb el darrer cicle glacial als Pirineus*. Geofoma. Logroño.
- BRU, J. (1985). *Estudio geomorfològic: El modelatge glacial d'un sector del Pirineu Central (Valls de Ferrera i Cardós)*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Barcelona.
- BRU, J.; GÓMEZ ORTIZ, A.; SERRAT, D.; VENTURA, J. & VILAPLANA, J.M. (1985). «Síntesis de la dinámica glacial cuaternaria en la vertiente meridional del Pirineo Catalán», *I Reunión del Cuaternario Ibérico*. Lisboa, 1985. Getc-Gtpeq, V.1, pp. 165-183.
- BULLÓN MATA, T. (1988). *El sector occidental de la Sierra de Guadarrama*. Consejería de Política Territorial. Gobierno Autónomo de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- CASTAÑÓN, J.C. (1989). *Las formas de relieve de origen glacial en los sectores central y oriental del Macizo Asturiano*. Tesis doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. Oviedo.
- CEARRETA, A. & UGARTE, F.M. (1992). *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Servicio Editorial Universidad del País Vasco. Bilbao.
- CHUECA, J. (1993). *Geomorfología de la Alta Ribagorza aragonesa: análisis de la dinámica de procesos en el ámbito supraforestal*. Asociación Guayente. Serie Estudios Geográficos. Benasque.
- CHUECA, J. & LAMPRE, F. (1994). *Los glaciares altoaragoneses*. Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo, 21. Huesca.
- ESTEBAN AMAT, A. (1995). *Evolución del paisaje postglacial en la montaña mediterránea occidental. Ejemplos del Pirineo Oriental y Sierra Nevada*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Barcelona.
- FROCHOSO, M. (1989). *Geomorfología del valle del Nansa*. Tesis doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria. Santander.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J.A. (1986). «Rasgos generales del periglaciario de la Península Ibérica y áreas insulares. IV y V. Dominio pirenaico y dominio subtropical de las Islas Canarias». *Munibe*, 38, pp. 133-154.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J.A. & PELLICER COREANO, F. (1988). «Rasgos generales del periglaciario de la Península Ibérica II. Dominio continental de las tierras del interior». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 14 (1-2), pp. 23-80.
- GÓMEZ ORTÍZ, A. (1987). *Contribució geomorfològica a l'estudi dels espais supraforestals pirenenics. Gènesi, organització i dinàmica dels modelats glacials i periglacials de la Cerdanya i l'Alt Urgell*. Institut Cartogràfic de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- GÓMEZ ORTÍZ, A. & GONZÁLEZ MARTÍN (1988). «Geomorfología periglacial: desde una perspectiva histórica hacia nuevas aportaciones». *Perspectivas en Geomorfología*. Monografía de la SEG, 2, pp. 79-94.
- GÓMEZ ORTÍZ, A.; SIMÓN TORRES, M. & SALVADOR FRANCH, F. (eds.) (1994). *Periglaciario en la Península Ibérica, Canarias y Baleares. Estudios significativos*. Universidad de Granada, Sociedad Española de Geomorfología y Servei de Gestió i Evolució del Paisatge de la Universitat de Barcelona. Granada.
- GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, J.L. & LOZANO, M.V. (eds.). (1990). «Geomorfología glacial y periglacial». In: *1a. Reunión Nacional de Geomorfología*. Teruel, 1990; pp. 159-232.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; CONESA GARCÍA, C. & ROMERO DÍAZ, M.A. (eds.) (1992). «Morfología glacial y periglacial». In: *Estudios de Geomorfología en España*. Actas de la IIA. Reunión Nacional de Geomorfología. Murcia, 1992; pp. 379-432.
- LÓPEZ, J. (1986). *Geomorfología del macizo kárstico de la Piedra de San Martín*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (ed.) (1992). *Geología de la Antártida occidental*. III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo 3. Salamanca.
- MARTÍ BONO, C. & GARCÍA-RUIZ, M. (eds.) (1994). *El glaciario surpirenaico. Nuevas aportaciones*. Geofoma Ediciones. Logroño.

- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. (1991). *El valle de Benasque. Estudio geomorfológico*. Instituto de Estudios altoaragoneses. Huesca.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E. & ARENILLAS PARRA, M. (1988). «Los glaciares actuales del Pirineo español». In: *La nieve en el Pirineo español*. MOPU. Madrid, pp. 29-98.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; NAVARRO, J.; MARTÍNEZ R.; CANTARINO, L.; PEDRERO, A. Y ARENILLAS, M. (1995). «Observaciones morfológicas sobre la evolución de los glaciares del Pirineo español entre 1982 y 1993». *La nieve en las cordilleras españolas. Programa ERHIN*. MOPTMA, Madrid, pp. 253-262+apéndice.
- MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; LÓPEZ, J & NICOLÁS, P. (1989). *Observaciones geomorfológicas de la vertiente tibetana del Everest*. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- MONTERRAT, J.M. (1992). *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Instituto Pirenaico de Ecología. Jaca (Huesca).
- PALACIOS, D. (1995). «Rockslide processes at the north slope of Popocatepetl Volcano». *Permafrost and Periglacial Processes* (en prensa).
- PALACIOS, D. & VÁZQUEZ, L. (1995). «Geomorfic consequences of a glacial retreat: Pico de Orizaba Volcano». *Geografiska Annaler* (en prensa).
- PÉREZ ALBERTI, A. (1990). *La geomorfología de la Galicia sudoriental (Problemas geomorfológicos de un macizo antiguo de la fachada atlántica Ibérica, centro sudeste de Galicia)*. Tesis doctoral. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Santiago.
- RUBIO, J.C. (1991). *Geomorfología y Cuaternario de las Sierras del Barco y Béjar*. Ediciones de la Universidad Complutense. Madrid.
- Vº Simposio de Estudios Antárticos (1993). *Resúmenes de las comunicaciones orales y paneles científicos*. Universidad de Barcelona. Barcelona.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, S. (1990). *Aplicación del estudio de suelos a la dinámica de la cuenca del río Lanjarón. Relación: suelos-geomorfología*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- SANZ HERRAIZ, C. (1988). *El modelado del Guadarrama Oriental*. Consejería de Política Territorial. Gobierno Autónomo de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- SERRANO, E. (1991). *Geomorfología glacial de las montañas y valles de Panticosa y de la ribera de Biescas (Pirineo aragonés)*. Tesis doctoral. Facultad de Letras. Universidad Autónoma de Madrid.
- SERRAT, D. & VENTURA, J. (1993). «Glaciers of the Pyrenees, Spain and France». In: *Glaciers of Europa*. U.S. Geological Survey Professional, Paper 1386-E-2, pp. 49-61.

Resumé: Les recherches espagnoles sur le géomorphologie des régions froides. Aires géographiques, études actuels et résultats.

On expose l'intérêt des recherches récentes que les groupes de géomorphologues espagnoles font sur régions froides, particulièrement sur la morphodynamique periglaciaire. On fait ressortir les programmes correspondents, les aires géographiques (domaine de l'état et d'autres) et des buts précis, aussi bien que les techniques, les méthodes et les résultats obtenues.

Abstract: Spanish Research on the Geomorphology of Cold Regions. Recent Studies, Geographic Areas and Results

This paper explains the recent studies of spanish reseach teams on the geomorphology of cold regions, and in particular the periglacial processes. Key aspects of on-going projects include the geografic areas, the technologic and methodologic used, the precise goals and the results obtained.