



Cuaternario y Geomorfología

ISSN: 0214-1744

www.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/

Procesos de clima frío en el extremo NE peninsular de la Cordillera Bética. Revisión y síntesis de investigaciones previas.

*Cold-climate processes in the NE end of the Betic Range:
review and synthesis of previous studies*

Marco Molina, J.A. ⁽¹⁾; Giménez Font. P. ⁽¹⁾ y Padilla Blanco, A. ⁽¹⁾

(1) MedSPai (Grupo de Investigación sobre Medio, Sociedad y Paisaje). Departamento Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Filosofía y Letras, Universidad de Alicante. Carretera San Vicente del Raspeig, s/n, 03690, San Vicente del Raspeig (Alicante), España. ja,marco@ua.es

Resumen

En las últimas dos décadas, los estudios sobre procesos de clima frío se han multiplicado en la Península Ibérica, en un contexto de creciente interés internacional en la dinámica de los ambientes glaciares y periglaciares. Dicho interés ha promovido la formación y consolidación de grupos de investigación en torno a la *International Permafrost Association*, con un significativo aumento de investigaciones que incluyen artículos de síntesis sobre estos fenómenos en el ámbito peninsular. El presente trabajo aporta una revisión del estado de la cuestión, sobre los estudios realizados en el extremo NE peninsular de la Cordillera Bética (1973-actualidad). El objetivo de esta aportación es revisar y sintetizar el conocimiento de este espacio montañoso, donde las altitudes por encima de los 1000 m s.n.m. ocupan una superficie de 190 km². En los resultados destaca la localización de derrubios estratificados, a 800 m s.n.m, y suelos en guirnaldas, a poco más de 1500 m s.n.m. Se resalta la necesidad de continuar con la labor de catalogación e inventario de formas en numerosos macizos que todavía están escasamente estudiados, así como la de aplicar procedimientos de datación.

Palabras clave: periglaciario; revisión; síntesis; Cordillera Bética; Alicante.

Abstract

In the last two decades, studies on cold climate processes have multiplied in the Iberian Peninsula, in a context of growing international research interest on the dynamics of glacial and periglacial environments. This interest has promoted the formation and consolidation of research groups around the International Permafrost Association, and a significant increase in the number of research contributions on these topics including review articles of



evidence documented in the Iberian Peninsula. This work compiles previous studies carried out in the NE end of the Betic mountain range, (1973-present). The aim is to provide a comprehensive review of periglacial processes and landforms observed in this mountainous area, where altitudes above 1000 m a.s.l. extend over an area of 190 km². The results highlight the location of stratified debris, at altitudes down to 800 m a.s.l., and soils in garlands at 1500 m a.s.l. Moreover, there is still a continuing need of developing landform inventories in numerous mountain areas that remain poorly studied, in addition to applying dating procedures.

Key words: periglacialism; review; synthesis; Betic mountain range; Alicante.

1. Introducción

Los estudios sobre periglaciario han vivido un incremento importante en los últimos veinticinco años, con la configuración de numerosos grupos de investigación consolidados, áreas de estudio repartidas por todo el planeta y un sólido foro de generación e intercambio de conocimiento científico en torno al International Permafrost Association (IPA). Desde la Primera Conferencia Internacional sobre Permafrost (USA, 1963) y la aparición de trabajos de diversos autores referentes, se ha avanzado en la definición y estructuración del campo conceptual de los procesos periglaciares, más allá del dominio directo del permafrost (Pedraza, 2014). Se trata de procesos que no tienen por qué estar plenamente vinculados al sistema morfogénico *sensu* ni a ambientes exclusivamente circunglaciares. Siguiendo a Tricart (1967), se trataría de aquellos fenómenos relacionados con la propia actuación del agente, en la que destaca, principalmente, ciclos de hielo-deshielo y nivación. De esta forma, se han multiplicado los estudios sobre formaciones periglaciares en sus más diversas manifestaciones y tipos de modelado, abarcando no sólo las principales áreas donde domina el clima frío sino, especialmente, aquellos amplios espacios donde se ha mantenido un número determinado y oscilante de ciclos de helada durante el Cuaternario. Espacios donde el periglaciario, actual y subactual, se localiza y se determina en connivencia con otros agentes de meteorización y procesos gravitacionales.

En el caso de España —especialmente en el contexto de la geomorfología— las últimas

dos décadas han conocido un incremento sustancial de trabajos y la formación de equipos de investigación consolidados, que culmina con la creación de un grupo propio en la IPA. La Península Ibérica ha reunido, desde mediados del siglo XX, un interés por las formas de relieve asociadas a procesos fríos no glaciares, con autores referentes de origen extranjero (entre otros, Hamelin, 1958; Hempel, 1960; Butzer, 1964; Tricart, 1967; con el caso singular de Floristán, 1953) sobre cuyas experiencias posteriormente se formaron geógrafos y geólogos nacionales, con un incremento sustancial en la década de 1970. Durante la década siguiente, en consonancia con el avance general de la ciencia española, la producción científica sobre periglaciario aumentó sensiblemente (Peña, 1998). La creación de la Asociación Española para el Estudio del Cuaternario (la actual AEQUA, 1985) y de la Sociedad Española de Geomorfología (SEG, 1987), en torno a las cuales proliferaron congresos, encuentros nacionales y seminarios, desembocando en la creación de un grupo propio en la IPA en 2001. El conjunto creciente de publicaciones y proyectos ha incrementado notablemente los conocimientos de los procesos y las formas características de los dominios periglaciares españoles (Gómez-Ortiz *et al.*, 2004). En fundamento, los temas analizados están dirigidos al estudio tanto de formas actuales o subactuales como relictas, con un mayor predominio de este segundo tipo. En términos generales, se puede considerar que la cartografía geomorfológica y catalogación de formas —desarrollados en una primera fase— han permitido la observación, seguimiento y control de procesos, así como

la elaboración de reconstrucciones paleoambientales de mayor precisión, con un creciente interés en torno al periodo de la Pequeña Edad del Hielo (PEH) (Oliva *et al.*, 2018a).

En los últimos años, los grupos de investigación se han ido especializando y se han diversificado en cuanto a su formación y procedencia. La interdisciplinariedad formativa ha permitido el desarrollo y la implantación de métodos y técnicas avanzadas —modelización climática, vuelos LiDAR y mejoras en las técnicas de monitorización— que, junto a las tradicionales —trabajo de campo y fotointerpretación— han mejorado sensiblemente la información disponible, más acorde con los estudios desarrollados a nivel internacional. Los espacios objeto de análisis han sido, fundamentalmente, Los Pirineos, el Sistema Central, la Cordillera Ibérica y Sierra Nevada, con estudios significativos en el Macizo Galai-co, Picos de Europa, Montes de León o Sierra de los Filabres (Oliva *et al.*, 2016), entre otros espacios. Cabe destacar, en este sentido, el incremento de las campañas científicas en regiones frías y polares de ambos hemisferios (Serrano, 2016a), lo que ha permitido contextualizar de una forma más correcta alguno de los procesos observados en la Península.

La plena consolidación de este campo de investigación ha supuesto también la publicación de diversos trabajos compilatorios sobre el estado de la cuestión (Martínez de Pisón, 1994; Gómez-Ortiz *et al.*, 1994, 2000; 2001; 2004; Gómez-Ortiz y Vieira, 2006; Oliva *et al.*, 2016; Serrano, 2016b; Rodrigo, 2018) que, al tiempo, han ido recogiendo los antecedentes y poniendo de manifiesto los avances en el conocimiento sobre procesos de clima frío, la incidencia de la PEH en España y la ampliación de campos de análisis en diferentes regiones del mundo (Oliva *et al.*, 2018b). En alguno de estos trabajos, especialmente los primeros por tratarse de revisiones más completas y prolongadas en los periodos analizados, se llama la atención sobre la presencia de áreas menos estudiadas, entre las que destaca la parte más nororiental de la Cordillera Bética. Pese a que se reconocen algunos

estudios sobre modelados periglaciares pleistocenos, especialmente relativos a depósitos de ladera (Rosselló, 1970; López-Bermúdez, 1975; Calvo, 1987; Marco, 2001) estas revisiones no realizan un vaciado exhaustivo de la producción científica realizada en los últimos 40 años sobre el extremo NE de la Cordillera Bética en ámbito peninsular. Este hecho no ha permitido valorar, en su correcta dimensión, las aportaciones que, en este espacio, se han realizado sobre procesos morfológicos relacionados con acontecimientos fríos no glaciares; de manera que recientes estudios recopilatorios sobre el periglaciarismo en la Península Ibérica, publicados en revistas internacionales (Oliva *et al.*, 2016 y 2018a), dejan un llamativo vacío en este vasto territorio.

Las características básicas del espacio analizado vienen determinadas por tratarse de la terminación de los dominios morfoestructurales externos de la Cordillera Bética, aunque el desarrollo predominante se encuentra en el denominado sistema Prebético Alicantino (Fig. 1). Dicha denominación viene justificada porque son los límites de esta provincia los que recogen las mayores altitudes y la casi totalidad de los relieves analizados, a excepción de la sierra murciana de El Carche (1372 m). En este conjunto son las calizas las litofacies dominantes en los elementos destacados del relieve, si bien hay una clara diferenciación de tres franjas de características bien contrastadas, someramente dispuestas de SO a NE. De norte a sur, se suceden una franja cretácica septentrional en la que destacan las sierras de La Solana (1005 m), Fontanella (Penya la Blasca, 1120 m), Mariola (1360 m) y Benicadell (1098 m), entre otras. A continuación, se localiza otra franja constituida a base de materiales paleógenos entre los que destacan las calizas nummulíticas de las sierras de Peñarrubia (929 m), Onil (Reconco, 1210 m), Font Roja (1354 m), Serrella (1380 m), Bèrnia (1126 m) o Aitana (1558 m). Por último, se encuentra una franja cretácica meridional en la que, además de las calizas turonienses que constituyen la culminación del Maigmó (1296 m), cabe destacar también las intrusiones jurásicas del Cabeçó d'Or (1208 m) y del Puig

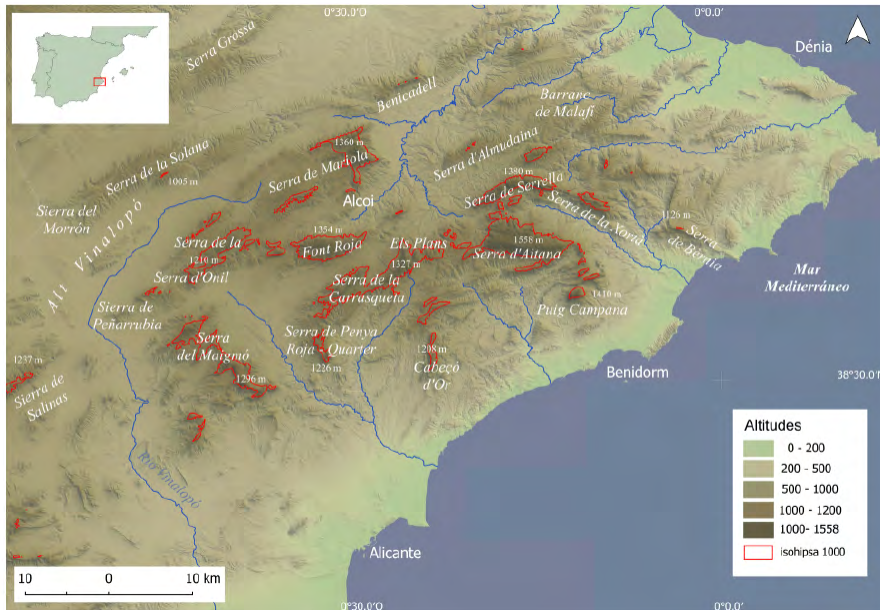


Figura 1. Localización del área de estudio. Altitudes en m s.n.m. Fondo hipsométrico a partir de vuelo LIDAR 2009 (Instituto Cartográfico Valenciano).

Figure 1. Location of study area. Elevation in m a.s.l. Hypsometric background from 2009 LIDAR flight (Instituto Cartográfico Valenciano).

Campana (1410 m). Las máximas culminaciones se corresponden, mayoritariamente, con la franja central aludida que, junto con las elevaciones de la franja más meridional, concentran 154 km² de los 190 km² de superficie por encima de los 1000 m s.n.m. (Fig. 1). De hecho, esta característica es la que determina la presencia del piso bioclimático supramediterráneo en estas sierras (Azorín y Jover, 2010) (Tabla 1), es decir, el dominio más frío donde se localizan la mayor parte de los procesos y formas analizados y que viene reforzada por la condición de tratarse del sector donde se ubican la mayor parte de pozos de nieve. Aspecto que supone, por un lado, la presencia de testimonios recientes de las condiciones térmicas de la PEH (Giménez, 2014) y, por otro, el área preferente de precipitaciones nivales. En este sentido la disposición general de las estructuras del relieve establece una marcada disimetría entre un sotavento, al sur de la franja paleógena central, y un barlovento, al norte, expuesto a los vientos húmedos y perturbados del noreste. En este segundo caso se caracteriza un dominio fundamen-

talmente sub-húmedo, mientras que en el sotavento las características ombroclimáticas señalan ya un dominio semiárido.

Tabla 1. Extensión del horizonte supramediterráneo inferior en la provincia de Alicante (modificado de Azorín y Jover, 2010).

Table 1. Extension of the lower supra-Mediterranean horizon in the province of Alicante (modified from Azorin and Jover, 2010).

Sector	Superficie (ha)
Aitana	2280
Carrasqueta	1164
Font Roja	1104
Els Plans	604
Mariola	484
Onil	460
Serrella	348
Maigmó	136
Arguenya	128
Puig Campana	112
Salinas	64
Total	6884

El interés de esta recopilación no es únicamente por las condiciones aludidas y el que haya un número considerable de relieves por encima de los 1000 m s.n.m. y próximos al mar, sino, sobre todo, porque se trata de una de las localidades europeas más meridionales con manifestaciones periglaciares a cotas relativamente bajas. Es por ello que se plantea la necesidad de la presente aportación que recopila el catálogo de formas y procesos periglaciares, a partir de la revisión de las publicaciones existentes entre 1973 y la actualidad, principalmente, de las universidades de Murcia, Alacant y València.

2. Relación diacrónica y contextualización de las aportaciones previas

Con el fin de elaborar el mencionado catálogo de formas y procesos de clima frío y de poner en relevancia su existencia a latitudes tan meridionales dentro del continente europeo, se ha realizado una exhaustiva consulta bibliográfica de publicaciones fundamentalmente españolas que se ha remontado a principios de los años setenta y se ha prolongado hasta la actualidad, con una laguna temporal en el periodo comprendido entre 2006 y la actualidad, en el que no se han registrado publicaciones.

Dicho análisis comienza destacando el papel del profesor Rosselló Verger como impulsor de estudios con un carácter corológico dentro de la temática de procesos de clima frío. Discípulo de López Gómez e influenciado por Butzer, la suya fue la primera tesis de geografía defendida en la Universitat de València y su predilección por la geografía física permitió la formación de un importante núcleo de discípulos que desarrollaron su labor investigadora en tierras alicantinas y murcianas, tras su paso también por la Universidad de Murcia a finales de la década de 1960. El interés por las formas derivadas del periglaciario aparece, de forma inicial, durante la década siguiente, cuando consolida su línea de investigación sobre geomorfología (Rosselló, 1970, 1977a y 1977b; Rosselló y Bernabé, 1978). Con el obje-

tivo evidente de incrementar el conocimiento del territorio mediante análisis regionales, en la línea del paradigma de la geografía regional francesa imperante en ese momento, las tesis y las tesis doctorales elaboradas en este momento pretenden completar el mosaico territorial de espacios ignotos desde el punto de vista del análisis geográfico. No obstante, cabe destacar el peso específico de la geografía física en dichos estudios (Quereda, 1978; Matarredona, 1983) y el inicio de trabajos exclusivos de geomorfología, bien con un sentido corológico de localización y descripción de formas periglaciares, bien con análisis más detallados de los factores condicionantes y la dinámica de dichas formaciones, especialmente depósitos de ladera (López-Bermúdez, 1975, 1979, 1984; López-Ontiveros y Morales, 1977; Bernabé, 1977; Bernabé y Calvo, 1979) y experiencias de laboratorio (Quereda, 1980, 1982 y 1985).

Durante la década de 1980 se produce en la Universitat de València un significativo desarrollo de tesis doctorales sobre geografía física, entre las que destaca, en lo que ahora nos ocupa (Tabla 2), la de Calvo Cases (1987), que analiza la morfología de laderas en las montañas valencianas, incluyendo el ámbito prebético. En el caso de la Universidad de Alicante (UA), en pleno proceso de formación del departamento de Geografía, son los profesores Morales y Matarredona —junto con alguno de sus discípulos— quienes dan continuidad a estos estudios (Morales, *et al.*, 1983; Matarredona, 1988), con la sucesión de memorias de licenciatura de geomorfología en diferentes macizos de la provincia de Alacant (Marco, 1987 y 1988; Gualda, 1988; Sánchez, 1991).

Aunque no se trataba de una línea de investigación preferente del área de Geografía Física de la UA, la continuación se mantuvo gracias a la tesis doctoral de Marco (1989) sobre la Serra d'Aitana y publicaciones posteriores derivadas de la misma (Marco, 2000 y 2001). Por sus singulares características, este macizo ha centrado, fundamentalmente, los avances sobre la localización y descripción de formas

ligadas al periglaciario (Marco *et al.*, 2002; Alfaro *et al.*, 2004; Marco, 2006) y con la presencia de actividades tradicionales ligadas al frío, hoy desaparecidas (Giménez, 2014); estudios relacionados, en parte, con la línea de trabajo sobre cartografía fitoclimática en espacios cacuminales, donde se ha centrado el interés en los efectos del calentamiento global sobre formaciones sensibles de matorrales pulvulares, considerados como especies relictas vinculadas a ambientes periglaciares (Marco *et al.*, 2006, 2016).

Cabe reseñar, por último, la representación de canchales en las hojas E. 1:100.000 de la serie Cartografía Básica Geomorfológica correspondientes a la provincia de Alacant (Marco y Matarredona, 2000; Marco *et al.*, 2000a; 2000b; Matarredona y Marco, 2000a y 2000b; Díez *et al.*, 2003) lo que permite disponer de la localización de las principales superficies de canchales en las sierras alicantinas, esto es, en el extremo NE de la Cordillera Bética en la Península Ibérica.

3. Distribución de procesos y formas

En este apartado se exponen, de manera sintética, los procesos y formas resultantes así como las técnicas empleadas en los trabajos anteriormente referidos (Tabla 2 y Fig. 2)

Sin duda, el proceso que suscita mayor consenso sobre su vigencia en la actualidad es la crioclastia, gelifración o gelivación. Prácticamente la citan todos los autores para casi todos los ámbitos geográficos estudiados; si bien hay alguna omisión que, casi con toda seguridad, deriva de no hacer explícito aquello que llega a considerarse como obvio (Fig. 3). Cabe, no obstante, la posibilidad de señalar algunas matizaciones. En primer lugar, como derivada de la influencia del referido magisterio de Rosselló (1977a y b), también se incluye el término microgelifración para hacer referencia a la escasa intensidad del frío en estos ámbitos mediterráneos en los que predominarían los clastos de talla centimétrica con escasa matriz fina (Tricart, 1967: 456);

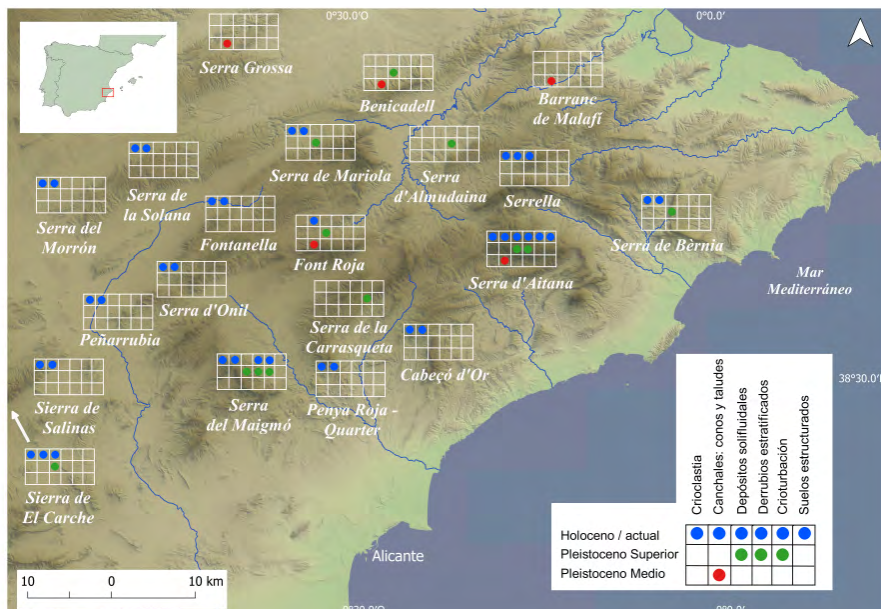


Figura 2. Distribución espacial de procesos y formas periglaciares, a partir de las referencias bibliográficas analizadas.

Figure 2. Spatial distribution of periglacial processes and landforms, based on previous literature.

Tabla 2. Aportaciones científicas sobre procesos de clima frío en el extremo NE peninsular de la Cordillera Bética (1977-actualidad).

Table 2. Scientific contributions on cold climate processes in the peninsular NE end of the Betic Mountain Range (1977-present).

Localidad	Formas	Procesos	Referencias
ÁREA DE ESTUDIO	Canchales, Serie III, Holoceno Canchales (ordenados) Derrubios estratificados: relacionados con los episodios de frío más intenso durante la segunda mitad del Pleistoceno Superior		Calvo, A. (1987)
BARRANC DE MALAFÍ	Canchales Canchales Pleistoceno Superior Brechas encostradas, Serie I		Calvo, A. (1987)
CABEÇÓ D'OR	Canchales (escalonados)		Sánchez, T. (1991)
		Crioclastia	
FONTANELLA (PENYA DE LA BLASCA)	Canchales	Crioclastia (microgelifracción) (> 900 m)	Matarredona, E. (1982)
SERRA DE LA CARRASQUETA		Crioturbación fósil (800 m).	Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
SERRA D'AITANA	Canchales (escalonados, >950-1000 m, y ordenados), taludes y conos de derrubios (masa solifluidal infrayacente), (umbrías y > 950 m) Suelos en guirnaldas (1500 m) Soliflucción Derrubios estratificados (orientación E, 800 m) Brechas encostradas, paleocanchales, Serie I, Pleistoceno Medio, relacionados "con periodos de intensa gelivación" Laderas reguladas Tors		Alfaro, P <i>et al</i> (2004) Bernabé, J.M. (1977) Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978) Calvo, A. (1987) Marco, J.A. (1989,2000, 2001, 2006) Marco, J.A. <i>et al.</i> (2002)
		Crioclastia	Bernabé, J.M. (1977) Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978) Marco, J.A. (2000, 2001, 2006) Marco, J.A. <i>et al.</i> (2002)
		Crioturbación <i>Frost-heaving, pipkrakes</i>	Marco, J.A. (2001, 2006) Marco, J.A. <i>et al.</i> (2002)
		Posible crioplanación	Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
SERRA D'ALMUDAINA	Terracillas (980 m)		Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
	Derrubios estratificados. Pleistoceno superior		Marco, J.A. <i>et al.</i> (2018)
SERRA DE BENICADELL	Brechas encostradas, Serie I, Pleistoceno Medio		Calvo, A. (1987)
SERRA DE BÈRNIA	Canchales Soliflucción relicta, Pleistoceno		Morales, A., Bru, C. y Box, M. (1983) Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
		Crioclastia	

Localidad	Formas	Procesos	Referencias
FONT ROJA	Canchales Derrubios estratificados (900-950 m) Brechas encostradas, paleocanchales, Serie I, Pleistoceno Medio		Calvo, A. (1987) Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
		Crioclastia	
SERRA DE LA SOLANA	Canchales		Matarredona, E. (1982)
		Crioclastia (microgelifracción) (> 900 m)	
SERRA DE MARIOLA	Canchales Soliflucción Llanos cryokársticos		Gualda, C.E. (1988)
		Crioclastia, microgelifracción (> 1.000 m)	
SERRA DE PENYA ROJA-QUARTER	Canchales		Padilla, A. (1995)
		Crioclastia	
SERRA DE SERRELLA	Canchales, taludes y conos de derrubios (890-1320 m) Soliflucción Tors		Calvo, A. (1987) Matarredona, E. (1988) Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
		Crioclastia	
SERRA DEL MAIGMÓ	Canchales (escalonados y ordenados) Soliflucción Derrubios estratificados		Marco, J.A. (1987, 1988)
		Crioclastia (microgelifracción) <i>Frost-heaving</i> (>900 m)	Marco, J.A. (1987)
		Crioturbación (1.000 m)	Rosselló, V.M. y Bernabé, J.M. (1978)
		<i>Shearing</i> -cizallamiento entre capas	Marco, J.A. (1988)
SERRA D'ONIL (RECONCO)	Canchales		Matarredona, E. (1982)
		Crioclastia (microgelifracción) (> 900 m)	
SIERRA DEL MORRÓN	Canchales		Matarredona, E. (1982)
		Crioclastia (microgelifracción) (> 900 m)	
SIERRA DE PEÑARRUBIA	Canchales		Matarredona, E. (1982)
		Crioclastia (microgelifracción) (> 900 m)	
SIERRA DE SALINAS	Canchales		Matarredona, E. (1982)
		Crioclastia (microgelifracción) (> 900 m)	
SIERRA DEL CARCHE	Canchales (escalonados) (> 760 m) Soliflucción (>980 m)		López Ontiveros, A. y Morales, A. (1977)
		Crioclastia	



Figura 3. Crioclastos producidos a partir de las calizas eocenas en la culminación de la Serra d'Aitana (julio de 2004).

Figure 3. Cryoclast produced from the Eocene limestone at the culmination of the Serra d'Aitana (July 2004).

fenómeno indicado para las sierras de l'Alt Vinalopó, las del llamado Macizo del Maigmo, Serra de Mariola y Cabeçó d'Or (Tabla 2). En segundo lugar, algunos autores establecen umbrales altimétricos a partir de los cuales indican la crioclastia como fenómeno de consideración en la génesis de clastos; así, Matarredona (1983: 22) sitúa dicho umbral por encima de los 900 m s.n.m. para las sierras de l'Alt Vinalopó, mientras que Gualda (1988: 233) lo lleva hasta los 1000 m de altitud en la Serra de Mariola. Cifras que se podrían hacer extensivas al resto de conjuntos montañosos en los que se indica la presencia de este fenómeno sin especificar altimetría alguna. En tercer lugar, conviene destacar que el funcionamiento o eficacia de la repetición de los ciclos hielo-deshielo se determina mediante diversos procedimientos. El más utilizado, desde el principio, se basa en la observación y la capacidad de reconocimiento, entre los derrubios que tapizan las laderas, de los crioclastos o esquirlas crioclasticas, o bien, mediante la observación directa de cantos y bloques estallados; sin que falte alguna referencia a la acción destructiva de los procesos de crioclastia en algunas infraestructuras de la culminación de Aitana (Marco, 2006). También se indica que la alternancia del englamamiento y fusión no solo depende de la existencia de

temperaturas en torno a los 0°C, sino que es imprescindible la concurrencia de humedad derivada de precipitaciones coetáneas o inmediatamente anteriores a las temperaturas negativas, o bien se recurre a la aportada por fenómenos de condensación como los ligados al efecto de pared fría. En este sentido, los resultados son dispares y dependen de las series disponibles para el análisis. Los primeros en justificar los procesos crioclasticos mediante la realización del cálculo de los días efectivos de helada son Morales *et al.* (1983: 128) para la Serra de Bèrnia a 1100 m s.n.m.. Calculan para una serie de 24 años cerca de 20 días de media con temperaturas iguales o inferiores a 0°C, teniendo precipitaciones en días anteriores entre el 39% y el 43% de los episodios analizados. Este mismo planteamiento de cálculo de días de helada, a los que preceden precipitaciones significativas, ha sido utilizado para las sierras de Maigmo (Marco, 1987), Mariola (Gualda, 1988), Serrella (Matarredona, 1988) y Cabeçó d'Or (Sánchez, 1991). Para el caso de Aitana se aportan estimaciones de 120 días anuales con temperaturas iguales o inferiores a 0°C, de los cuales 8 días serían de helada efectiva al año con temperaturas iguales o inferiores a -6°C a 1500 m s.n.m. (Marco, 1989: 527-528 y 2001: 48-49).

Sobre las consecuencias de la crioclastia como fenómeno más destacado, se ha llegado a hablar de posibles crioplanaciones; primero, en Aitana, donde Rosselló y Bernabé (1978) la localizan al SE de la culminación y, más tarde, fue Gualda (1988: 234 y 235) quien identifica "llanos cryokársticos" en el núcleo NE de la Serra de Mariola. Por otro lado, nuevamente Rosselló y Bernabé (1978: 99) hacen referencia a posibles "esculturas periglaciares" al describir las cresterías de las sierras de Bèrnia y Xortà; mientras que, Matarredona (1988: 84) vincula a la gelivación, fundamentalmente, la existencia de un "relieve ruiforme" a base de *cingles* y *frases* en la vertiente norte de la Serra de la Serrella, es decir, los conocidos Frases de Quatretondeta. Estas agujas, también llamadas por algunos autores tors, se asimilan a los restos de laderas del tipo cantil-talud muy gelivadas y

regularizadas (con la presencia de derrubios estratificados pleistocenos) en las que destacan *frares* a modo de restos de los cantiles originales, como los que señala Marco (2006: 60) en Penyó Mulero y Penyó Repel (Fig. 4). Sin embargo, la forma producida por la crioclastia y de distribución más generalizada en el conjunto de sierras son los canchales, taludes y conos de derrubios, aunque con diversas denominaciones (pedrizas crioclasticas, conos y taludes de derrubios, mantos de derrubios) (Tabla 2) (Fig. 5). Su representación en croquis y mapas geomorfológicos de cada uno de los sectores es uno de los tratamientos más habituales como forma de resumir y presentar los resultados de la distribución espacial de los mismos (Tabla 2). Es decir, presentes en prácticamente todo el dominio estudiado y extrapolables a aquellos conjuntos que ni se mencionan, ni han sido estudiados, si bien, la mayor parte de las pedrizas en ámbito valenciano aparecen reflejados, como ya se ha indicado, en las hojas E. 1:100.000 de la serie Cartografía Básica Geomorfológica correspondientes a la provincia de Alicante (Marco y Matarredona, 2000; Marco *et al.*, 2000a y 2000b; Matarredona y Marco, 2000a y 2000b; Díez *et al.*, 2003). No obstante, son las pedrizas de las vertientes septentrionales

de macizos y sierras situadas a partir de determinados umbrales de altitud, las que han sido consideradas, predominantemente, de génesis crioclastico. En la Tabla 2 se puede apreciar que también se vincula a esas dos variables la presencia de canchales escalonados en la Sierra de El Carche (Murcia), Maigmó, Serra de Serrella, Aitana y Cabeçó d'Or (López-Ontiveros y Morales, 1977; Marco, 1987; Matarredona, 1988; Marco, 1989 y 2001; y Sánchez, 1991), de manera que se establece su relación con un comportamiento asimilable al de una masa solifluidal que, de hecho se ha justificado, en varias ocasiones mediante la aplicación de técnicas geomorfológicas como el Diagrama de Poser y Hövermann (López-Ontiveros y Morales, 1977; Morales *et al.*, 1983; Marco, 1987; Matarredona, 1988 y Sánchez, 1991), análisis granulométricos (Morales *et al.*, 1983; Marco, 1987, 1988, 1989 y Matarredona, 1988) y morfométricos mediante la aplicación de índices de desgaste o de aplanamientos de los cantos (Marco, 1988 y Matarredona, 1988). Con todo, Marco (1988 y 1989), a partir de las técnicas empleadas justifica cuantitativamente la caracterización de algunos de los canchales, siempre en exposición de umbría, como *éboulis ordennés* y los vincula con fenómenos de *shearing*



Figura 4. Vertiente regulada y tors (perfiles de gelifracción) en el Penyó Repel (Serra d'Aitana) (junio de 2009).

Figura 4. Regulated slope and tors (gelifraction profiles) in the Penyó Repel (Serra d'Aitana) (June 2009).



Figura 5. Conos de derrubios en las calizas eocenas del bloque de la culminación de la Serra d'Aitana (julio de 2010).

Figure 5. Debris cones in the Eocene limestones of the block of the culmination of the Serra d'Aitana (July 2010)



Figura 6. Parcela de seguimiento de suelos en guirnaldas en la cima de Aitana, a 1540 m s.n.m..
Cuadrícula de 50 cm de lado (abril de 1999)

Figure 6. Plot of soil monitoring in garlands on the summit of Aitana, at 1540 meters above sea level.
50 cm grid size (April 1999)

o cizallamiento entre capas, y que relaciona con la existencia de una masa solifluidal infra-yacente a los canchales (Marco, 1989: 563).

En realidad, con esto último, se hace referencia a procesos de desplazamiento del material ligados a la sucesión de ciclos hielo-deshielo y sus consecuencias en los movimientos en masa. Se alude, pues, tanto a la geliflujión (soliflujión relacionable con agua de fusión de nieve o de hielo), como a la reptación o *creep*, en la que cabría destacar la importancia de la aparición de agujas de hielo (*pipkrakes*) en Aitana (Marco *et al.*, 2002 y Marco, 2006). Además, la repetición de ciclos de hielo-deshielo en el suelo (suelo helado resaltado por Marco, 1989, 2001 y 2006) y las consiguientes compresiones y distensiones, generan estructuras y ordenamientos que, dependiendo de las características del ámbito afectado, tienen manifestaciones diversas. Así, se han

señalado levantamientos diferenciales (*frost heave* o *soulevement différentielle*) en algunos sectores planos del Maigmó (por encima de los 900 m de altitud) y de Aitana (Marco, 1987 y 2006 y Marco *et al.*, 2002); mientras que en la Serra d'Almudaina se señalan *pieds de vache* embrionarios a 980 m s.n.m. (Roselló y Bernabé, 1978: 98), así como la identificación de suelos en guirnaldas en la solana de la culminación de Aitana, a 1500 m de altitud (Marco *et al.*, 2002) (Fig. 6).

Los fenómenos que implican una mayor intensidad de los procesos ligados al frío, son los que indican Roselló y Bernabé (1978: 98 y 99) para algunos sectores muy concretos; así, hacen referencia a crioturbación fósil en el Port de la Carrasqueta, a 800 m de altitud, o a la existencia de involuciones, de probable origen periglacial, a unos 1000 m, en la umbría de la Serra del Maigmó. Al tiempo que, para

el conjunto de la montaña alicantina, hablan de suelo helado (*tjåle*) nocturno o estacional durante el Pleistoceno (a partir de 800-900 m) “especialmente en las pulsaciones más frías poco antes del Pleistoceno inferior y del superior” (Rosselló y Bernabé, 1978: 106).

Además de estas referencias, en la mayor parte de las aportaciones se indican, con diversas denominaciones, depósitos de ladera de carácter fósil o heredado; por lo general, correspondientes a periodos más fríos que el actual. Lóbulos de soliflucción, coladas solifluidales, coladas gelifluidales, soliflucción, depósitos y acumulaciones de ladera, son los términos utilizados y que, en todos los casos, se acompañan de expresiones como “probablemente anteriores”, “relictas” y/o “paleoformas”, con el fin de separarlos de los descritos con anterioridad, que se consideran actuales y subactuales, es decir, holocenos; todas estas denominaciones han sido recogidas en la Tabla 2 como soliflucción. Con idéntica asignación temporal se citan *grèeze litées* (*éboulis ordonnées*) por parte de Rosselló y Bernabé (1978: 98) a altitudes de 900 m en la ladera septentrional de Aitana (Barranc de Salines), probablemente se trate de los analizados posteriormente por Marco, 1989 y 2000, en la Font dels Xorrets y entre 900 y 950 m s.n.m. en la Font Roja. Este tipo de depósitos denominados derrubios estratificados (*stratified waste slope deposits*) se han localizado, además, en el Collado d’Eixau, al norte del Maigmó (Marco, 1988: 60), así como en el Port de Confrides (1000 m s.n.m.), Font dels Xorrets y frente oriental de la Serra de Aitana, aproximadamente a una altitud 900 m (Marco, 1989 y 2000) y, muy recientemente, un importante depósito en la vertiente norte de la Serra d’Almudaina (Marco *et al.*, 2018), de características morfológicas y evolutivas muy similares a las de los depósitos descritos por Marco (2000). En la caracterización de estos depósitos de ladera se han empleado de manera más genérica, la localización o inclusión en mapas geomorfológicos, así como los análisis granulométricos (López-Ontiveros y Morales, 1977; Morales *et al.*, 1983; Marco, 1987 y Gualda, 1988); frecuentemente,

se han aplicado también índices morfométricos como los de desgaste y/o aplanamiento (López-Bermúdez, 1979; Marco, 1987, 1988, 1989 y 2000; Gualda, 1988); mientras que, la morfoscopia solo la utilizó Marco (2000) en los depósitos de derrubios estratificados de Aitana, en los que identificó las cristalizaciones fibrosas de calcita que, Vogt (1984), relaciona con el hielo; es decir, que se trataría de cristalizaciones criogénicas que, algunos autores, consideran singenéticas (Peña *et al.*, 1998). Este grupo de depósitos, tanto coladas solifluidales como derrubios estratificados, se atribuyen de manera genérica al Pleistoceno, como hacen Morales *et al.* (1983: 135); al último máximo glaciario como insinúa Marco (1987, 1988, 1989, 2000, 2001 y 2006); o, de manera más concreta, como hizo Calvo (1987: 246), a los episodios de frío más intenso de la segunda mitad del Pleistoceno Superior.

Por último, los depósitos más antiguos fueron caracterizados como brechas encostradas y paleocanchales por Calvo (1987) para las localidades del Barranc del Malafí (Calvo, 1987: 192), Barranc de la Peña de la Mel y las laderas septentrionales de Benicadell, Font Roja y Aitana. Precisamente, es en esta última localidad donde Marco (1989: 597-600) caracteriza depósitos brechoides y encostramientos cuyo principal rasgo es la superposición de bloques a una masa de crioclastos de un tamaño similar al del resto de depósitos solifluidales o de derrubios estratificados, pero que identificó como los sedimentos más antiguos (Fig. 7). Apreciación que ya había sido perfectamente perfilada por Calvo (1987: 241-242) al señalarlos como la Serie I, del Pleistoceno Medio. La Serie II se corresponde con las paleoformas descritas en el párrafo anterior atribuidos a la segunda mitad del Pleistoceno Superior (Calvo, 1987: 246); mientras que, la Serie III, identificada con los canchales o *runars*, datan del Holoceno (Calvo, 1987: 247-248).

4. Conclusiones

En la presente aportación no solo se realiza una revisión y síntesis de los principales pro-

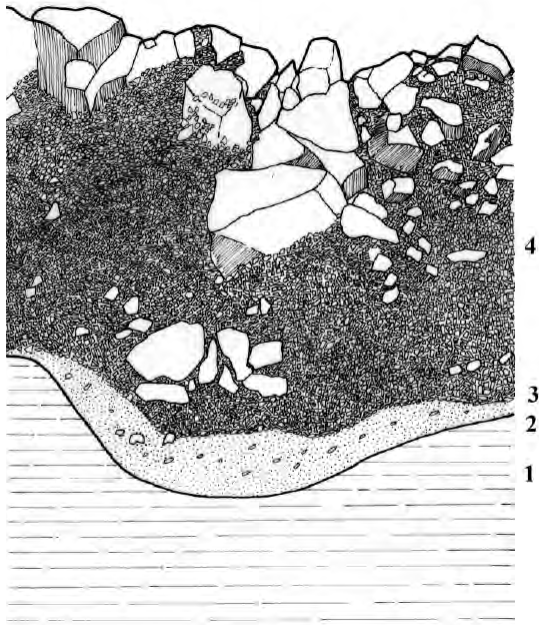


Figura 7. Corte del depósito brechoide observado en el frente oriental de Aitana. 1- Margas paleocenas. 2- Discordancia intraerosiva. 3- Lecho con predominio de fracción fina. 4- Depósito de derrubios que engloba grandes bloques (el tamaño más frecuente de los cantos es el comprendido entre 1 y 3 cm, con bloques que alcanzan 1 m de longitud máxima) (Marco, 1989: 598).

Figure 7. Section of the breccia deposit observed on the eastern front of Aitana. 1- Paleocene marlstone. 2- Intraerosive discordance. 3- Bed with predominance of fine fraction. 4- Debris deposit that includes large blocks (the most common size of debris is between 1 and 3 cm, with blocks that reach 1 m in maximum length) (Marco, 1989: 598).

cesos y formas periglaciares en el extremo NE peninsular de las Béticas, sino que, también, se pretende entender el proceso de construcción del conocimiento científico sobre periglaciario desde los inicios de la década de 1970 hasta la actualidad. Por ello muchos de los trabajos analizados son obras de carácter general que, en ocasiones, corresponden a estudios de geografía regional y que, por tanto, están condicionadas por una necesidad inicial de reconocimiento y catalogación del territorio con un acusado sentido corológico propio de la escuela francesa de geografía. Además de estas obras, en las que hay un ca-

pítulo referido al medio físico, hay otras aportaciones en las que directamente se aborda el análisis del sistema natural. Son estudios de geografía física en los que la geomorfología y climatología han merecido un tratamiento preferente, con especial interés en el estudio de la morfología de laderas.

Los resultados obtenidos, sintetizados en la Tabla 2 y la Fig. 2, permiten comprobar que el tratamiento de los procesos no ha sido uniforme, con una mayor intensidad en el estudio en algunos macizos. El caso de Aitana se justifica por sí solo, puesto que su envergadura permite la presencia de numerosos procesos incluso actuales y subactuales, algunos con una elevada intensidad y otros con una relevante singularidad; pero también cabría destacar aquí el caso del Maigmó, sierra esta última que puede servir de acicate para estimular el estudio en el numeroso conjunto de macizos que, en este sector oriental de las Béticas, presentan importantes superficies por encima de los 1000 m s.n.m. o condiciones bioclimáticas en las que el frío es una de sus principales características.

Sin duda, estas evidencias ponen de manifiesto las posibilidades que se abren de cara a la exploración de nuevas formas ligadas a procesos de clima frío, con el objetivo de completar un inventario exhaustivo y sistemático que permita evaluar de forma más precisa la importancia del periglaciario en el ámbito descrito. En este sentido, ya en su momento Marco (2006) destacó la importancia de la localización de guirnaldas, puesto que se trata de una cita completamente inédita; pero también, porque, de este modo, se sitúa la vigencia de los fenómenos que las generan en la cota indicada de 1500 m de altitud, cuando estas formas en sectores de la Sierra de la Demanda, se localizan por encima de los 1700 m s.n.m. (García-Ruiz y Arnáez, 2000) e incluso en el entorno de los 2000 m s.n.m. en la cercana sierra de Revolcadores (López-Bermúdez, 1979).

En el área analizada en el presente trabajo se puede considerar que las acciones peri-

glaciares se han limitado a “remodelados o retoques característicos” atribuibles a un periglacialismo de baja intensidad propio de la latitud y altitudes presentes en el área de estudio. Las manifestaciones más notables, al respecto, serían:

- Las laderas reguladas y suavizadas (Penyó Repel-Font dels Xorrets, Penyó Mule-ro y frente oriental, en la Serra d’Aitana, y en la ladera septentrional de la Serra d’Almudaina). En esos mismos lugares, así como en la Serra de la Serrella se puede hablar de perfiles de gelifracción con agujas, crestas o tors, aquí llamados *frares* y *cingles*.
- En prácticamente todas esas laderas, así como en alguna otra de Aitana y en la Serra del Maigmó (Collado d’Eixau, Maigmonet) destacan los depósitos de derrubios estratificados. Son de resaltar, por un lado, por el extraordinario espesor que alcanzan; pero, sobre todo, porque en varios casos estos depósitos han experimentado una peculiar evolución morfológica, puesto que han sido afectados por deslizamientos de acusado carácter rotacional que, sin duda se deben relacionar con la presencia de un substrato margoso infra-yacente. De este modo, cuatro de los depósitos aparecen arqueados y describiendo

una peculiar concavidad hacia arriba en la disposición de la estratificación. Ese es el caso del depósito, descubierto más recientemente y todavía sin analizar, en la vertiente norte de la Serra d’Almudaina (Fig. 8).

Otra cuestión que, siendo fundamental, se ha tratado de forma muy parcial es la de la atribución cronológica de las formas de modelado, principalmente los depósitos. Aunque existen aproximaciones relativas en diversos trabajos -derivadas de la distribución estratigráfica- todavía es necesaria una mayor exhaustividad en el tratamiento de las evidencias presentadas por distintos autores tendentes a la obtención de dataciones absolutas; se trata, pues, junto a la labor de rastreo e inventario, de un trabajo fundamental para valorar el papel modelador del frío a lo largo del Cuaternario, con especial interés en el Holoceno y en la variabilidad de los procesos actuales.

En este sentido, estos primeros resultados -en los que se ha abordado la recopilación cartográfica y el catálogo de procesos analizados en los últimos cuarenta años- resultan fundamentales para completar los mapas generales sobre las áreas afectadas por los procesos de clima frío durante el máximo Pleistoceno en España y Portugal (Peña, 1998; Oliva et



Figura 8: Derrubios estratificados en la ladera septentrional de la Serra d’Almudaina, una cita hasta ahora inédita (Marzo de 2018).

Figure 8: Stratified debris on the northern slope of the Serra d’Almudaina, previously unpublished (March 2018).

al., 2016), así como para iniciar una segunda fase de trabajo de observación, seguimiento y control de formas y procesos, junto con la elaboración de reconstrucciones paleoambientales.

Bibliografía

- Alfaro, P.; Delgado, J.; Estévez, A.; Marco, J.A.; Tomás, R. (2004). Sierra de Aitana. En: *Geología de Alicante* (Alfaro, P. et al., eds.). Asociación Española para la Enseñanza de Ciencias de la Tierra - Universidad de Alicante, Murcia, 201-224.
- Azorín, D.; Jover, N. (2010). Aproximación metodológica para la caracterización del piso supramediterráneo en la Provincia de Alicante. En: *Biogeografía, una ciencia para la conservación del medio* (P. Giménez, et al., Eds.). Asociación de Geógrafos Españoles – Universidad de Alicante, Alicante, 335-343.
- Bernabé, J.M. (1977). Vegetación y morfología en las pedrizas de la montaña media. En: *Actas II Reunión Nacional del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario*. Madrid, 33-40.
- Bernabé, J.M.; Calvo, A. (1979). Algunos ejemplos de vertientes de cantil-talud en les Valls d'Alcoi. *Cuadernos de Geografía*, 25, 127-138.
- Butzer, K.W. (1964): Pleistocene cold-climate phenomena of the Island of Mallorca. *Zeit. Für Geomorph.*, 8, 7-31. DOI:10.1127/zfg/8/1964/7
- Calvo, A. (1987): *Geomorfología de laderas en la montaña del País Valenciano*. Alfons el Magnànim. Valencia, 301 pp.
- Díez, S.; Marco, J.A.; Matarredona, E.; Padilla, A. (2003). *Cartografía básica geomorfológica E 1:100.000. Elche (14-18; 15-18)*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante.
- Floristán, A. (1953): *El modelado periglaciario*. Departamento de Geografía Aplicada del CSIC, Zaragoza.
- García-Ruiz, J.M.; Arnáez, J. (2000): El periglaciario en el Sistema Ibérico noroccidental. En: *Procesos y formas periglaciares en la montaña mediterránea* (J.L. Peña, M. Sánchez-Fabre y M.V. Lozano, Eds.). Instituto de Estudios Turrolenses, Teruel, 113-126.
- Giménez, P. (2014). L'últim pou de neu de la Serra d'Aitana. Un possible indicador de la fi de la Petita Edat del Gel?. *Mètode*, 84, 10-15.
- Gómez-Ortiz, A.; Día del Olmo, F.; Simón Torres, M. (1994). Periglaciario en las Cordilleras Béticas. En: *Periglaciario en la Península Ibérica, Canarias y Baleares* (A. Gómez Ortiz et al., eds.). Monografías de la SEG, Granada, 165-188.
- Gómez-Ortiz, A.; Martí Bono, C. E.; Salvador Franch, F. (2000). Evolución reciente de los estudios de geomorfología glaciario y periglaciario en España (1980-2000): balance y perspectivas. *Scripta Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 77, 1-32. <http://dx.doi.org/10.1344/sn2000.4.205>
- Gómez-Ortiz, A.; Martí, C.E.; Salvador, F. (2001). Evolución reciente de la Geomorfología glaciario y periglaciario en España (1980-2000): balance y perspectivas. En: *Evolución reciente de la Geomorfología española (1980-2000)* (Gómez, A. y Pérez, A., Eds.). Geofoma, Logroño, 139-184.
- Gómez-Ortiz, A.; Palacios, D.; Salvador, F. (2004). La investigación reciente en Geomorfología Periglaciario en España. La labor de la IPA-España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.)*, 99 (1-4), 7-23.
- Gómez-Ortiz, A.; Vieira, G. (2006). La investigación en geomorfología periglaciario en España y Portugal. Evolución reciente y estudios actuales. *Finisterra*, 61 (82), 119-137. <https://doi.org/10.18055/Finis1453>
- Gualda, C.E. (1988). *La Sierra de Mariola. Aspectos geomorfológicos y biogeográficos*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante, 268 pp.
- Hamelin, L.E. (1958): Matériaux de géomorphologie périglaciario dans l'Espagne du nord. *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud Ouest*, XXV, 241-256. <https://doi.org/10.3406/rgpso.1958.4695>
- Hempel, L. (1960): Límites altitudinales geomorfológicos en Sierra Nevada. *Estudios Geográficos*, 78, 81-93.
- López-Bermúdez, F. (1975). Depósitos de ladera en la Sierra de Espuña (Cordilleras béticas). *Papeles del Departamento de Geografía*, 6, 9-27
- López-Bermúdez, F. (1979): Clima y morfodinámica de laderas en Revolcadores (W prov. Murcia). En: *Comunicaciones sobre el carst en la Provincia de Murcia. Revolcadores*. Diputación Provincial de Murcia, Murcia, 13-38.
- López-Bermúdez, F. (1984): Dinámica de vertientes: ensayo de puesta a punto. En: *Acta, discursos, ponencias y mesas redondas. VIII Coloquio de Geógrafos Españoles*. Asociación de Geógrafos Españoles, Barcelona, 49-71.
- López-Ontiveros, A.; Morales, A. (1977). Los derrubios de ladera en la Sierra de El Carche

- (Murcia). En: *Actas II Reunión nacional de Geógrafos Españoles Asociación de Geógrafos Españoles*, 137-150.
- Marco, J.A. (1987). *El macizo del Maigmó. Estudio de Geografía Física*. I.E. Gil-Albert, Alicante, 171 pp.
- Marco, J.A. (1988). Notas sobre las acumulaciones de ladera en el macizo del Maigmó. *Investigaciones Geográficas*, 6, 49-68. <https://doi.org/10.14198/INGEO1988.06.03>
- Marco, J.A. (1989). *El medio físico de Aitana. Análisis morfoestructural, condiciones bioclimáticas y formas del modelado*, Universitat d'Alacant (Tesis Doctoral), Alicante, 768 pp.
- Marco, J.A. (2000). Derrubios estratificados en la Sierra de Aitana, Alicante (España). *Eria: Revista cuatrimestral de geografía*, 51, 79-92
- Marco, J.A. (2001). *Aitana como espacio singular. Perspectiva geográfica de una montaña mediterránea*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante, 107 pp.
- Marco, J.A. (2006). Evolución y dinámica de los frentes de cresta-escarpes de falla del sector oriental de Aitana. En: *Geografía Física y Medio Ambiente. Guía de campo de las XXI Jornadas de Geografía Física* (P. Giménez et al., eds.). Asociación de Geógrafos Españoles, Alicante, 57-68.
- Marco, J.A.; Matarredona, E. (2000). Mapas Geomorfológicos y Litológicos. Alicante. En: *Guía para la Planificación de Estudios Geotécnicos (Instituto Valenciano de la Edificación) COPUT*, Valencia, 7 mapas.
- Marco, J.A.; Matarredona, E.; Padilla, A. (2000a). *Cartografía básica geomorfológica E 1:100.000. Elda (14-17)*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante.
- Marco, J.A.; Matarredona, E.; Padilla, A. (2000b). *Cartografía básica geomorfológica E 1:100.000. Alacant (15-17)*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante.
- Marco, A.; Matarredona, E.; Miró, J.J.; Padilla, A.; Sánchez, A. (2002). Suelos en guirnaldas en la montaña alicantina. Primeros resultados. En: *Estudios recientes (2000-2002) En: Geomorfología. Patrimonio, montaña, dinámica territorial* (E. Serrano et al., eds.). Sociedad Española de Geomorfología - Dpto. de Geografía de la Universidad de Valladolid, Valladolid, 317-328.
- Marco, J. A.; Padilla, A.; Sánchez, Á. (2006). Cartografía corológica mediante el uso de GPS de especies vegetales endémicas, raras o amenazadas en el sector oriental de Aitana (Alacant). *Serie Geográfica*, 13, 11-24.
- Marco, J.A.; Azorín, D.; Giménez, P.; Miró, J.J.; Padilla, A.; Sánchez, A. (2016). Comparación de los censos de *Genista longipes* Pau. (2004-2014) en la Serra d'Aitana, Alacant, en el contexto del calentamiento global. En: *Avances en Biogeografía. Áreas de distribución: entre puentes y barreras*. EGU-Tundra, Granada, 231-239.
- Marco, J.A.; Giménez, P.; Padilla, A. (2018): Hacia una revisión y síntesis de las aportaciones sobre procesos de clima frío en el extremo NE peninsular de la cordillera bética. En: *Xeomorfología e paisaxes xeográficas. Catro décadas de investigación e ensino. Homenaje a Augusto Pérez Alberti*. Universidade de Santiago, Santiago de Compostela, 401-412.
- Martínez de Pisón, E. (1994). El conocimiento del periglaciario en España. En: *Periglaciario en la Península Ibérica, Canarias y Baleares* (A. Gómez Ortiz, M. Simón y F. Salvador, Eds.). Universidad de Granada, Granada, 25-32.
- Matarredona, E. (1983). *El Alto Vinalopó. Estudio geográfico*. Instituto de Estudios alicantinos, Alicante, 370 pp.
- Matarredona, E. (1988). Los depósitos de ladera de la Serra de Serrella (Alicante). *Investigaciones Geográficas*, 6, 69-93. <https://doi.org/10.14198/INGEO1988.06.04>
- Matarredona, E.; Marco, J. A. (2000a). Geomorfología (Hoja 15-16). En: *Cartografía temática de las tierras alicantinas* (A. Gil Olcina et al., eds.). Instituto Universitario de Geografía, Alicante, 38-39.
- Matarredona, E.; Marco, J. A. (2000b). Riesgos geomorfológicos (Hoja 821). En: *Cartografía temática de las tierras alicantinas* (A. Gil Olcina et al., eds.). Instituto Universitario de Geografía, Alicante, 48-49.
- Morales, A.; Bru, C.; Box, M. (1983). Morfología en la umbría de la Sierra de Bernia. *Investigaciones Geográficas*, 1, 117-146. <https://doi.org/10.14198/INGEO1983.01.07>
- Oliva, M.; Serrano, E.; Gómez-Ortiz, A.; González-Amuchastegui, M. J.; Nieuwendam, A.; Palacios, D.; Pérez-Alberti, A.; Pellitero-Ondicol, R.; Ruiz-Fernandez, J.; Valcárcel, M.; Vieira, G.; Antoniades, D. (2016). Spatial and temporal variability of periglaciation of the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews*, 137, 176-199. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.02.017>
- Oliva, M.; Ruiz-Fernández, J.; Barriendos, M.; Benito, G.; Cuadrat, J.M.; García-Ruiz, J.M.; Giral, S.; Gómez-Ortiz, A.; Hernández, A.;

- López-Costas, O.; López-Moreno, J.I.; López-Sáez, J.A.; Martínez-Cortizas, A.; Moreno, A.; Prohom, M.; Saz, M.A.; Serrano, E.; Tejedor, E.; Trigo, R.; Valero-Garcés, B.; Vicente-Serrano, S. (2018a): The Little Ice Age in Iberian mountains. *Earth Science Reviews*, 177, 175-208. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2017.11.010>
- Oliva, M. (2018b). The Little Ice Age, the climatic background of present-day warming in Europe. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(1), 7-13. <https://doi.org/10.18172/cig.3402>
- Padilla, A. (1995). *El poblamiento vegetal en las sierras de Peñarroya y Cuartel: aspectos evolutivos y situación actual*. Instituto de Geografía-Universidad de Alicante, Instituto de Cultura "Juan Gil-Albert"-Diputación de Alicante, Alicante, 103 pp.
- Pedraza, J. (2014). Algunas consideraciones sobre el sistema periglacial y la gestión del patrimonio natural. En: *Avances, métodos y técnicas en el estudio del periglaciario* (Gómez Ortiz et al., eds.) Universitat de Barcelona, Barcelona, 21-34.
- Peña, J.L. (1998). Los estudios sobre procesos de clima frío en España: balance y perspectivas. En: *Procesos biofísicos actuales en medios fríos* (A. Gómez Ortiz et al., eds.). Universitat de Barcelona, Barcelona, 43-54.
- Peña, J.L.; Chueca, J.; Julián, A. (1998): Los derrubios estratificados del sector central pirenaico: cronología y límites altitudinales. En: *Procesos biofísicos actuales en medios fríos* (A. Gómez Ortiz et al., eds.). Universitat de Barcelona, Barcelona, 205-216.
- Querada, J. (1978): *Comarca de La Marina (Alicante)*. *Estudio de geografía regional*. Diputación Provincial de Alicante, Alicante, 431 pp.
- Querada, J. (1980): Experiencias de gelificación en medio artificial. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, (116), 53-78.
- Querada, J. (1982): La gelificación experimental en las calizas marmóreas de Xert y Borriol. *Cuadernos de geografía*, 31, 87-96.
- Querada, J. (1985). Evolución de rocas microporosas en cryoclastia experimental. *Millars: geografía i història*, 10, 5-21.
- Rodrigo, F. S. (2018). A review of the Little Ice Age in Andalusia (Southern Spain): results and research challenges. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(1), 245-265. <https://doi.org/10.18172/cig.3316>
- Rosselló, V.M. (1970). Clima y morfología pleistocena en el litoral del mediterráneo español. *Papeles del Departamento de Geografía de Murcia*, 2, 79-109.
- Rosselló, V.M. (1977a). Los canchales de montaña calcárea y los factores termoclasticos. En: *Actas II Reunión Nacional del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario*, Madrid, 223-225. España.
- Rosselló, V.M. (1977b). El modelado de las áreas glaciales y periglaciales. En: *Actas V Coloquio de Geografía*, Universidad de Granada, Granada, 25-28.
- Rosselló, V.M.; Bernabé, J.M. (1978). La Montaña y sus valles: un dominio subhúmedo. En: *Geografía de la provincia de Alicante* (A. López Gómez, A.; V. M. Rosselló, V. M.). Diputación Provincial de Alicante, Alicante, 77-106.
- Sánchez, T. (1991). *Estudio morfoclimático del Cabeçó d'Or*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante, 183 pp.
- Serrano, E. (2016a). Foreword: Polar environments, a changing world. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(2), 315-320. <https://doi.org/10.18172/cig.2977>
- Serrano, E. (2016b). Periglaciario y permafrost. *Polígonos*, 28,15-29. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i28.4283>
- Tricart, J. (1967). *Le modelé des régions périglaciaires*. SEDES (Société d'Édition d'enseignement supérieur), Paris, 511 pp.
- Vogt, T. (1984). *Croûtes calcaires: types et genèse. Exemples d'Afrique et de France Méditerranéenne*. Université Louis Pasteur-Strasbourg, Institut de Géographie, Laboratoire de Géographie Physique en Milieu Tempéré, Strasbourg, 228 pp.

Recibido el 2 de mayo de 2018
Aceptado el 26 de noviembre de 2018

