

## FORMES DE RELIEVE, EVOLUCIÓN DEL MODELAXE Y RÉXIME TÉRMICU EN CORDAL DE PENUBINA (CORDELERA ASTURLLIONESA)

### LANDFORMS, MODELING EVOLUTION AND THERMAL REGIME IN PENUBINA MASSIF (CANTABRIAN MOUNTAINS)

David GALLINAR CAÑEDO

Universidad de Oviedo

gallinardavid@uniovi.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3643-2660>

#### Resume:

El cordal de Penubina ye una de les peñes de más altor de la Cordelera Asturllionesa (El Fontán sur, 2.417 metros p.n.m.). Pol so carácter de muria orográfica retién les nubes na aguada asturiana, xenerando un clima más estable y soleyeru na aguada lionesa, con unes precipitaciones nos sectores cimeros que superen los 2.000 mm, munchos d'ellos de nieve. Identificáronse procesos cársticos, torrenciales, glaciales y periglaciales, tanto antiguos como funcionales. El modelaxe cársticu xeneró l'aparición de formes d'erosión como valles ciegos, dolines, fuexos, pozos y lapiaces. El modelaxe glacial ye responsable de formes erosives como bacíes glaciales y peñes oveyaes, y tamién d'acumulación, sobremanera en forma de morenes glaciales, que dexaron identificar trés fases glaciales (fase de máxima expansión del xelu, fase interna I y II, y fase d'altor I y II) y venti glaciales distintes, qu'ocuparon 5.004 hectárees na fase de máxima expansión del xelu. El réxime térmicu actual caracterízase pola abundancia de xelaes, pero por un número pequeñu de díes de xelu-destemple. Estes condiciones de fríu favorecen el desenvolvimientu de la crioturbación, la crioclastia, la solifluxión, los movimientos en masa rápidos y l'abundancia de nieve, que suel permanecer estable ente seis y ocho meses perriba de los 1.800 metros p.n.m.

*Palabres clave:* cordal de Penubina, glacialismu, periglacialismu, nivación, réxime térmicu.

#### Abstract:

Penubina Massif is one of the highest massifs in the Cantabrian Mountains (South Fontán, 2,417 meters a.s.l.). It is an orographic barrier that retains the cloudy masses on the Asturian slope, thus resulting in a more stable and sunnier climate on the

Leonese slope, with rainfall in the higher-altitude sectors that exceeds 2,000 mm, much of which occurs in the form of snow. Karstic, fluviotorrential, glacial and periglacial processes have been identified, both relict and functional. Karstic modeling led to the appearance of forms of erosion such as glaciokarstic basins, sinkholes, coating sinkholes, wells and karren. Glacial modeling is responsible for erosive forms such as glacial troughs and sheepskin rocks, as well as accumulation, mainly in the form of glacial moraines, which allowed the identification of three glacial phases (phase of maximum ice expansion, internal phase I and II, and phase of altitude I and II), as well as twenty different glaciers, which occupied 5,004 hectares in the maximum ice expansion phase. The current thermal regime is characterized by the abundance of frosts, but by a reduced number of freeze-thaw days. These cold conditions favor the development of cryoturbation, cryoclasty, solifluction, rapid mass movements and an abundance of snow, which usually remains stable for 6-8 months above 1,800 meters a.s.l.

*Keywords:* Penubina Massif, glacialism, periglacialism, nivation, thermal regime.

#### 1. Entamu<sup>1</sup>

El cordal de Penubina (figures 1 y 2) ye, pol so altor y tamaño, una de les peñes que más espunten na Cordelera Asturllionesa. Ente los sos picos cimeros tán El Fontán sur (2.417 metros

<sup>1</sup> Esta contribución ye parte de los temas d'investigación trataos nel proxectu d'investigación PID2020-115269GB-I00 (MICINN, Gobiernu d'España).

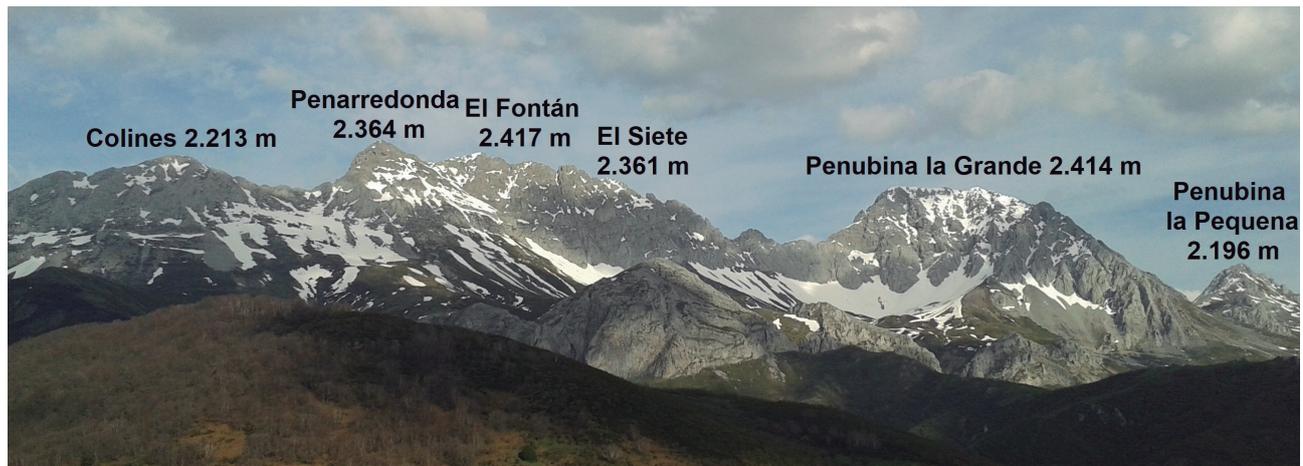


Figura 1. Panorámica del cordal de Penubina dende'l sector de Los Llamuergos, na aguada lionesa del Altu Ventana (14 d'abril del 2014).

p.n.m.), El Fontán norte (2.416 metros p.n.m.) y Penubina la Grande (2.414 metros p.n.m.), col so techu situáu unos 400 metros perriba les sierres de la redolada (Lueje, 1958; Delgado, 1971, 1989; Flor, 1992). Estos picos tán llabraos cuasi totalmente en peña caliar del Carboníferu (tamién hai amestaes dalgunes dolomíes), ente que los valles adxacentes tán esculpíos en llosa silúrico, cuarzoarenita ordovícico y conglomeraos estefanienses (Truyols et al., 1982; Aller, 1984; Alonso et al., 2007). Esta peña forma dellos sinclinales y anticlinales, amás de plataformes cabalgantes y plegues apertaes que producen un relieve emprunu, con cordales afilaos, pinielles y llucies bien verticalizaes d'hasta 700 metros de desnivel. Esti espaciu ta integráu actualmente nos Parques Naturales de "Las Ubiñas-La Mesa" (Asturies) y "Babia y Luna" (Llión) (Gallinar, García Hernández y Ruiz Fernández, 2019).

Pola so cercanía a la mariña (Penubina ta situada a unos 60 quilómetros de la mar), el so carácter de muria orográfica y la so disposición, qu'intercepta les mases d'aire cargaes d'humedanza llevaes pola circulación atmosférica xeneral del oeste, esti cordal recibe precipitaciones enforma, abondo mayores na so aguada asturiana, que superen los 2.000 mm nos cumales y que cayen en gran parte en forma de nieve. Otramiente, les temperatures son fríes, con medies añales de menos de 5 °C dende los 1.600 metros

p.n.m. y alredu de 1 °C a 2.400 metros p.n.m. (Muñoz Jiménez, 1982; Gómez Villar, 2006).

## 2. Estáu del conocimientu

Los primeros estudios de glacialismu y periglacialismu na Cordelera Asturllionesa remóntense a mediaos del sieglu XIX (Prado, 1852). Si-casí, ye dende finales del sieglu XX hasta agora cuando principian a abondar los estudios sobro esos procesos y les sos formes de modelaxe, que fueron completando les faltes na conocencia de la xeomorfoloxía d'esta cordelera (Brosche, 1978; Castañón y Frochoso, 1994, 1998; Frochoso y Castañón, 1998; Rodríguez Rodríguez, Jiménez Sánchez, Domínguez, Cuesta y Aranburu, 2015; García Hernández, Ruiz Fernández, Oliva y Gallinar, 2018; Oliva et al., 2018). Munchos d'esos estudios focalizaron los sos esfuerzos nos Picos d'Europa, sobremanera, asina como n'otros sectores que tomaben espacios de montaña más amplios, de manera que'l cordal de Penubina quedó apostalgáu de los estudios de detalle. Si-casí, existen estudios sobro glacialismu qu'entamaron a mediaos del sieglu XX (Stickel, 1929; Corugedo, 1933; Nussbaum y Gyax, 1952), aunque se trata d'obres descriptives que s'ocuparon d'espacios más amplios nos que s'incluía Penubina. D'esta manera, foi Castañón Álvarez (1983, 1984) el primeru en facer estudios específicos sobro glacialismu y periglacialismu en cordal de Penubina, ente que l'endocarst foi estudiáu por grupos espeleolóxicos (Rodríguez Pevida, Fuen-

te y González Suárez, 1982; Puch, 1998; Puerta Elorza, 2000; Ballesteros, 2008; Grupo Espeleológico Polifemo, 2010; Interclub Ubiña del Colectivu Asturianu d'Espeleólogos, 2013). Los últimos estudios dexaron conocer con más fondura y detalle la evolución glacial del cordal y los espacios cercanos (García de Celis y Martínez Fernández, 2002; Gallinar et al., 2014; González Gutiérrez et al., 2017; Alonso, 2019; González Díaz, Ruiz Fernández, García Hernández, Menéndez Duarte y González Díaz, 2021; Ruiz Fernández, González Díaz, Gallinar Cañedo y García Hernández, 2022; Santos González et al., 2022b), asina como les condiciones periglaciales antigües y funcionales (Gallinar et al., 2017, 2021; Peña Pérez, 2021). Sicasí, entá existen vacíos abondos na conocencia de la xeomorfoloxía d'estos montes.

### 3. Metodoloxía

El presente estudiu de los procesos y formes de relieve existentes en cordal de Penubina, tanto antiguos como activos, encetóse col trabayu de campu fechu ente los años 2012 y 2021, nel que, amás de prospechar directamente en monte pa recoyer la información xeomorfolóxica, fueron usaes les técniques que s'exponen a continuación.

- I. Pa la obtención de datos xeocronolóxicos en relación cola evolución glacial de Penubina, datáronse per mediu del radiocarbonu cuatro muestres con conteníu orgánicu d'un paleollagu zarráu por una morena glacial a 1.790 metros p.n.m. na Becerrera, que fueron recuperaos con un testigu sedimentariu de 218,5 centímetros de llargor integráu por argayadures na base, siguies d'una secuencia lacustre qu'amuestra una terrefricación progresiva escontra'l techu.
- II. El cálculu de les paleoELAs de les glaciales reconstruies en cada fase glacial identificada en Penubina realizóse col métodu THAR. Usóse una fueya d'Excel especialmente fecha pal casu, aplicando una ratio de 0,4.
- III. La midida de los movimientos solifluídales nes fasteres establecióse col usu d'estaques de madera clavaes en doce

lóbulos de solifluxión y bloques llabradores alreduro de los sos cantos, calculando la diferencia de movimientu añal ente estes xeofomes y les aguaes sobro les que s'esmucen, según el desplazamientu horizontal y/o vertical ente cada estaca. Estos lóbulos taben localizaos en trés estaciones de muestre situaes a 2.351-2.348, 2.050-2.029 y 1.834-1.830 metros p.n.m. En caúna d'elles instaláronse termorreistradores a -10 y -50 centímetros nunu de los lóbulos monitorizaos, col fin de relacionar el movimientu detectáu col réxime térmicu añal y cola humedanza del suelu, según la evolución del mantu nival y la presencia de xelu estacional.

- IV. L'análisis sedimentolóxicu y morfométricu de les lleres fíxose al traviés de técniques sedimentoloxiques básiques, llargamente usaes y validaes n'espacios de montaña. En concreto, realizáronse recuentos granulométricos en lotes de 100 cantos y bloques, midiendo la exa mayor, a lo llargo de trés estaciones (área proximal, media y distal) en caúna de les ocho lleres escoyies. Esta información ampliósse cola midida del enclín y la descripción de la litoloxía, la morfología, el grau de cubrimientu vexetal y los procesos xeomorfolóxicos identificaos en cada casu. Too ello completóse col levantamientu de perfiles xeomorfolóxicos, según el cálculu de diversos parámetros estadísticos en relación coles variables citaes.
- V. La monitorización de les temperatures del aire y del suelu a distintes fondures y altitúes, según la espesura del mantu nival y la humedanza del suelu, fíxose usando termorreistradores del tipu ibutton (Thermochron Datalogger -40 a 85 °C y Hygrochron Temp/RH Logger). En concreto, na fastera septentrional d'El Fontán norte, a 2.380 metros p.n.m., instalóse una piértiga de 1,5 metros de llargor pa medir la temperatura del aire y la evolución añal del mantu nival, al pie d'un sondéu de 70 centímetros de

fondura pa monitorizar la evolución térmica del suelo na alta montaña de Penubina, con sensores a -5, -10, -20, -40 y -70 centímetros. Estes estaciones complementáronse cola instalación de sensores de temperatura a -5 centímetros dentro del suelo y a cotes altimétriques de 1.830, 2.050, 2.200 y 2.350 metros p.n.m., siguiendo un traxectu vertical en circu glacial de Cuapalacio y el so allongamientu escontra'l Puerto Güeria. Amás, los sensores de 1.830, 2.050 y 2.350 metros p.n.m. cuntaron tamién con toma d'humedanza.

- VI. A esto hai qu'amestar la elaboración de la cartografía xeomorfolóxica del cordal de Penubina, iguada coles minutes feches directamente en campu y complementaes con fotointerpretación de pares estereoscópicos. La base topográfica dixital del mapa creóse coles fueyes del Mapa Topográfico Nacional del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:25000 de "Bárzana", "Torrebarrio" y "Sena de Luna" (fueyes 77-II, 77-IV y 102-II, respectivamente). La salida final de la cartografía xeomorfolóxica realizóse col programa Corel Draw na so versión Graphics Suite 2021. El métodu utilizáu na so confección ye'l RCP 77 del CNRS.
- VII. Finalmente, tola información que s'atropó nos recorriós de campu per Penubina foi ampliao y contrastao con fontes bibliográfiques de distinta naturaleza, incluyendo información procedente d'archivos, como'l Cadastru del Marqués de la Ensenada, l'Arquivu Fotográfico de José Ramón Lueje y l'Arquivu de Piñera.

#### 4. Resultaos

El relieve actual en Penubina ye consecuencia de la interacción de dellos sistemas morfoxe-néticos sobro un armazón estructural llabráu en peñes carbonataes y detrítiques d'edá paleozoica, dispuestes en plegues apertaes y escames tectóniques. Ente les xeiformes existentes cabe citar les debíes a la disolución cárstica, les d'orixe fluvial y d'inchente, los resclavos glaciales cuaternarios –según la dinámica d'aguaes– y

el retoque periglacial y nival antiguu y actual. Esto dio-y al paisaxe d'esti espaciu de montaña abonda complexidá xeomorfolóxica.

##### 4.1. El carst

El carst de Penubina evolucionó nuna sucesión de trés etapes. Una primer etapa anterior al desenvolvimientu del glacialismu cuaternariu, una segunda etapa glacial, y una tercera posglacial, más templada que la precedente, caracterizada pola influencia nival, que vieno desenvolviéndose nel Holocenu. Actualmente, el gran altor y el réxime climáticu, con precipitaciones elevaes en forma de nieve y pervivencia de los trabes nos meses branizos nos sitios más altos, favorecen el desenvolvimientu del carst nival. Con too, estos procesos y les sos morfoloxíes resultantes son distintos en función del altor, de manera que ye posible estremar hasta trés sectores cársticos: 1) la faza cárstica inferior, perbaxo los 1.700 metros p.n.m., con más desenvolvimientu edáficu y vexetal, d'influencia nival; 2) l'área de desiertu cársticu, asociada a la plataforma d'El Güertu'l Diablo, na actualidá ensin desenvolvimientu edáficu significativu nin vexetación, y apoderada cuasi puramente polos procesos cársticos; y 3) una faza de carst nival, percima los 1.700 metros p.n.m.

En Penubina la carstificación experimentó relaciones d'interferencia con otros procesos y formes del relieve, de los que'l más destacáu ye'l glacialismu cuaternariu. El relieve cársticu preglacial condicionó'l fluxu de les mases de xelu y, al empar, foi mui modificáu pola abrasión y la sobrecavación glacial. Ello ye qu'apenes se caltienen morfoloxíes cárstiques previes, por mor de que cuasi nun hai espacios caliares per debaxo de les árees que tuvieron glaciales. Igualmente, la carstificación fixo que les morfoloxíes glaciales de detalle se sumieren. Les maseres glaciocárstiques, única forma exocárstica mayor presente, xeneralmente percima los 1.700 metros p.n.m., constituyen un bon exemplu d'esa interacción por cuenta de la so xénesis mista. Estes maseres experimentaron rellenos sedimentarios de xénesis variada, destacando los d'orixe glacial nes partes medies y baxes, ente qu'a más altor hai argayaes tanto glaciales como periglaciales.

A les macroformes mentaes, hai qu'añader mesoformes como les dolines y les uvales, tapizaes por argayadures y magre de descalcificación, fuexos asociaos a depósitos d'orixe glacial, periglacial, d'inchente y lacustre, torques y pozos qu'aprućen dende los 1.600 metros p.n.m., y caleyones, especialmente n'interior de los circos glaciales. En Penubina abonden tamién les microformes exocárstiques, ente les que destaquen los lapiaces llibres y estructurales, estos postremos favorecíos pola abundancia de niveles de peña caliar tabliao; ye mucho menos común atopar lapiaces cubiertos.

Finalmente, l'endocarst y los fluxos soterraños viéronse tamién afectaos pol glacialismu, porque'l drenaxe, primeramente difuso, concentróse en dellos cuévanos, volviendo dempués a ser difuso tres de la retirada del xelu glacial. La potencia qu'alcancen les peñes caliares en Penubina, xunto col gran desnivel, favorecieron el desenvolvimientu de más d'un centenar de sistemas endocársticos bien pindios, qu'en cuatro casos lleguen a superar los 1.000 metros de galeríes exploraes, anque ensin alcanzar el tamañu rexistráu n'otres mases caliares, como Los Picos d'Europa.

#### 4.2. Actividá fluvial

Tocantes a l'actividá fluvial y d'inchente, según los resclavos, Penubina ye fonte de cinco cabeceres hídriques (los ríos de Ricao, L'lindes, Güerna, Pinos y Orugu), que tienen un comportamientu nivo-pluvial. Ente les formes erosives destaquen los escobios, como La Foiz Grande y La Foiz Pequena y dellos valles encaxaos, como'l Valle Güerna, anque tamién tán presentes xeofomes de menos tamañu, como riegues estacionales y cárcoves (qu'afecten enforma a formaciones superficiales como morenes glaciales y litoloxíes quebradices, por mor d'una mayor concentración de la erosión), ente que les olles de xigante, anque presentes, son escasas. Al respective de les formes d'acumulación, cabe mentar los abanicos fluviales xeneralmente activos, comunes sobre sustratos quebradizos, y tamién les terrazas fluvio-glaciales, asociaes al sector de Cuespasante.

#### 4.3. Glacialismu

Los resclavos heredaos de la Última Glaciación del Pleistocenu, tanto erosivos (circos, pinielles, bacíes, peñes oveyaes, estríes y acanaladures) como sedimentarios (complejos morénicos integraos por llombes y mantos que s'asoceden a distintes altitúes, con bloques erráticos desfechos y rellanos d'atrancamientu asociaos), dexen reconstruír tres grandes fases glaciales na evolución de Penubina, dos d'elles con dos sub-fases asociaes. Asina, distínguense: 1) fase de Máxima Expansión del Xelu (MEX), 2) fase interna (I y II), y 3) fase d'altor (I y II).

Na fase de MEX, les glaciales alcanzaron los sos máximos d'extensión y volume dientro del ámbitu estudiáu, con hasta ocho quilómetros de llargor y más de 150 metros de potencia nes llingües principales, con frentes situaos a altores que variaben ente los 980 y los 1.540 metros p.n.m. en función de les característiques topoclimátiques de cada glacial, y una paleoELA media de 1.592 metros p.n.m. La superficie total ocupada poles glaciales nesta fase foi de 5.004 hectárees, lo qu'equival al 39,7 % de l'área d'estudiu. En xunto, xeneráronse venti glaciales principales que presentaben llingües simples, como en Socellares, llingües complexes, como les de Tuíza, La Foiz Grande y La Foiz Pequena, y inclusive un cascu glacial de montaña en casu de Cerreo. Sicasí, dióse una disimetría ente les aguaes asturiana y llionesa, pos escontra'l norte y el nordeste les glaciales expandiéronse más y algamaron cotes inferiores, ente que, escontra'l sur, namás les glaciales vabianes d'El Rebezu y Retuertu llegaron a tener una extensión comparable. Nesti sentíu, la estructura xeolóxica foi bien importante na citada disimetría pos, por poner un casu, l'aguada vabiana, más pindia, condicionó la formación de circos de fondu unos 200 metros más baxos qu'en casu de la parte asturiana; esti factor supunxo, tamién, un menor desenvolvimientu de les llingües del sector llionés (col frente más baxu a 1.270 metros p.n.m.) en comparanza col asturianu (frentes a alrededor de 1.000-1.200 metros p.n.m. nes glaciales de mayor tamañu). Amás, les glaciales asturianas de Penubina cuntaron con valles de topografía menos pindia, lo que favoreció la formación de llingües de mayor desenvolvimientu lonxitudinal. Explícase

asina l'ascensu de les paleoELAs de les glaciales llioneses de Penubina en comparanza coles de l'aguada norte y nordeste d'esti cordal (1.659 metros p.n.m. de media frente a 1.557 metros). Nun se pudieron facer dataciones absolutes de la fase de MEX dientro del Últimu Ciclu Glacial en Penubina, aunque esa fase foi datada en delles partes de la Cordelera Asturllionesa por otros autores (Jiménez Sánchez y Farias Arquer, 2002; Moreno et al., 2010; Serrano et al., 2012, 2013; Jiménez Sánchez et al., 2013; Pellitero, 2013; Rodríguez Rodríguez et al., 2015, 2017; Ruiz Fernández et al., 2016; Ruiz Fernández y García Hernández, 2018) ente 45-36 ka (MIS 3), unes cifres que, amás, preceden cronológicamente al Últimu Máximu Glacial Global (UMGG).

La fase interna caracterízase por depositar extensos complexos morénicos nes llingües de mayor desenvolvimientu, como les de Retuertu, Vabia, Tuíza, La Foiz Grande, La Foiz Pequena y Socellares. Amás, les relaciones morfoestratigráficas ente esos complexos dexen distinguir con claridá dos subfases de meyora y estabilización glacial dientro d'ella. Una primera, na que les decinueve glaciales desenvueltes entá tenien tamaños y volúmenes daqué inferiores a los existentes na MEX, con rangos altitudinales de los frentes comprendíos ente 1.250 y 1.780 metros p.n.m., una superficie glaciada total de 3.742 hectárees, y paleoELAs medies de 1.746 metros p.n.m. na aguada llionesa y de 1.698 metros p.n.m. na asturiana (pa tol área d'estudiu foi de 1.716 metros p.n.m.). La segunda subfase (deciés glaciales) atópase más arriba, col altor de los frentes ente 1.460 y 1.840 metros p.n.m., y una superficie total ocupada poles glaciales de 2.100 hectárees. Nesti casu les paleoELAs medies fueron de 1.931 metros p.n.m. nel área vabiana, y de 1.827 metros p.n.m. nos sectores asturianos (1.859 metros p.n.m. de paleoELA media pal conxuntu de Penubina). La mayor llingua d'esta subfase foi la de La Foiz Grande, con 3,5 quilómetros de llargor. Tampoco nun se pudieron obtener cronoloxíes absolutes de la fase interna, establecida ente 23-19 ka (MIS 2) n'otros puntos de la Cordelera Asturllionesa (Serrano et al., 2012, 2013; Jiménez Sánchez et al., 2013; Pellitero, 2013; Rodríguez Rodríguez et al., 2015, 2016,

2017, 2018; Ruiz Fernández et al., 2016), cronológicamente coincidentes col UMGG.

Na fase d'altor xeneráronse glaciales namás nos circos cimeros y con orientaciones más favorables (El Güertu'l Diablo, Rolamuela, Siegalabá, El Preu l'Albo, Colines, El Huyu Llungu, Cuapalacio, El Planón, La Becerrera y Penubina la Grande-lanos d'El Fontán). Igual que na fase anterior, tamién nesta pueden identificase con claridá dos subfases responsables de la xénesis de complexos glaciales diferenciaos, deseparaos por cientos de metros, y con volúmenes, extensiones y posiciones distintes dientro de los circos. Los rangos altitudinales nos que s'alcuentren los frentes son de 1.750 y 1.910 metros p.n.m. pa la subfase I, y de 1.980 y 2.050 metros p.n.m. pa la subfase II. La superficie glaciada total foi de 328 y de 104 hectárees, y les paleoELAs variaron ente 2.024 y 2.147 metros p.n.m., respectivamente. La primera de les dos subfases, con bien de pulsación y d'aspectu muncho más frescu que les descrites primero, caracterízase pol desenvolvimientu d'ocho glaciales de circu y dos de llingua incipiente (estes postreres fueron les de Cuapalacio y El Huyu Llungu, que, con too, namás alcanzaron 1,5 y 1,1 quilómetros de llargor respectivamente). Na segunda subfase, de la que namás hai restos sedimentarios en cuatro circos, edificáronse tamién complexos morénicos con abonda pulsación y d'aspectu superficial frescu (con ausencia de recubrimientu vexetal y de procesos edáficos d'entidá). Les dataciones de  $^{14}\text{C}$  feches en testigu sedimentariu estrayíu con una sonda Eijkelkamp nun paleollagu situáu na Becerrera (na aguada vabiana) a 1.790 metros p.n.m., dieron una edá mínima pa la fase d'altor de  $6.223 \pm 56$  años cal BP, teniendo en cuenta que nun se pudo afondar hasta llegar a la morena de manera manual. Les cronoloxíes pa esta fase glacial n'otros llugares de la Cordelera Asturllionesa varíen ente 12,9-11,7 ka en casu de los cordales más altos, como Los Picos d'Europa (González Trueba, 2007; Moreno et al., 2010; Pellitero, 2013; Serrano et al., 2012, 2013; Ruiz Fernández et al., 2016), y ente 17,7 y 14 ka n'otros peñes de menos altor (como n'El Ausente y la cabecera del valle del Ríu Monasteriu) (Rodríguez Rodríguez et al., 2017; Santos González et al., 2022b).

#### 4.4. Periglacialismu

Cola progresiva desaparición de les glaciales, l'aru periglacial foi xubiendo n'altor, quedando reduciú actualmente a les partes más elevaes, igual que n'otros cordales asturllioneses y ibéricos (Jalut et al., 2004, 2010; Santos González et al., 2013, 2022a; Melón Nava, Santos González, Redondo Vega, González Gutiérrez y Gómez Villa, 2022). Sicasí, esta dinámica de modelaxe dexó en Penubina evidencias de la so influencia pasada en sitios de menos altor, como lo atestiga la existencia de lleres en zones que queden per debaxo de les condiciones morfoclimátiques presentes (y ampliamente cubiertes de vexetación), o bien sucos nos que se localicen argayadures estratificaes, tamién antiguos.

Actualmente los cumales de les crestes y los circos glaciales de mayor desenvolvimientu tán influíos por condiciones morfoclimátiques de fríu definies por temperatures baxes del aire y del suelu, con abundancia de precipitaciones, en gran proporción en forma de nieve. Les nevaes en Penubina xeneren un mantu nival duraderu y continu nes partes altes, dende mediaos d'ochobre hasta primeros de xunu. Normalmente la cubierta nival caltiénse de seis a ocho meses dende 1.800 metros p.n.m. y existe una relación clara ente la duración añal d'esti periodu y l'altor, aunque la influencia de la orientación tamién ye importante, de manera que les fasteres orientaes al norte son les que presenten periodos más llargos de mantenimientu del mantu nival. En periodu 2015-2018, cuando se fixo una monitorización siguida de la cubierta nival n'El Fontán, 2018 presentó'l mayor númberu de díes nos que'l suelu se mantuvo cubiertu (143 díes), frente a los 123 de 2017 y los 94 de 2016, ente qu'en 2015 nun hubo nieve. L'añu 2018, amás, foi l'únicu nel que s'alcazaron espesures de 120 centímetros o más. Tocantes a la evolución intraannual, les espesures mayores alcontráronse, invariablemente, en mes d'abril, con 31 díes con espesures iguales o superiores a 80 centímetros.

Tal como amuestren los datos obteníos colos termorrexistradores instalaos nes cercanías de los picos d'El Fontán, a lo llargo d'un traxectu vertical en circu de Cuapalacio, ente 1.830 y 2.350 metros p.n.m., dase un impactu amenorgáu de los ciclos de xelu-destemple al nivel del

suelu, al quedar aisláu de la temperatura del aire pola cubierta nival. Sicasí, l'impactu de los ciclos de xelu-destemple ye enforma mayor al nivel de les parees y les crestes de peña. Igualmente, el réxime térmicu en Penubina ta caracterizáu por un patrón añal nel que se distinguen cuatro fases: 1) isoterminia o estabilidá térmica (n'hibiernu, calteniéndose siempre les temperatures cercanes a 0 °C); 2) aumentu rápidu de les temperatures o fusión nival (aumentu drásticu de les temperatures pola desaparición de la cubierta nival); 3) branizu o de temperatures elevaes (normalmente de principios de xunu a primeros de setiembre; alcáncense les temperatures máximes); 4) de transición branu-hibiernu (baxada gradual de les temperatures ente mediaos de setiembre y mediaos d'avientu, que van acercándose poco a poco a 0 °C).

Estes condiciones favorecen que la dinámica periglacial na alta montaña de Penubina tea activa. Asina, la crioturación, como procesu vinculáu a la existencia de xelu en suelu que xenera un reordenamientu de les partícules en función de la so granulometría, ye un indicador d'actividá periglacial. Ye percima de los 2.100 metros p.n.m. onde esi procesu principia a ser más vulnerable, y onde xenera suelos ordenaos, como los suelos estriaos y los círculos de piedres, abundantes n'árees como El Fontán y el circu glacial de Cuapalacio.

La crioclastia exerce la so acción en Penubina sobro les parees de peña más altes. Esto fai, xunta otros procesos (movimientos en masa rápidos y lentos, gravedá, rieques estacionales y movilización de partícules pola xelada), qu'al pie d'esos llucies se formen lleres que lleguen a ocupar munches zones nes partes altes. Los resultaos del estudiu específicu de les lleres amuestren, de forma xeneralizada, la organización de les partícules d'alguerdu cola gravedá, siguiendo una secuencia granocreciente dende les partes proximales a les distales. Otramiente, les sos pendientes suelen rondar los  $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$  de desnivel en cuasi tolos tramos, con excepciones concretes.

La solifluxión ye responsable en Penubina de la xénesis de morfloxies como los lóbulos de solifluxión, los bloques llabradores, les terracines y tamién los suelos somullíos, que son

comunes n'árees de pendientes de más de 10° (sacante los suelos somullíos, que s'alcontraron en zones allanaes) y n'altos perriba los 1.600 metros p.n.m. En trés estaciones de muestréu, situaes a 2.351-2.348, 2.050-2.029 y 1.834-1.830 metros p.n.m., monitorizáronse un total de doce lóbulos de solifluxión y bloques llabradores ente ochobre del 2015 y ochobre del 2021, que dieron taxes medias de desplazamientu horizontal nos laterales d'ente 0,3 y 12,7 mm/añu, con valores mínimos de movimientu de 1 mm/añu y máximos de 50 mm/añu. La mayoría de los desplazamientos fueron de sentíu positivu, pero notáronse tamién movimientu de sentíu inversu en dalgunos de los laterales de les xeofomes analizaes, dexando evidencia de la rotación de dellos. Confirmáronse tamién movimientu de fundimientu o de llevantamientu asociaos al desplazamientu de los lóbulos y los bloques llabradores.

En periodu 2012-2018 constatóse la presencia de trabes a mediaos del mes d'agostu hasta n'once sectores de Penubina, siempre percima los 2.000 metros p.n.m., sacantes casos y años concretos. Estos trabes amuestren importantes variaciones interanuales nel so númeru, extensión y espesor: 2017 foi l'añu con menos trabes (0,2 hectárees), ente que 2013 foi l'añu nel que subsistió un númeru más altu y nel qu'alcanzaron más extensión superficial (12,8 hectárees). Al marxe de los factores topoclimáticos, y d'otres consideraciones como les hidrolóxicques, l'espesor nival alcanzáu n'hibiernu y les temperatures branices paecen ser los condicionantes principales pal desenvolvimientu y caltenimientu de los trabes. En Penubina xeneráronse tamién morenes de trabe, qu'actualmente presenten distintos graos d'actividá (dende les actives, a les semiacctives y a les antigües) y nichos de nivación concentraos nos sitios más elevaos y n'interior de los circos glaciales.

Los ádenes son un procesu recurrente en dellos sectores de Penubina. Tienen muncha importancia xeomorfolóxica na aguada meridional d'El Preu l'Albo y en dalgunes otres rimaes emprunes, como les de Siegalabá, Penubina la Grande y Penarrueda, onde abonden morfologíes asociaes como les canales y los conos d'ádenes. Les primeres pueden llegar a los 800 metros de

llargor y hasta los doce metros d'anchor, tando mui condicionaes pola estructura. Los conos, que lleguen a presentar superficies d'hasta 6,1 hectárees, tienen frecuentemente un orixe mixtu, asociaos tamién a otros procesos como los argayos y la solifluxión. Igualmente, los ádenes tresfieren partícules (dende magre hasta piedres grandes) de les partes elevaes a otres de menos altor, qu'influyen na formación y caltenimientu de los trabes situaos más abaxo. Pero esti procesu, al empar, representa tamién un riesgu pa la población de dalgunos pueblos de la redolada, y demostró delles veces la so capacidá dañible a lo llargo de la historia recién.

Otros tipos de movimientu en masa rápidos son tamién importantes na dinámica xeomorfolóxica de Penubina. Apaecen distribuíos per gran parte del área d'estudiu xeofomes como los argayos de material grebio o fino y los fluxos d'argayadura. L'abundancia de precipitaciones en forma de nieve y d'agua favorez la formación de fluxos d'argayadura sobro les lleres y sobro otres formaciones superficiales poco consolidaes. Estos fluxos, alimentaos poles canales d'ádenes, pueden correr hasta 500 metros, llegando los sos frentes a baxar –nos casos más estremos– hasta los 1.260 metros p.n.m.

En cuanto a les formes vinculaes a la existencia de permafrost, namás existe una glacial peñosa antigua, de dimensiones pequeñes, situada en circu glacial de Cuapalacio y relacionada morfoestratigráficamente cola fase glacial d'altor. La escasez d'esti tipu de xeofomes en Penubina, y la so abundancia en sectores cercanos, explícase pol carácter carbonatáu de los cumales de Penubina. Nun hai qu'escaecer l'altu control litolóxicu d'esti tipu de formes de relieve, comunes sobro les cuarcites y arenisques paleozoiques de la Cordelera Asturllionesa (Redondo Vega, Gómez Villar y González Gutiérrez, 2004; Gómez Villar, González Gutiérrez, Redondo Vega y Santos González, 2011; Pellitero, Serrano y González Trueba, 2011), y sicasí prácticamente inexistentes sobro la peña caliar.

Los procesos y formes periglaciales activos en Penubina xébreense altitudinalmente en dos pisos, el nivoperiglacial y el crionival. La diferencia ente ellos ta na intensidá y el tipu de procesos dominantes en cada casu. El pisu ni-

voperiglacial, situáu nun rangu altitudinal que s'estiende ente los 1.750-1.800 metros p.n.m. y los 2.100-2.200 metros p.n.m., caracterízase por tar vinculáu a l'acción modeladora de la nieve, que permanez estable ente seis y ocho meses al añu. Los procesos dominantes son la cayida d'ádenes, los argayos de material grebio o fino y los fluxos d'argayadura vinculaos a la fusión nival o a episodios de precipitaciones intenses, la solifluxión, les riegues estacionales y el carst nival. L'impactu de los procesos de xelu-desemple con ritmos diarios o estacionales, aunque presente, ye pequenü en comparanza col del pisu crionival. Esti postreru ta presente en Penubina perriba los 2.100-2.200 metros p.n.m., y

caracterízase poles temperatures medies añales frías, d'alredor de 1 °C – 3 °C, pola abundancia de precipitaciones en forma de nieve, con más de 2.000 mm añales, y pola presencia de trabes y xelaes recurrentes que pueden llegar a apaecer en cualquier momentu del añu, aunque de manera bien amenorgada en branu. Prodúcense equí procesos como la crioturbación, causante de morfoloxíes como los suelos ordenaos, la solifluxión, más movimientos en masa, una disolución cárstica bien efectiva y una efectividá mayor de la crioclastia. Ello ye qu'estos dos últimos procesos interaccionen ente sí, xenerando d'esa manera xelidixunción y xelidiscuamación (Castañón y Frochoso, 1998). Les lleres, xeneraes pola

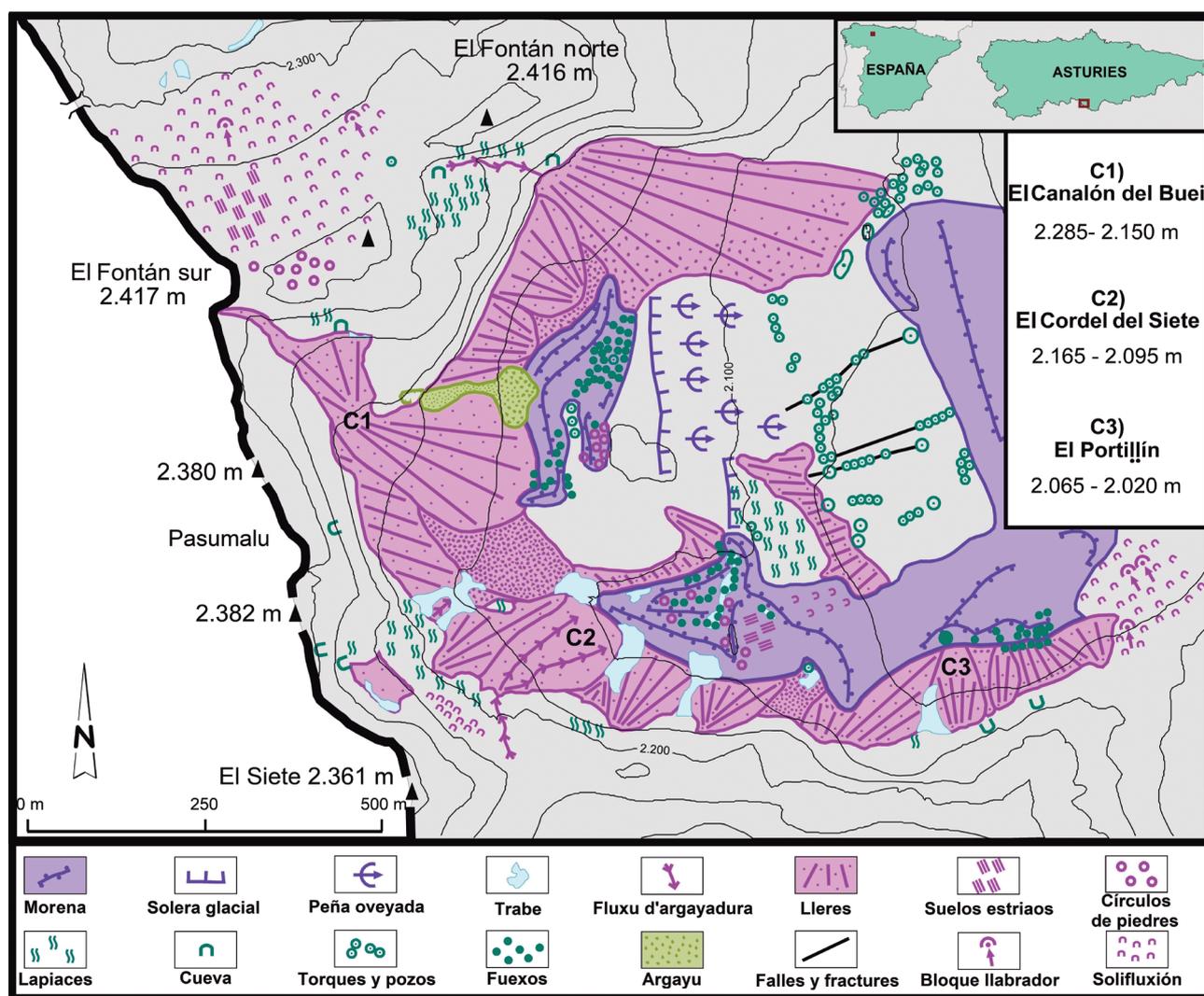


Figura 2. Esquema xeomorfolóxicu del circu glacial de Cuapalacio cola posición específica de trés de les lleres estudiaes en detalle (El Canalón del Buei, C1; El Cordel del Siete, C2; y El Portiñín, C3).

combinación d'una parte grande de los procesos citaos, son actives nes partes altes de Penubina (figura 2). El pisu crionival correspuéndese, asina, con un ambiente bien dinámicu que, sicasí, tien una estensión espacial pequeña.

A lo llargo d'esti trabayu buscóse amostrar les claves qu'expliquen la configuración actual del relieve del cordal de Penubina. Con ello preténdese espublizar l'altu valor xeomorfolóxicu –y por extensión paisaxísticu– d'esti importante enclave de la montaña asturllionesa, aumentando la so conocencia. Esto resulta vital p'ampliar la comprensión de les dinámiques qu'afecten actualmente a la Cordelera Asturllionesa, y pa desenvolver una planificación territorial afechiscada per parte de les administraciones implicaes na xestión d'esti ámbitu. Nun futuru prevése siguir afondando na so conocencia, especialmente no referente a la xecronoloxía de les evidencies glaciales y periglaciales antigües, con dataciones cosmoxéniques; y col estudiu de les lleres de delles partes del cordal cola aplicación d'escáner láser terrestre.

## 5. Conclusiones

El cordal de Penubina, llabráu en peña caliar paleozoico, ye unu de los conxuntos de más altor de la Cordelera Asturllionesa (El Fontán sur, 2.417 metros p.n.m.). Estructúrase en dos cordales principales, unu con orientación no-roeeste-sueste de nueve quilómetros de llargor, y otru tresversal de cinco quilómetros de llargor y orientación lestesueste-oestenoroeste.

En Penubina identificáronse trés pisos cársticos. Unu per debaxo de los 1.700 metros p.n.m. onde los procesos edáficos tienen más desenvolvimientu, un sector de desiertu cársticu n'El Güertu'l Diablo, y una faza de carst nival percima los 1.700 metros p.n.m. Nellos abonden formes exocárstiques de distintes escales (lapiaces, caleyones, pozos, fuecos, dolines y valles ciegos) y tamién endocárstiques (más d'un cientu de sistemas endocársticos documentaos), encuadrables en dalguna de les trés grandes fases de carstificación qu'acontecieron nel cordal: preglacial, glacial y posglacial.

Los resclavos glaciales de Penubina dexaron establecer trés fases principales na evolución glacial: Máxima Expansión del Xelu (MEX)

dientro de la Última Glaciación, con frentes ente 980 y 1.540 metros p.n.m.; fase interna (I y II), con frentes ente 1.240-1.785 y 1.440-1.840 metros p.n.m. respectivamente; y fase d'altor (I y II), con frentes ente 1.750-1.910 y ente 1.960-1.990 metros p.n.m. Na MEX desenvolvieronse venti glaciales principales en Penubina, qu'ocuparon 5.004 hectárees, con una paleoELA media situada a 1.592 metros p.n.m. Na fase interna, el xelu ocupó 3.742 hectárees na primera subfase y 2.100 hectárees na segunda, con decinueve y deciséis glaciales respectivamente y paleoELAs medies a 1.716 y 1.859 metros p.n.m. Na fase d'altor formáronse diez glaciales (primer subfase) y cuatro glaciales (segunda subfase), qu'ocuparon 328 hectárees y 104 hectárees en cada casu, con paleoELAs medies a 2.024 y 2.147 metros p.n.m. Pa esta última fase glacial llogróse una cronoloxía mínima de  $6.223 \pm 56$  años cal BP.

Actualmente, el réxime térmicu na alta montaña del cordal amuestra un impactu amenorgáu de los ciclos de xelu-destemple en suelu, que sicasí ye enforma mayor nes parees y crestes de peña arimaes. El réxime térmicu del suelu sigue un patrón añal de cuatro fases: 1) isoterminia o estabildá térmica, 2) aumentu rápidu de temperatures o fusión nival, 3) fase braniza o de temperatures elevaes, y 4) fase de transición branu-hiernu. El mantu nival dura 6-8 meses percima los 1.800 metros p.n.m., y existen trabes nos sectores más favorables. La fusión nival favorez el desenvolvimientu del carst nival, la dinámica d'aguaes y los procesos fluviotorrenciales.

En Penubina danse condiciones periglaciales nes partes cimeres, estremaes nos pisos nivoperiglacial (de 1.750-1.800 a 2.100-2.200 metros p.n.m.) y crionival (perriba los 2.100-2.200 metros p.n.m.). Nel primeru, la mayoría de les morfoloxíes dependen del control de la nieve y la so fusión estacional, como los procesos solifluidales y los movimientos en masa rápidos. Nel crionival, de dinámica xeomorfolóxica intensa pero con una extensión reducida, destaquen procesos como la crioturbación, la solifluación, una disolución cárstica bien efectiva, y una mayor efectividá de la crioclastia. Los lóbulos de solifluación y los bloques llabradores monitorizaos a 2.351-2.348, 2.050-2.029 y 1.834-1.830 metros p.n.m. experimentaron movimientos ho-

rizontales medios de los sos laterales d'ente 0,3 y 12,7 mm/añu, y en dellos casos fundimientos o levantamientos asociaos. Finalmente, les lleres estudiaes en detalle amuestren, con excepciones concretes, perfiles granocrecientes dende los sectores proximales a los distales y desniveles de  $30^\circ \pm 5^\circ$ .

## 6. Referencies

- Aller, J. (1984). *La estructura del sector meridional de las unidades del Aramo y Cuenca Carbonífera Central*. Oviedo: Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias, Consejería de Industria y Comercio.
- Alonso, J. L., Martínez Abad, I. y García Ramos, J. C. (2007). Nota sobre la presencia de una sucesión cretácica en el Macizo de Las Ubiñas (Cordillera Cantábrica). Implicaciones tectónicas y geomorfológicas. *Geogaceta*, 43, 47-50.
- Alonso, V. (2019). Geomorphology of the Ubiñas Massif, Cantabrian Mountains, NW Spain (1:22,000). *Journal of maps*, 15, 238-246. <https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1579763>
- Corugedo, E. (1933). La geología de la cuenca del río Tuiza y sus reservas de energía hidráulica. Lena-Asturias. En *Segundo Congreso de la Agrupación de Ingenieros de Minas del Noroeste de España (Diciembre de 1932)* (pp. 31-47). Oviedo.
- Ballesteros, D. (2008). A Torca de los Cinchos sae do esquecemento. *Montañeiros Celtas*, 96, 46-47.
- Brosche, K. U. (1978). Formas actuales y límites inferiores periglaciares en la Península Ibérica. *Estudios Geográficos*, 151, 131-161.
- Castañón Álvarez, J. C. (1983). El glaciarismo cuaternario del Macizo de Ubiña (Asturias-León) y su importancia morfológica. *Ería*, 4, 3-49. <https://doi.org/10.17811/er.0.1983.3-49>
- Castañón Álvarez, J. C. (1984). Sobre el modelado originado por los aludes de nieve en el Prau del Albo (alto Huerna, Asturias). *Ería*, 6, 106-112. <https://doi.org/10.17811/er.0.1984.106-112>
- Castañón, J. C. y Frochoso, M. (1994). El periglaciarismo de la Cordillera Cantábrica. En A. Gómez Ortiz, M. Simón Torres y F. Salvador Franch (Eds.), *Periglaciarismo en la Península Ibérica, Canarias y Baleares. Monografías de la Sociedad Española de Geomorfología (SEG) 7* (pp. 75-91). Granada: Universidad de Granada.
- Castañón, J. C. y Frochoso, M. (1998). La alta Montaña Cantábrica: condiciones térmicas y morfodinámicas en los Picos de Europa. En A. Gómez Ortiz, F. Salvador Franch, L. Schulte y A. García Navarro (Eds.), *Procesos biofísicos actuales en medios fríos* (pp. 113-132). Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Delgado, J. (1971). *Ubiña, alta montaña*. Gijón: La Industria.
- Delgado, J. (1989). *Ubiña, alta montaña*. Gijón: Ediciones SZ.
- Flor, G. (1992). El Macizo de Ubiña. En *Enciclopedia de la Naturaleza de Asturias* (pp. 129-144). Oviedo: La Voz de Asturias.
- Frochoso, M. y Castañón, J. C. (1998). El relieve glaciario de la Cordillera Cantábrica. En A. Gómez Ortiz y A. Pérez Alberti (Eds.), *Las huellas glaciares de las montañas españolas* (pp. 65-137). Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.
- Gallinar, D., García Hernández, C. y Ruiz Fernández, J. (2019). Conocimiento histórico y patrimonialización de un enclave de la montaña cantábrica: Las Ubiñas. *Papeles de Geografía*, 65, 7-29. <https://doi.org/10.6018/geografia.372061>
- Gallinar, D., Ruiz Fernández, J. y García Hernández, C. (2017). Los neveros del Macizo de las Ubiñas (Montañas Cantábricas) y su evolución entre 2012 y 2016. En J. Ruiz Fernández, C. García Hernández, M. Oliva, C. Rodríguez Pérez y D. Gallinar (Eds.), *Ambientes periglaciares: avances en su estudio, valoración patrimonial y riesgos asociados* (pp. 234-241). Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Gallinar, D., Ruiz Fernández, J. y García Hernández, C. (2021). Las formas kársticas del Macizo de las Ubiñas (Montañas Cantábricas). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 43, 135-175. <https://doi.org/10.17979/cadlaxe.2021.43.0.8858>
- Gallinar, D., Ruiz Fernández, J., Poblete, M. Á., Fernández, A., García Hernández, C., Beato, S. y Marino, J. L. (2014). Morfología y evolu-

- ción glaciario en el sector asturiano del Macizo de las Ubiñas. En S. Schnabel y A. Gómez Gutiérrez (Eds.), *Avances de la geomorfología en España 2012-2014* (pp. 543-546). Cáceres: Universidad de Extremadura y Sociedad Española de Geomorfología.
- García de Celis, A. J. y Martínez Fernández, L. (2002). Morfología glaciario de las montañas de la cuenca alta de los ríos Sil, Omaña, Luna y Bernesga: revisión y nuevos datos (Montaña Occidental de León). En J. Redondo Vega, R. B. González Gutiérrez y P. Carrera (Eds.), *El modelado de origen glaciario en las montañas leonesas* (pp. 137-196). León: Universidad de León.
- García Hernández, C., Ruiz Fernández, J., Oliva, M. y Gallinar, D. (2018). El episodio de movimientos en masa asociado a los temporales de nieve de 1888 en el macizo asturiano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 76, 52-78. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2515>
- Gómez Villar, A. (2006). El clima. En J. M. Redondo Vega (Dir.), *Diagnóstico territorial y bases para la ordenación, el uso y la gestión de los Espacios Naturales de Sierra de los Ancares, Alto Sil y Omaña (León) recientemente declarados como lugares de interés comunitario. T I, Inventario, Alto Sil (León)* (pp. 15-24) (Inédito). León: Universidad de León.
- Gómez Villar, A., González Gutiérrez, R. B., Redondo Vega, J. M. y Santos González, J. (2011). Distribución de los glaciares rocosos relictos en la Cordillera Cantábrica. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 37(2), 49-80. <http://dx.doi.org/10.18172/cig.1256>
- González Díaz, B., Ruiz Fernández, J., García Hernández, C., Menéndez Duarte, R. y González Díaz, J. A. (2021). Evolución glaciario y morfo-dinámica periglaciario en la vertiente asturiana del Puerto de Ventana (Montañas Cantábricas). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 43, 101-134. <https://doi.org/10.17979/cadlaxe.2021.43.0.8841>
- González Gutiérrez, R. B., Santos González, J., Gómez Villar, A., Alonso Herrero, E., García de Celis, A., Cano, M. and Redondo Vega, J. M. (2017). Glaciokarst landforms in the Sierra de los Grajos, Babia and Luna natural park (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Acta Carsologica*, 46(2-3), 165-178. <https://doi.org/10.3986/ac.v46i2-3.5001>
- González Trueba, J. J. (2007). *El paisaje natural del macizo central de los Picos de Europa. Geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña cantábrica*. Santander: Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA) y Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria.
- Grupo Espeleológico Polifemo (2010). *Exploración espeleológica en los Joyos de Colines, Macizo de Ubiña (NW. de España)*. Uviéu: Federación d'Espeleología del Principáu d' Asturias.
- Interclub Ubiña del Colectivo Asturiano de Espeleólogos (2013). *Memoria de exploraciones subterráneas*. Parque Natural de las Ubiñas – La Mesa. Macizo de Penubina. Sector: Cigacha – Colines – Penarredonda – Los Cinchos. Quirós – Asturias. Campañas años 2010-2011-2012. Colectivo Asturiano de Espeleólogos.
- Jalut, G., Belet, J. M., García de Celis, A., Redondo Vega, J. M., Bonnet, L., Valero Garcés, B. L., Moreno, A., Villar, L., Fontugne, M., Dedoubat, J. J., González Sampérez, P., Santos Fidalgo, L. and Vidal Romaní, J. R. (2004). Reconstrucción paleoambiental de los últimos 35000 años en el Noroeste de la Península Ibérica: La Laguna de Villaseca (León). *Geo-Temas*, 6(5), 105-108.
- Jalut, G., Turu i Michels, V., Dedoubat, J. J., Otto, T., Ezquerro, J., Fontugne, M., Belet, J. M., Bonnet, L., García de Celis, A., Redondo Vega, J. M., Vidal Romaní, J. R. and Santos, L. (2010). Palaeoenvironmental studies in NW Iberia (Cantabrian range): Vegetation history and synthetic approach of the last deglaciation phases in the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297(2), 330-350. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.08.012>
- Jiménez Sánchez, M. and Farias Arquer, P. (2002). New radiometric and geomorphologic evidences of a last glacial maximum older than 18 ka in SW European mountains: the example of Redes Natural Park (Can-

- tabrian Mountains, NW Spain). *Geodinamica Acta*, 15(1), 93-101. [https://doi.org/10.1016/S0985-3111\(01\)01081-6](https://doi.org/10.1016/S0985-3111(01)01081-6)
- Jiménez Sánchez, M., Rodríguez Rodríguez, L., García Ruiz, J. M., Domínguez Cuesta, M. J., Farias, P., Valero Garcés, B., Moreno, A., Rico, M. and Valcárcel, M. (2013). A review of glacial geomorphology and chronology in northern Spain: Timing and regional variability during the last glacial cycle. *Geomorphology*, 196, 50-64. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.06.009>
- Lueje, J. R. (1958). *El Macizo de Ubiña (Del Puerto de la Cubilla al de Ventana)*. Gijón: Tipografía La Industria.
- Melón Nava, A., Santos González, J., Redondo Vega, J. M., González Gutiérrez, R. B. and Gómez Villar, A. (2022). Factors influencing the ground thermal regime in a mid-latitude glacial cirque (Hoyo Empedrado, Cantabrian Mountains, 2006–2020). *Catena*, 212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2022.106110>
- Moreno, A., Valero Garcés, B. L., Jiménez Sánchez, M., Domínguez Cuesta, M. J., Mata, M. P., Navas, A., González Sampérez, P., Stoll, H., Farias, P., Morellón, M., Corella, J. P. and Rico, M. (2010). The last deglaciation in the Picos de Europa National Park (Cantabrian Mountains, northern Spain). *Journal of Quaternary Science*, 25(7), 1076-1091. <http://dx.doi.org/10.1002/jqs.1265>
- Muñoz Jiménez, J. (1982). Geografía Física. El relieve, el clima y las aguas. En F. Quirós (Ed.), *Geografía de Asturias. Tomo 1*. Salinas: Ayalga Ediciones.
- Nussbaum, F. et Gyax, F. (1952). La glaciation quaternaire dans la Cordillère Cantabrique (Espagne du Nord). *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest Européen*, 23(1), 36-48.
- Oliva, M., Ruiz Fernández, J., Barriendos, M., Benito, G., Cuadrat, J. M., Domínguez Castro, F., García Ruiz, J. M., Giralt, 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. and Vicente Serrano, S. M. (2018). The Little Ice Age in Iberian mountains. *Earth-Science Reviews*, 177, 175-208. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.010>
- Pellitero, R. (2013). Evolución finicuaternaria del glaciarismo en el macizo de Fuentes Carrionas (Cordillera Cantábrica), propuesta cronológica y paleoambiental. *Cuaternario y Geomorfología*, 27(1-2), 71-90.
- Pellitero, R., Serrano, E. y González Trueba, J. J. (2011). Glaciares rocosos del sector central de la Montaña Cantábrica: indicadores paleoambientales. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 37(2), 119-144. <https://doi.org/10.18172/cig.1259>
- Peña Pérez, S. A. (2021). Rasgos morfométricos de los canchales y sus áreas fuente de la vertiente occidental del macizo de Las Ubiñas (cordillera Cantábrica, León). *Cuaternario y Geomorfología*, 35(3-4), 175-190. <https://doi.org/10.17735/cyg.v35i3-4.89830>
- Prado, C. (1852). Notes sur les blocs erratiques de la Chaîne Cantabrique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 9, 171-175.
- Puch, C. (1998). *Grandes simas y cuevas de España*. Barcelona: Espeleo Club de Gràcia.
- Puerta Elorza, E. (2000). Asemeyu en los Joyos de Cueva Palacios (Macizo de Ubiña). En *III Congreso Espeleológico Internacional sobre Picos de Europa y VI Congreso Asturiano de Espeleología*.
- Redondo Vega, J. M., Gómez Villar, A. y González Gutiérrez, R. B. (2004). Localización y caracterización morfométrica de los glaciares rocosos relictos de la Sierra de Gistredo (Montaña Cantábrica, León). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 30, 35-60. <https://doi.org/10.18172/cig.1134>
- Rodríguez Pevida, A. R., Fuente, J. C. de la y González Suárez, J. J. (1982). Pozo La Carba. *Espeleología Asturiana*, 6, 1-10.
- Rodríguez Rodríguez, L., Jiménez Sánchez, M., Domínguez Cuesta, M. J., Aranburu and A. (2015). Research history on glacial geomorphology and geochronology of the Cantabrian Mountains, north Iberia (43-42°N/7-2°W). *Quaternary International*, 364, 6-21. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.007>
- Rodríguez Rodríguez, L., Jiménez Sánchez, M., Domínguez Cuesta, M. J., Rinterknecht, V., Pallàs, R. and Boulès, D.

- (2016). Chronology of glaciations in the Cantabrian Mountains (NW Iberia) during the Last Glacial Cycle based on in situ-produced  $^{10}\text{Be}$ . *Quaternary Science Reviews*, 138, 31-48. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.02.027>
- Rodríguez Rodríguez, L., Jiménez Sánchez, M., Domínguez Cuesta, M. J., Rinterknecht, V., Pallàs, R. and ASTER Team (2017). Timing of last deglaciation in the Cantabrian Mountains (Iberian Peninsula; North Atlantic Region) based on in situ-produced  $^{10}\text{Be}$  exposure dating. *Quaternary Science Reviews*, 171, 166-181. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.07.012>
- Rodríguez Rodríguez, L., Domínguez Cuesta, M. J., Rinterknecht, V., Jiménez Sánchez, M., González Lemos, S., Léanni, L., Sanjurjo, J., Ballesteros, D., Valenzuela, P., Llana Fúnez, S. and ASTER Team (2018). Constraining the age of superimposed glacial records in mountain environments with multiple dating methods (Cantabrian Mountains, Iberian Peninsula). *Quaternary Science Reviews*, 195, 215-231. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.07.025>
- Ruiz Fernández, J. y García Hernández, C. (2018). Morfología y evolución glaciaria en el Macizo del Cornión (Picos de Europa, Montañas Cantábricas). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 40, 29-68. <https://doi.org/10.17979/cadlaxe.2018.40.0.4912>
- Ruiz Fernández, J., Oliva, M., Cruces, A., Lopes, V., Freitas, M. C., Andrade, C., García Hernández, C., López Sáez, J. A. and Geraldés, M. (2016). Environmental evolution in the Picos de Europa (Cantabrian Mountains, SW Europe) since the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 138, 87-104. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.03.002>
- Ruiz Fernández, J., González Díaz, B., Gallinar Cañedo, D. and García Hernández, C. (2022). The glaciers of the Central-Western Asturian Mountains. En M. Oliva, D. Palacios and J. M. Fernández Fernández (Eds.), *Iberia, Land of Glaciers. How the mountains were shaped by glaciers* (pp. 265-288). Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821941-6.00013-X>
- Santos González, J., Redondo Vega, J. M., González Gutiérrez, R. B. and Gómez Villar, A. (2013). Applying the AABR method to reconstruct equilibrium-line altitudes from the last glacial maximum in the Cantabrian Mountains (SW Europe). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 387, 185-199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.07.025>
- Santos González, J., González Gutiérrez, R. B., Redondo Vega, J. M., Gómez Villar, A., Jomelli, V., Fernández Fernández, J. M., Andrés, N., García Ruiz, J. M., Peña Pérez, S. A., Melón Nava, A., Oliva M., Álvarez Martínez, J., Charton, J., ASTER Team and Palacios, D. (2022a). The origin and collapse of rock glaciers during the Bølling-Allerød interstadial: A new study case from the Cantabrian Mountains (Spain). *Geomorphology*, 401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108112>
- Santos González, J., Redondo Vega, J. M., García de Celis, A., González Gutiérrez, R. B. and Gómez Villar, A. (2022b). The glaciers of the Leonese Cantabrian Mountains. En M. Oliva, D. Palacios and J. M. Fernández Fernández (Eds.), *Iberia, Land of Glaciers. How the mountains were shaped by glaciers* (pp. 289-314). Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821941-6.00014-1>
- Serrano, E., González Trueba, J. J. and González García, M. (2012). Mountain glaciation and paleoclimate reconstruction in the Picos de Europa (Iberian Peninsula, SW Europe). *Quaternary Research*, 78, 303-314. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2012.05.016>
- Serrano, E., Gómez Lende, M., González Trueba, J. J., Turu, V. y Ros, X. (2013). Fluctuaciones glaciares pleistocenas y cronología en las Montañas Pasiegas (Cordillera Cantábrica). *Cuaternalario y Geomorfología*, 27(1-2), 91-110.
- Stickel, R. (1929). Observaciones de morfología glaciaria en el NO. de España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 29, 297-313.

Truyols, J., Arbizu, M., García Alcalde, J. L.,  
García López, S., Martínez Chacón, M. L.,  
Méndez Bedia, I., Méndez Fernández, C.,  
Menéndez, J. R., Sánchez de Posada, L. C.,  
Soto, F., Tuyols Massoni, M., Villa, E., Mar-  
cos, A., Pérez Estaún, A., Pulgar, J. A., Bas-  
tida, F., Aller, J., Lorenzo, P. y Rodríguez  
Fernández, L. R. (1982). *Memoria del Mapa*

*Geológico de España (1:50000), hoja 77 (La Pla-  
za, Teverga)*. Madrid: Instituto Geológico y  
Minero de España.

Recibíu: 10/06/2022  
Acceptáu: 24/10/2022