



Inestabilidad de ladera natural e inducida asociada a grandes movimientos en masa durante el Pleistoceno-Holoceno en la Serra dos Ancares (NW de la Península Ibérica)¹

Marcos Valcarcel²; Alexandre Luis Vázquez-Rodríguez³; Xabier Pontevedra-Pombal⁴

Recibido: 19 de marzo del 2021 / Enviado a evaluar: 13 de abril del 2021 / Aceptado: 20 de abril del 2022

Resumen. La Serra dos Ancares es un espacio natural afectado por los procesos glaciales del Cuaternario, y que presenta fuertes pendientes en sus laderas. Se describen hasta 28 movimientos de masas en todo el sector estudiado. Los deslizamientos existentes se habían considerado mayoritariamente como de origen natural. Los datos indican que un número significativo de ellos, cualitativa y cuantitativamente, son antrópicos. Una vez asentado el Imperio Romano comienza la extracción sistemática de oro, lo que conlleva una serie de infraestructuras, produciendo una intensa erosión del terreno en un corto intervalo de tiempo. El objetivo de este trabajo es establecer una clasificación de los movimientos de masas en el área de estudio, determinando factores como su volumen, su superficie o su tipología y relacionándolos con sus diferentes orígenes, así como determinar el impacto de la actividad natural y antrópica en la cordillera y su huella en el paisaje actual.

Palabras clave: Sierra de Ancares; Movimiento en masa; Análisis morfométrico; Minería romana; SIG; turberas.

[en] Natural and induced slope instability associated with large mass movements during the Pleistocene-Holocene in the Serra dos Ancares (NW of the Iberian Peninsula)

Abstract. The Serra dos Ancares is a natural area affected with steep slopes by quaternary glacial processes. The presence of up to 28 landslides has been detected on these slopes in the entire sector

¹ Este estudio fue financiado por el proyecto "Consolidación e Estructuración 2017 GRC GI-1667-RODA, ED431C 2017/26" y "Consolidación e Estructuración 2018 GRC GI-1243-GEMAP, ED431C 2018/32", Xunta de Galicia, España.

² Departamento de Xeografía. Universidade de Santiago de Compostela (España).
E-mail: marcos.valcarcel@usc.es

³ Departamento de Xeografía. Universidade de Santiago de Compostela (España).
E-mail: alexandre.luis.vazquez@gmail.com

⁴ Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola. Universidade de Santiago de Compostela (España).
E-mail: xabier.pombal@usc.es

studied. The existing landslides had been considered mostly of natural origin, but the data collected indicate that a significant number of them, qualitatively and quantitatively, are anthropogenic in origin. In the 1st century B.C. the Roman Empire occupied the area and, once settled, began to exploit it, due to the presence of gold deposits. The Roman gold extracting activity entailed a series of infrastructures that produced an intense erosion of the land in a short time, inducing multiple landslides. The aim of this work is to establish a classification of the mass movements in the study area, determining factors such as their volume, surface or typology and relating them to their different origins, as well as to determine the impact of natural and anthropic activity in the mountain range, and its imprint on the current landscape.

Keywords: Ancares Range; Landslide; Morphometric analysis; GIS; mires.

[fr] Instabilité de pente naturelle et induite associée à de grands mouvements de masse au cours du Pléistocène-Holocène dans la Serra dos Ancares (NW de la péninsule ibérique)

Résumé. La Serra dos Ancares est une zone naturelle affectée par les processus glaciaires du Quaternaire, avec des pentes raides sur ses flancs. La présence de jusqu'à 28 mouvements de masse a été détectée sur ces pentes dans le secteur étudié. Les glissements de terrain existants avaient été principalement considérés comme étant d'origine naturelle, mais les données recueillies indiquent qu'un nombre important d'entre eux, qualitativement et quantitativement, sont anthropiques. Au 1er siècle avant J.-C., l'Empire romain a occupé la région et, une fois installé, a commencé à l'exploiter, en raison de la présence de gisements d'or. L'activité minière romaine a entraîné une série d'infrastructures qui ont produit une érosion intense du sol en un court intervalle de temps. L'objectif de ce travail est d'établir une classification des mouvements de masse dans la zone d'étude, en déterminant des facteurs tels que leur volume, leur surface ou leur typologie et en les reliant à leurs différentes origines, ainsi que de déterminer l'impact de l'activité naturelle et anthropique dans la chaîne de montagne et son empreinte sur le paysage actuel.

Mots-clés: Sierra de Ancares; Glissement de terrain; Analyse morphométrique; Exploitation minière romaine; SIG; tourbières.

Cómo citar. Valcarcel, M., Vázquez-Rodríguez, A.L. y Pontevedra-Pombal, X. (2022): Inestabilidad de ladera natural e inducida asociada a grandes movimientos en masa durante el Pleistoceno-Holoceno en la Serra dos Ancares (NW de la Península Ibérica). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 42(1), 301-329.

Sumario. 1. Introducción. 2. Área de estudio. 3. Metodología y materiales. 3.1. Herramientas cartográficas. 3.2. Turberas: Descripción y muestreo. 3.3. Determinación de los elementos traza. 4. Los deslizamientos de origen natural: factores geomorfológicos que influyen en la dinámica de los deslizamientos. 5. La actividad minera romana: presencia del imperio romano en el territorio. 6. Los movimientos en masa en el área de estudio. 6.1. El deslizamiento de Balouta. 6.2. El deslizamiento de Freita. 6.3. La cárcava de Burbia. 7. Discusión. 8. Conclusiones. 9. Bibliografía.

1. Introducción.

La Serra dos Ancares es una alineación montañosa de rumbo NE -SW que se sitúa en el límite entre las comunidades autónomas de Galicia, Asturias y Castilla León. Con cimas que se acercan a los 2.000 m de altitud, forma parte de las estribaciones de la Cordillera Cantábrica, de la que se puede considerar su límite occidental. Los grandes movimientos en masa y/o deslizamientos (*landslides*), son frecuentes presentando





diferentes tipologías y, presumiblemente, edades distintas. El origen de estos movimientos en masa no es el mismo en todos los casos. Tenemos así, algunos claramente relacionados con la descompresión lateral de las artesas glaciares tras la retirada de las lenguas glaciares (Valcarcel 1998; Valcarcel y Pérez-Alberti, 2002), y también Del estudio detallado de los movimientos en masa presentes en este ámbito se deducen dos hechos: por un lado, no todos ellos son coetáneos, presentándose formas que se pueden atribuir a una edad Pleistocena, genéricamente al Holoceno e incluso a fases históricashan sido descritos en el colindante valle de Ibias (*Alonso y Corte, 1992*). Sin embargo, los que se presentan en áreas no afectadas por las lenguas glaciares pleistocenas tuvieron que originarse a partir de otros procesos naturales relacionados con la inestabilización de las laderas propia o a la acción antrópica.

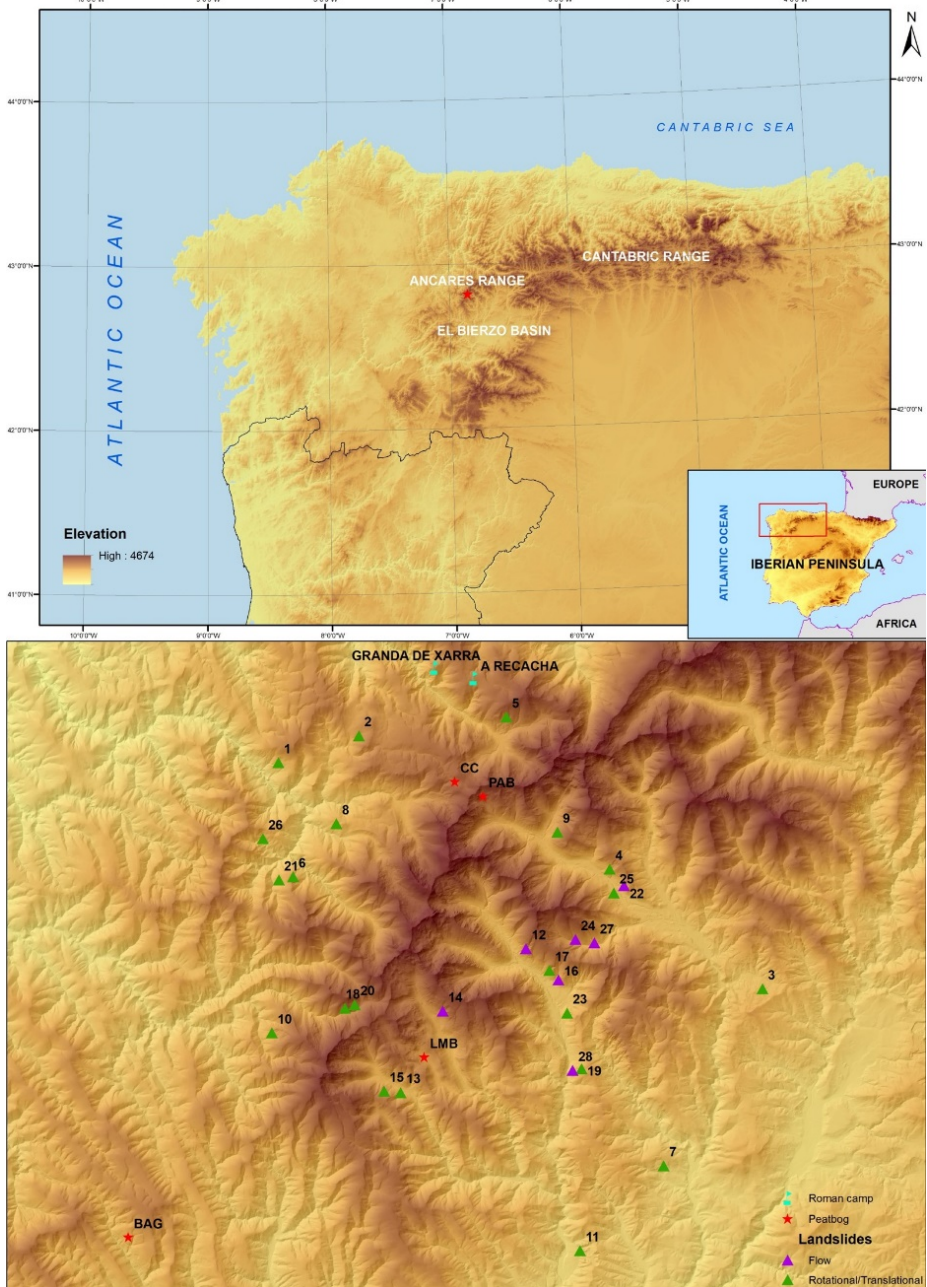
Por otra parte, al estar situada en las latitudes medias, Galicia posee interesantes características climáticas al constituir una zona de transición entre diferentes tipos de clima. Su natural carácter oceánico está afectado por el equilibrio invierno-verano de componentes templados y subtropicales; estos últimos responsables de la estacionalidad pluviométrica, más marcada en la parte sur de la región (*Martínez-Cortizas y Pérez-Alberti, 1999*). A esta diversidad climática se une un relieve complicado en sus formas y estructuración espacial y el predominio de sustratos litológicos de naturaleza ácida que, en conjunto, originan condiciones ecológicas muy variadas que favorecen el desarrollo de turberas. Éstas constituyen un registro de los cambios ambientales, tanto de origen natural como inducidos por la actividad antrópica, y pueden ser utilizadas para afrontar la reconstrucción paleoambiental de por lo menos los últimos dos mil años.

En el presente trabajo pretendemos realizar un catálogo de los movimientos en masa (*landslides*) presentes en la Sierra de Ancares y una clasificación de estos poniendo especial hincapié en los originados por la acción del hombre y su impacto paleoambiental.

2. Área de estudio

El conjunto montañoso de la Cordillera Cantábrica constituye el reborde septentrional de la Meseta Central Ibérica a lo largo de sus aproximadamente 400 km de extensión. Sin embargo, no se trata de una unidad montañosa uniforme. Así, en su borde occidental se localiza la Serra dos Ancares, geográficamente individualizada pero estructuralmente perteneciente a este conjunto montañoso. Actúa como divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Navia y Sil y se articula alrededor de un estrecho cordal de dirección NE-SW, donde alcanza las cotas más elevadas (Cuiña, 1.998 m: Miravalles, 1.969 m), y que pierde progresivamente altitud hacia el NW y el SE. Por la parte oriental el nivel de base está definido por la fosa de El Bierzo, pequeña cuenca intramontañosa, hacia la que también pierde altitud paulatinamente (Figura 1).

Figura 1. Área de estudio donde se incluyen las zonas analizadas:  Campamento Romano;  Turbera;  Deslizamiento de flujo;  Movimiento en masa rotacional/traslacional.



Fuente: Elaboración propia.

El relieve del noroeste peninsular debe su aspecto a la tectónica alpina. Esta es la terminación occidental de las estructuras alpinas, que se extiende sobre más de 800 km de la región de Languedoc - Provence hasta Galicia en una disposición geográfica E-W y actuando como límite de la placa Ibérica y la Euroasiática. No obstante, la orogenia que configuró los materiales aflorantes es la Varística. Encajadas en posición intramontañosa a los pies de estos relieves se encuentran depresiones colmatadas por sedimentos terciarios (Santanach et al., 1988, Santanach, 1994), de entre las que destaca la cuenca de El Bierzo. Se trata de una cuenca sinorogénica (Alonso et al., 2007) y que por lo tanto contiene el registro sedimentario correlativo al levantamiento de los relieves montañosos. Estos materiales fueron estudiados en detalle por diferentes autores (Brell y Doval, 1974; Herail, 1981; Martín-Serrano, 1982; Martín-Serrano et al., 1996; Vergnolle, 1990; Hacar et al., 1999; Pagés et al., 2001; Gutiérrez-Marco, 2006). Este sector occidental de la Cordillera Cantábrica se caracteriza por la presencia de cabalgamientos de dirección E-W, vergentes hacia el sur, que en el caso de la Serra dos Ancares finaliza en dos estructuras de dirección NNW-SSE, las estructuras de Ibias-Ancares y Rúa-Vilalva (Martín-González y Heredia, 2010). Para Martín-González y Heredia (2011), la cuenca de El Bierzo está limitada por cabalgamientos vergentes al norte y el sur, correspondiéndose a fallas inversas, con un tipo de tectónica “*pop-down*” (Martín-González, 2009). Esto se pone de manifiesto en el área de estudio en dos ejemplos concretos en los que podemos ver dos fallas inversas: El semigraben de A Leitosa (Martín-González y Heredia, 2011), que fue explotado en sus depósitos de relleno de cuenca por los romanos (Herail, 1984), y la falla asociada al deslizamiento de Balouta (Valcarcel, 1998). El cambio de deposición en la cuenca de El Bierzo, que pasa a caracterizarse por un componente local, indica el inicio de la elevación de la sierra y, para Herail (1984), esto se produce en el Mioceno. La elevación de la sierra provoca el encajamiento de la red fluvial en los escarpes de falla, provocando la aparición de profundas gargantas de 300-400 m de desnivel e induce la presencia de laderas de fuerte pendiente, que es un factor influyente en el desencadenamiento de procesos de deslizamiento. Durante el Cuaternario, las partes altas de estas cabeceras fluviales se vieron afectadas por un intenso glacialismo, lo que dejó su impronta en la presencia de un paisaje alpino (Valcárcel, 1998; Valcarcel y Pérez-Alberti, 2002).

Los grandes movimientos en masa y/o deslizamientos (*landslides*), son muy comunes en todo el sector. En el presente trabajo se han identificado hasta 28 de estos movimientos en masa, algunos ya descritos (Herail, 1984; Valcarcel, 1998) y otros muchos no mencionados hasta el momento. En general responden fundamentalmente a tres tipos bien diferenciados: movimientos rotacionales, movimientos translacionales y flujos, así como un cuarto tipo que se correspondería con movimientos complejos, combinación de los anteriores (USGS, 2016). En los dos primeros se suele distinguir claramente como la masa movilizada lo ha hecho en conjunto, generando un replano a contrapendiente, en el caso del rotacional, o a favor de esta en el caso del translacional. En el segundo caso la forma resultante es un abanico de pendiente muy suave, que a veces es difícil de reconocer sobre el terreno,

pero que se distingue muy bien con diferentes técnicas cartográficas, como puedan ser la fotografía aérea, teledetección o LiDAR, (*Laser Imaging Detection and Ranging*).

Pero este no es el único criterio de clasificación. Por un lado tenemos movimientos en masa que presentan un aspecto reciente, con cicatrices bien marcadas y formas muy bien definidas como ocurre, por ejemplo, con el movimiento en masa de Freita o el de Candín, o incluso el movimiento de flujo de Porcarizas, y por otro se distinguen aquellos *landslides* en los que estas cicatrices están ya desdibujadas o incluso totalmente ocultas tras mantos de derrubios, generalmente de origen periglaciario, como ocurre con el *landslides* de Corneantes o el de Balouta (Figura 1).

Estas características geológicas y geomorfológicas han generado un importantísimo recurso de placeres de oro, tanto en depósitos primarios como secundarios (morrenas, depósitos de ladera). Así, las explotaciones de oro se localizan sobre las terrazas del río Burbia, en depósitos morrénicos y, en mayor medida, sobre los materiales miopliocenos presentes en el área de estudio (explotación de A Leitosa). Los materiales acarreados por los glaciares, como las morrenas o los depósitos fluvioglaciares, así como otros de origen periglaciario y/o nival fueron intensamente explotados por el Imperio Romano en explotaciones auríferas como mineral secundario, en los que, si bien la abundancia del oro no era grande, su trabajo de extracción si era mucho más sencillo (Luengo et al., 1995).

Para el enfoque de este trabajo es relevante conocer con detalle el substrato litológico y los materiales sedimentarios que lo recubren, ya que de sus características se deriva el interés del Imperio Romano por la puesta en explotación de los yacimientos de oro, ya sean primarios o secundarios. Como consecuencia de esta explotación se produjo una desestabilización de las laderas. Este substrato está dominado, de manera general, por una alternancia de pizarras, areniscas y cuarcitas, a las que hay que añadir la presencia de dos batolitos graníticos que inducen la presencia de sendas aureolas de metamorfismo de contacto. Este substrato aparece fuertemente fallado por grandes líneas de fractura, que coinciden en general con las direcciones de los valles principales, por lo que éstos tienen claramente un origen estructural. Las formaciones principales sería la “Serie de los Cabos” (Pérez-Estaun, 1978) que se corresponde con una monótona alternancia de pizarras y cuarcitas que se disponen siguiendo una dirección NW-SE, limitada por un frente de cabalgamiento, alcanzando las áreas de mayor altitud de la Serra dos Ancares. La Formación Agüeira y la Formación Luarca (Pérez-Estaun, 1978) se componen por pizarras negras y areniscas culminadas por un potente espesor de cuarcitas ordovícicas (Cuarcitas de la Vega). Encajado en estos materiales se presenta el plutonismo Hercínico con presencia de granito de grano grueso, de dos micas. Las rocas filonianas están representadas por diques de cuarzo, aplitas, pegmatitas y diabasas. La procedencia de oro ha sido estudiada con detalle por Herail (1984) que concluye que, en lo referente al oro contenido en el substrato rocoso, los Esquistos de Luarca, la Formación Agüeira y todos los materiales paleozoicos más recientes no son auríferos. Los trabajos de explotación imperial son más abundantes en los afloramientos primarios que se asientan en las areniscas y las cuarcitas de la Serie de los Cabos y en las cuarcitas del Ordovícico, lo que indica que estas rocas están fuertemente

mineralizadas en oro. Por su parte, el oro asociado a los filones de cuarzo se concentra en sulfuros auríferos; arsenopirita localizada en la roca encajante que rodea al filón (Hocquard, 1975).

3. Metodología y materiales

El presente estudio deriva parcialmente de la realización de dos tesis doctorales: una centrada en la evolución geomorfológica (Valcarcel, 1998) y la otra centrada en el estudio paleoambiental de las turberas (Pontevedra-Pombal, 2002). Se dispone de una buena cartografía geomorfológica de base, así como de información paleoambiental de carácter local derivada del estudio del registro paleoambiental conservado en cuatro turberas (Figura. 1) Por lo tanto, la parte principal del trabajo de campo se realizó con motivo de estas dos investigaciones y se ha completado recientemente con nuevos reconocimientos sobre el terreno y la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) y herramientas cartográficas de alta resolución.

3.1. Herramientas cartográficas

Se han utilizado los sistemas de información geográfica SAGA y ArcGIS. Además, durante el trabajo de campo se han tomado fotografías georreferenciadas de los deslizamientos analizados para obtener sus coordenadas. De estas imágenes se extraen la localización, de la cual se determinan la ubicación de los movimientos sobre la cartografía de trabajo. A continuación, y tras haber revisado las fotografías aéreas del área de estudio (PNOA, Instituto Geográfico Nacional-IGN), se procede al trazado de la extensión de estos procesos de ladera cartografiados, así como de las cicatrices que originaron, con lo que se obtiene una base cartográfica que contiene el inventario de deslizamientos históricos. Tras esto se cruzan los datos de este mapa con otras cartografías del área, como la geológica o la de pendientes, para obtener información adicional de interés para la temática de estudio. También se crea, con la herramienta *3D Analyst tools*, el mapa altitudinal de la zona (resolución de 5m) y un modelo 3D de cada deslizamiento, para extraer datos morfométricos precisos. Para obtener otros datos relevantes como el área o el volumen de éstos se emplea la herramienta *Calculate Geometry*. Con el modelo 3D y la herramienta *Functional Surface* se obtiene el volumen de cada uno de los eventos. Finalmente, en aquellas áreas donde se aprecia actividad romana (canales, campamentos, marcas de minería, etc.) se han obtenido los datos LiDAR del IGN, para, a través de SAGA, convertirlos en modelos de alta resolución (1m) y tener un mayor detalle de estos puntos. Finalmente, una vez completada la cartografía del trabajo, se ha procedido a la clasificación de los deslizamientos en función de sus características morfométricas, su tipología y su origen.

3.2. Turberas: Descripción y muestreo.

Las turberas minerotróficas se localizan en las montañas orientales, entre ellas la Serra dos Ancares, en posiciones topográficas generadas por la actividad glaciaria (Pontevedra-Pombal, 2002) (Figura 1). Esta actividad originó toda una serie de formas erosivas y sedimentarias, que propiciaron la aparición de numerosos enclaves de forma cóncava asociados a depresiones de sobreexcavación o depresiones intramorrénicas. Al actuar las depresiones como zonas de reservorio de agua debido a la presencia de sedimentos basales arcillosos, las turberas minerotróficas empezaron a formarse por colmatación de cuerpos de agua someros.

En este trabajo se analizó el flujo de componentes litogénicos en cuatro turberas situadas en la Serra dos Ancares. La cronología de los eventos se estableció a partir del modelo de edad-profundidad construido a partir de dataciones radiocarbónicas, las adscripciones polínicas y la estratigrafía desarrolladas por Muñoz (2001), Muñoz et al. (2009) y Pontevedra-Pombal (2002).

➤ **Braña de Agolada (BAG)** (42°42'20''N - 7°00'00''W; 1225 m s.n.m.): esta turbera minerotrófica se localiza en la parte distal suroccidental de la Serra dos Ancares, o Montes do Cebreiro, ocupando una ladera de pendiente suave, en un área donde la actividad glaciaria y periglaciaria ha sido un agente de rejuvenecimiento sedimentológico importante. Por este motivo, el histosol contacta en su base con un material muy heterogéneo en su naturaleza litológica, condiciones de sedimentación y propiedades texturales. Los sedimentos más profundos contienen gran cantidad de gravas de pizarra angulosas muy alteradas y gravas de cuarzo. La vegetación actual dominante está constituida por *Sphagnum sp.*, *Erica tetralix* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull. El espesor total recuperado en la turbera fue de 240 cm.

➤ **Campa da Cespedosa (CC)** (42°52'40"N - 6°49'50"W; 1415 m s.n.m.): es una turbera minerotrófica con características policíclicas que se desarrolló en el fondo de la cabecera del valle del río de O Mazo, en una depresión de aplanamiento constreñida por dos arcos morrénicos y laderas de elevada inclinación que ascienden hasta los 1.500 m s.n.m., y seccionada por el Regueiro da Cespedosa. Su drenaje es en dirección noroeste, hacia la cuenca del río Navia. La superficie sobre la que se desarrolló la turbera fue regularizada por la deposición de un sustrato inorgánico de litología heterogénea y de origen coluvio – aluvial a una profundidad de 180 cm. La vegetación actual dominante está constituida por *Erica tetralix* L., *Sphagnum sp.*, *Juncus sp.*, *Drosera rotundifolia* L.

➤ **Braña de Porto Ancares (BPA)** (42°52'0"N - 6°48'50"W; 1580 m s.n.m.): esta turbera minerotrófica, ubicada en la cabecera del valle de origen glaciaria de Ancares, aprovecha para su implantación un área de sobreexcavación glaciaria situada en la parte alta de la ladera occidental del valle. En esta turbera se han recuperado 180 cm de turba. La vegetación actual está constituida por *Sphagnum sp.*, *Pinguicula vulgaris* L., *Erica tetralix* L., *Scirpus sp.*, *Drosera rotundifolia* L., *Carex nigra* (L.) Reichard,

Potentilla erecta (L.) Räuschel.

➤ **Braña de Lamelas (BLM)** (42°46'5" N - 6°51'00" W; 1280 m s.n.m.): la turbera de Braña de Lamelas está situada en el fondo del margen derecho del valle de Valongo en las cercanías de la aldea de Teixeira. Se trata de un antiguo valle glaciar obturado por la formación de un cordón morrénico lateral procedente del aparato glaciar que circuló por el valle, originando un área de drenaje dificultado. La acción glaciar incrementó la variabilidad litológica, añadiendo a los materiales ya existentes (pizarras y areniscas) otros de origen alóctono (granitos y calizas). La profundidad máxima fue de 265 cm. La vegetación actual está compuesta por *Sphagnum sp.*, *Carex sp.*, *Juncus sp.*, *Menyanthes trifoliata* L.

Antes de la elección de los lugares seleccionados para su estudio, se realizó un sondeo para determinar aquel punto de la turbera que permitiera la extracción de un perfil lo más profundo posible. Los testigos fueron extraídos con una sonda electromecánica de percusión modelo "Cobra" de Eijkelkamp, a excepción de la Braña de Porto Ancares en la que, debido a la dificultad de acceso, se utilizó una Sonda Rusa (tipo GYK, longitud 50 cm, diámetro 5 cm). Los testigos fueron cortados, manteniendo la coherencia estratigráfica, en muestras de 5 cm con un cuchillo de acero inoxidable y las secciones del testigo se envolvieron en bolsas de plástico y se cubrieron con papel de aluminio. Cada una de estas muestras se separó en tres submuestras. Una se congeló a -10 °C, la segunda se mantuvo a 4 °C y la tercera se secó a 105 °C. Esta última submuestra se molió finamente en un mortero de ágata, se homogeneizó y se almacenó en un lugar fresco y oscuro.

3.3. Determinación de los elementos traza

Las concentraciones de Titanio (Ti) y Circonio (Zr) se determinaron en muestras secas (105 °C) utilizando un analizador *XRF-Energy Dispersive Miniprobe Multielement* (EMMA-XRF). Todos los análisis se realizaron por duplicado. Los límites de detección fueron: 30 mg kg⁻¹ para el Ti y 2,5 mg kg⁻¹ para el Zr. Las mediciones se realizaron en el laboratorio del RIAIDT de la Universidad de Santiago de Compostela. Esta técnica y su aplicación han sido descritas en otras partes por Cheburkin y Shotyk (1996).

Para comprobar la calibración del analizador EMMA-XRF y evaluar la eficiencia y precisión del método, se utilizaron submuestras como réplicas y materiales de referencia certificados internacionalmente (*International Certificate Reference Materials (CRM)*), NIST – S. Joaquin Soil (2709); NIST – Montana Soil (2710); NIST – Coal Fly Ash (1633b); NIST – Coal (1632b); NRCAN-Soil SO-3).

Tabla 1. Concentraciones medidas y certificadas y desviaciones estándar de Ti (en %) y Zr (en $\mu\text{g g}^{-1}$ de masa seca) en materiales de referencia certificados después del análisis EMMA-XRF. N: número de submuestras analizadas.

— Materiales Certificados de Referencia (CRM)	N	Ti		Zr	
		Concentración certificada	Concentración medida	Concentración certificada	Concentración medida
NIST – S. Joaquin Soil (2709)	3	0.342±0.024	0.340±0.018		
NIST – Montana Soil (2710)	3	0.283±0.010	0.285±0.012		
NIST – Coal Fly Ash (1633b)	3	0.791±0.014	0.792±0.011		
NIST – Coal (1632b)	3	0.045±0.002	0.043±0.004		
NIST – Zirconium 1234	3			46±3	44.2±1.7
NIST – Zirconium 1236	3			198±6	201±3
NRCAN-Soil SO-3	3	0.200±0.020	0.197±0.015		

Fuente: Elaboración propia.

Durante el análisis, cada quince muestras se intercalaron tres CRMs. Para los elementos de interés, los valores de CRMS medidos por triplicado mostraron que la precisión estuvo siempre dentro del 10 % en todas las muestras (Tabla 1).

4. Los deslizamientos de origen natural: factores geomorfológicos que influyen en la dinámica de los deslizamientos

En el ámbito de una montaña deglaciada, es previsible la presencia de procesos de descompresión de las laderas y, derivados de ello, la deformación de las laderas rocosas. Este fenómeno, que relaciona deglaciación y deformación de taludes de substrato rocoso, está bien documentada (*Tabor, 1971; Radbruch-Hall, 1978; Bovis, 1990; Blair, 1994*). La presencia de fracturas y desplazamientos postglaciares ha sido comentada anteriormente en este ámbito (*Valcarcel, 1998*) y en valles cercanos (*Alonso y Corte, 1992*), y forma parte de la inestabilización de las laderas en un contexto paraglacial que incluye movimientos rotacionales profundos (deep-seated rotational slides; *Evans, 2003*). Ejemplos concretos de ello los encontramos en el valle de Porcarizas, donde son reconocibles anti-escarpes en pendientes rocosas. El ejemplo paradigmático de movimiento en masa en un área glacial es el de Balouta. Aquí hay que decir que hay un factor de debilidad estructural vinculado a la presencia de una falla inversa que cabalga los materiales del Silúrico sobre los depósitos terciarios (*Valcarcel, 1998*). Sin embargo, en áreas en las que las laderas no fueron afectadas por procesos glaciares los movimientos en masa también están presentes. En el caso del valle del Ser, el asentamiento de Corneantes se emplaza sobre la superficie horizontal generada por un deslizamiento traslacional. Como en el caso de Balouta, la cicatriz está cubierta por depósitos de ladera de origen periglacial, por lo

que es necesario situar su edad en algún momento frío del Pleistoceno. Son otros los movimientos en masa que podemos atribuir a la acción humana.

5. La actividad minera romana: presencia del imperio romano en el territorio

El noroeste peninsular, la posteriormente conocida como la provincia romana de Gallaecia, aunque no lo será como tal hasta la reforma de Diocleciano (239 d. C.), es conquistada entre los años 27 y 19 a. C., en el contexto de las guerras contra los pueblos Cántabros y Astures: *Belum Cantabricum* y *Bellum Asturicum* (Caamaño-Gesto, 2007). Desde un primer momento, una de las motivaciones de estas guerras fue la explotación de la riqueza minera, especialmente del oro (Au). En este momento para el Imperio Romano se convierte en un recurso estratégico derivado de la implantación del “Aureus” por Octavio Augusto, y por lo tanto el cambio de patrón monetario al oro (Sánchez-Palencia, 2000; Sastre y Sánchez-Palencia, 2002). Esto tiene una consecuencia derivada, y es que la explotación minera de este recurso en el NW ibérico tendrá un carácter público vinculado con el “fiscus”, a diferencia de otros sectores mineros del Imperio Romano, donde la explotación de los recursos mineros quedó a cargo del sector privado a través del sistema de “locatioes”, o concesiones, ya que las zonas mineras se consideran “agri publici” (Domergue, 1990; Orejas y Ramallo, 2004; Sánchez-Palencia et al., 2006). Durante el principado de Augusto se establece una nueva organización administrativa que da preponderancia a la Península Itálica sobre las provincias. La necesidad de gestionar los recursos de las provincias implicó el nacimiento de ese “fiscus” (Sánchez-Palencia et al., 2006), como elemento centralizador de la captación de los recursos, encomendándose esta función a los “procuratores”. Se establecen así unos tributos que deben satisfacer las poblaciones indígenas sometidas (Orejas y Sastre, 1999). Estas poblaciones situadas en zonas mineras se reorganizan en “ciuitates” (Sánchez-Palencia et al., 2006).

Las explotaciones son, como ya se ha comentado, terreno público, estando “in fisci patrimonio” (Sastre y Sánchez-Palencia, 2002). Son las “metalla” organizadas bajo la autoridad de los “procuratores metallorum”. Evidentemente se trata de un cambio de escala en la explotación del oro, desde los métodos artesanales de las poblaciones autóctonas prerromanas, basadas exclusivamente en lo que se podía conseguir de los placeres fluviales mediante lavado, a una explotación sistemática de los recursos, enfocada desde un punto de vista de la rentabilidad económica. Esto implica, como señalan Sánchez-Palencia et al. (2006), siguiendo el enfoque de Healy (1978), es decir desde lo que sería el campo de la actual Geología Económica, y a partir de las descripciones de las labores mineras hechas por Plinio: Un control sobre el territorio y sus pobladores, labores de prospección sistemática y valoración de los recursos (*aurum fluminum ramentis* que permite estimar la riqueza aurífera potencial de una zona y *aurum talutium*, especialmente importante para valorar la riqueza de los yacimientos secundarios) y por último puesta en explotación a gran escala (*aurum arrugiaie*), incluyendo la construcción de infraestructuras hidráulicas (*corrugi, stagna*) y de comunicación tanto sobre yacimientos secundarios (en el área de estudio en

concreto la explotación de A Leitosa, sobre materiales sedimentarios terciarios, o a partir de morrenas laterales en el valle de Ancares) como primarios, permitiendo la realización de “cortas” (minas a cielo abierto) sobre el substrato rocoso. En estos casos se utiliza un sistema mixto de fuego, que implica una gran deforestación, y disponibilidad de agua. Se quemaba la roca con material combustible y se dejaba caer agua desde los stagna (Caamaño Gesto, 2007). Es el caso de las explotaciones sobre las laderas del valle de Burbia. Es el caso de la Mina de la Toca, en la vecina Serra do Courel, que sí ha sido estudiada en detalle, donde se ha comprobado que se siguieron los filones de cuarzo aurífero encajados en esquistos y los niveles de areniscas. El oro presenta una riqueza de 0,2 gr por cada 1.000 kg de roca (Álvarez Nuñez, 1993). Por último, no descartaron el minado del terreno para explotar directamente los filones ricos en oro (aurum canalicum)⁵.

En todo caso el mantenimiento del sistema minero requeriría una presencia militar sobre el terreno, en mayor o menor medida. Recientemente se ha documentado la existencia de campamentos romanos en este sector. Se trata de los campamentos de “A Recacha” y “Granda de Xarra” emplazados sobre una superficie horizontal en el interfluvio entre los ríos Balouta e Ibias en el norte del área de estudio, y el de “Serra da Casiña” al lado de Valboa en el sector sur (Menéndez-Blanco et al., 2011, 2012,

⁵ La puesta en explotación de estos recursos son sin duda un gran logro de la ingeniería romana, y solo se pudo conseguir mediante una organización de la actividad que expresamente implica el uso de recursos técnicos y coercitivos, aplicados frecuentemente en áreas previamente poco pobladas (Sánchez-Palencia et al., 2006). Por descontado una ingente mano de obra, no necesariamente esclava. Dado el carácter público de las minas Domergue (1986) señala que la explotación basada en esclavos importados habría resultado inviable, y que tampoco existe información arqueológica que permita hablar de una esclavización de las poblaciones locales. Estas serían consideradas por los romanos como libres, *peregrini*, pero sin derechos cívicos y sometidos a tributaciones (Orejas y Sastre, 1999; Orejas et al., 2000). Pitilla-Salañer (1998) señala la participación de los indígenas en los diferentes sistemas de explotación romana del oro como un sistema de integración y de promoción social, participando como trabajadores libres (*mercenarii*). También habría condenados a trabajos forzados (*damnati ad opus metalli*), aunque estos de manera más tardía, en la medida en que la disponibilidad de prisioneros de guerra, principal fuente de trabajo en la minería, se reduce a medida que las fronteras del Imperio Romano se estabilizan. Las poblaciones locales necesariamente participarían de manera semi-forzada en las labores de explotación en sentido amplio (construcción de infraestructuras, mantenimiento de estas y labores de minería propiamente dichas) como una forma de pagar los tributos mediante la contribución a los trabajos públicos. Por lo tanto, no daría el caso de la existencia de mineros profesionales, sino a tiempo parcial (Sánchez-Palencia et al 2006). Según este mismo autor las *ciuitates* también tendrían un papel importante en la responsabilidad del mantenimiento de esta actividad, por ejemplo, a través del establecimiento de asentamientos mineros (castros mineros), presumiblemente de carácter temporal, como los documentados en sectores cercanos, como el de Pelou (Grandas de Salime, Asturias; Villa et al., 2005) o el de Cervantes, a muy pocos kilómetros del área de estudio (González et al., 2000; 2011). Este posible carácter temporal exigiría el desplazamiento de poblaciones, pero también podría suponer la necesidad de establecer asentamientos permanentes sobre el territorio que dieran fe del dominio efectivo, además de cumplir el papel de control por parte del Imperio Romano.

2013 y 2015) (Figura 1 y Figura 2). Para estos autores se trata sin duda de “castra aestiva”, campamentos de campaña temporales realizados en un proceso de marcha o penetración militar, en los momentos de las acciones bélicas (*Bellum Asturicum*). En el caso de los situados en el interfluvio Balouta-Ibias, se trata de una superficie muy alta (por encima de 1200m) y expuesta a las inclemencias del tiempo, por lo que es inverosímil que se mantuviese el campamento en el rigor del invierno. Actualmente en este sector solo existe, y ya prácticamente abandonadas, alzadas o asentamientos estivales dependientes de aldeas situadas a más baja altitud (Castillo et al., 2005; Vázquez-Varela et al., 2016). Por otra parte, se trata de lugares estratégicos y áreas elevadas, típicas de los campamentos de campaña.

Figura 2. Campamento romano de A Recacha evidenciado por la cartografía LiDAR. Este asentamiento da fe de la presencia militar romana altoimperial, aunque se debe vincular más a un establecimiento temporal derivado de las “Guerras Cántabras” que a una auténtica ocupación efectiva del territorio.



Fuente: Elaboración Propia.

Esto nos lleva a la posibilidad de plantear qué otros asentamientos de la zona pueden tener un origen romano. No se han encontrado “castros mineros” en el ámbito de este sector de actividad tan intensa. Esto lleva a pensar que alguna de las poblaciones actuales pudiera ser inicialmente un asentamiento romano. El análisis del contexto geomorfológico y de otros indicios nos llevan a pensar que, por lo menos se podría dar el caso en dos emplazamientos: las aldeas de Piornedo y Campo del Agua. En ambos casos el emplazamiento es estratégico y controla los lugares de paso de la

sierra, asentándose sobre una superficie horizontal que facilita la labor agrícola de subsistencia. Además, son los dos únicos casos documentables en los que existen una infraestructura hidráulica cuyo único fin sería abastecer de agua al poblado. Esto es un hecho totalmente excepcional en el contexto de la montaña ancaresa. Es coherente pensar que se trate de canales de origen romano, contruidos bajo la dirección de los mismos técnicos que llevaron a delante la planificación de las grandes infraestructuras hidráulicas de las minas, sin duda pertenecientes al estamento militar.

6. Los movimientos en masa en el área de estudio

En el presente estudio se han identificado 28 movimientos con características diferentes. Hemos optado por describir tres de ellos en detalle como ejemplos prácticos de los criterios que hemos seguido para diferenciarlos y clasificarlos.

6.1. El deslizamiento de Balouta

Se localiza sobre la aldea de Balouta y está orientado hacia el S, desarrollado a partir de pizarras negras (Pizarras de Luarca), siendo un área intensamente fracturada. Se corresponde con un movimiento en masa de tipo rotacional. Una falla de dirección NW-SE se puede prolongar hacia el norte y constituye el límite del movimiento en masa, que debió generarse a partir de esta línea de debilidad. En un afloramiento situado en la pista Balouta-Alto de Cruz da Colada se puede observar como las pizarras aparecen microplegadas en "chevrón" y discordantes sobre materiales sedimentarios, atribuidos por Moares Dominguez et al. (1996) al Terciario. Tanto las pizarras como los sedimentos presentan estrías en el plano de contacto, que se corresponde con el plano de deslizamiento, que en este caso se trata de una falla inversa. El escarpe parece muy desdibujado, cubierto por potentes depósitos periglaciares, del tipo groize (que presentan fenómenos de acarcavamiento y que son similares a los presentes en el resto de la ladera).

El movimiento en masa es atravesado por una pista que une el pueblo de Balouta con el valle de Ibias, a través del alto de Cruz da Colada. A lo largo de ella se puede observar la sucesión de depósitos que se dan desde la base hasta la parte superior del movimiento en masa y permiten realizar una interpretación genética, así como una propuesta de cronología relativa. Son especialmente interesantes los localizados dentro de los primeros quinientos metros, en un desnivel de apenas 100 metros con respecto al fondo actual del valle.

El punto que vamos a describir a continuación (perfil BA96C, *Valcárcel, 1998*) se localiza en la ladera derecha del valle de Balouta, emplazado en el frente de un movimiento en masa, a unos 1.200 m de altitud. El afloramiento presenta una potencia vista de entre 6 y 10 m, y se alarga lateralmente unos 30 m, pudiéndose diferenciar hasta cuatro unidades deposicionales.

Descripción:

Unidad 1: dos metros de un Diamicton matrizsoportado macizo (Dmm, Eyles et al., 1983) en el que los clastos en general de tamaño pequeño oscilan entre 5-10 cm de eje mayor, aunque pueden alcanzar en algún caso los 80 cm. Presentan un aspecto facetado, con caras pulidas y frecuentemente estriadas con formas de plancha o bala, con una gran frecuencia de formas trapezoidales. Abundan las cuarcitas, esquistos y pizarras. Los clastos están embudidos en una matriz limo-arcillosa de color grisáceo, muy consolidada y endurecida.

Unidad 2: aparece muy desmantelada. Está compuesta por *un* Diamicton matrizsoportado macizo (Dmm), de un metro y medio de potencia vista, en el que los clastos cuarcíticos, esquistosos y pizarrosos, de entre 20 y 30 cm de tamaño, flotan en una matriz arenolimosa de color marrón grisáceo, poco consolidada. Tienen formas de redondeadas o angulosas, presentando ocasionalmente estrías y ralladuras. El contacto con la unidad inferior es gradual o continuo.

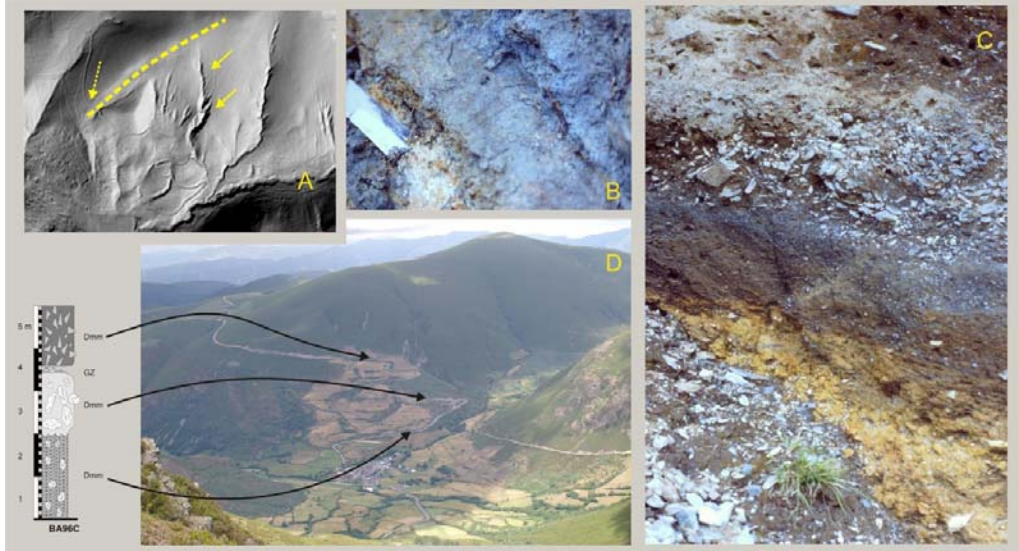
Unidad 3: no es continua en todo el afloramiento. Se corresponde con unos 20-30 cm de un depósito alternante de lechos de granulometría fina y lechos de granulometría gruesa (facies GZ, Bertrand et al., 1995), compuesto exclusivamente por material de origen pizarroso. El contacto con la unidad inferior es gradual o continuo.

Unidad 4: fosiliza todo el depósito. Se corresponde con un Diamicton matrizsoportado macizo (Dmm), localmente *open work*, de hasta cuatro metros de potencia vista. Los clastos son exclusivamente pizarrosos, presentando formas angulosas y ausencia total de marcas de origen glaciar; de hasta 20-30 cm de eje mayor, flotan de manera caótica en una matriz limoarcillosa.

La presencia de cuatro unidades deposicionales nos habla de otros tantos ambientes sedimentarios diferentes (Figura 3). La unidad 1 señala la presencia de un *lodgment till*. (Dreimanis, 1988) con abundancia de clastos de pequeño tamaño, con marcas de origen glaciar y marcas de arrastre y arrancamiento, presencia de una matriz muy endurecida, así como la litología variada, que señala la procedencia de los clastos valle arriba. Sobre él, y a través de un contacto neto, se depositó un segundo diamictón, unidad 2, que, dada su composición petrográfica, proviene también de valle arriba y no es un aporte lateral. Este material se encuentra poco consolidado, presentando clastos de mayor tamaño, aunque con presencia de marcas de origen glaciar. Se trataría de un “*melt out till*” (Dreimanis, 1988). Sobre esta unidad se depositó, de manera discordante, un depósito periglacial de ladera, señalado claramente por su estructura, así como la procedencia local de los clastos. Se trata de un depósito de tipo *grèze litée* o *groizés litées* (Guillien, 1957, 1964a, 1964b). Todo el depósito en conjunto se ve fosilizado por la unidad 4, que se corresponde con un Dmm. El origen de los clastos es local, de la propia ladera, ya que su composición es exclusivamente pizarrosa. La estructura es caótica y los clastos flotan en la matriz, aunque otras veces puede presentar una fábrica *open work*. Se corresponden con asociados al movimiento en masa de Balouta. Este material está presente en la parte

alta del afloramiento, cerca de la curva de la pista, y puede descansar sobre el depósito periglacial o directamente sobre el material de origen glaciar.

Figura 3. A. Falla inversa de Balouta con materiales de cabalgamiento y cicatriz del *landslide* homónimo, B. Estrías *slickenside* en materiales Terciarios, C. Contacto entre los materiales Silúricos sobreyacentes a los materiales Terciarios, D. Deslizamiento de Balouta y columna estratigráfica de los depósitos.

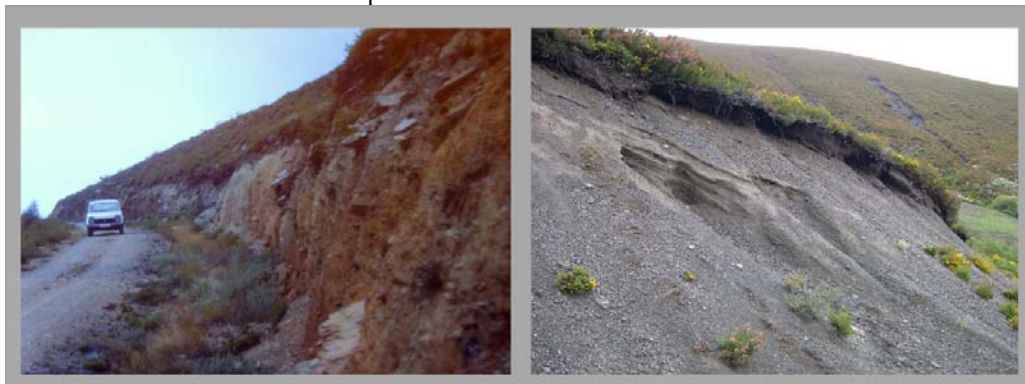


Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la sucesión cronológica de eventos, en primer lugar, tenemos la presencia del glaciar, que depositó un *till* de acreción a unos 1.200 m de altitud. Esto concuerda con la presencia de depósitos a altitudes similares en otros ámbitos del valle (Pérez-Alberti y Valcarcel, 1996; Valcarcel, 1998), y señala que este momento no se corresponde con el máximo avance, sino con una fase glaciar posterior al máximo. En este lugar y en este momento el glaciar debió tener unos 60 m de espesor, que es el desnivel que existe entre este lugar y el fondo del valle, donde aflora la morrena de fondo; el frente no podría situarse muy lejano a este punto. Con posterioridad se retiraría el glaciar, depositándose el *till* de fusión, y persistirían las condiciones frías, representadas por la presencia del depósito de *grèze litée*, que señala unas condiciones de frío relacionadas con cierta humedad (Francou, 1988, 1989, 1990; Bertrand et al., 1995) (Figura 4), con numerosas alternancias de hielo/deshielo sobre vertientes bien humidificadas por agua procedente de coberturas de nieve poco espesas y de poca duración o de la fusión de nieve en primavera y un ritmo casi diario a lo largo del año. Implica también la presencia de un suelo helado estacional poco profundo. En resumen, condiciones frías, pero poco rigurosas, fuera de los momentos más fríos del Pleistoceno reciente. Superponiéndose a todo esto se

produciría el movimiento en masa de Balouta. Este evacuaría los materiales buscando la máxima pendiente. Su dirección, en vez de ser ortogonal a la ladera sigue paralela hacia el valle. Es más que posible que la presencia de una morrena lateral, adosada a la ladera norte del valle, impidiese su desarrollo hacia adelante. Los flujos de derrubios se limitarían a fosilizar la forma anterior, sin arrastrarla. Con respecto al movimiento en masa, tal como ya señalamos, el área de rotura presenta una cicatriz poco marcada, muy erosionada por la acción periglacial, ya que aparece fosilizada por depósitos de este tipo, lo que indica que el movimiento se produjo poco después de la retirada del hielo, con presencia de condiciones frías.

Figura 4. Depósitos periglaciares cubriendo las cicatrices de los movimientos en masa rotacionales. Esto denota su edad pleistocena.



Fuente: Elaboración propia.

Se deduce que en un primer momento el glaciar ocuparía el fondo del valle. Con posterioridad se produciría el movimiento en masa, presumiblemente cuando el hielo ya se habría retirado de este tramo del valle. Persistirían aún las condiciones frías, y con toda probabilidad masas glaciares en otros espacios del valle. El movimiento en masa se acomodó en su flujo a la presencia de formas de acumulación glacial previas, posiblemente fosilizando en parte una morrena lateral, de la que sólo quedan en la actualidad los afloramientos descritos. En todo caso se trata de un deslizamiento que puede tener relación con la descompresión postglacial, citada ya en áreas cercanas (Alonso, 1992, Alonso y Corte, 1992) y en el área de los Pirineos (Corominas, 1989). En todo caso un proceso típicamente paraglaciar (Figura 5).

6.2. El deslizamiento de Freita

Se localiza al sureste de la aldea de Cereixedo. Su longitud va desde los 42°47'08" N, 6°55'37" W y 42°46'35" N, 6°55'24" W, y su latitud va desde los 42°46'53" N, 6°6'0" W y los 42°46'44" N, 6°55'0" W (Figura 1 y Figura 5). Está orientado hacia el W y desarrollado a partir de la zona de contacto, entre la serie de los Cabos, ricas en oro, y las pizarras de Luarca, todos materiales del Ordovícico (cartografía del IGME, hoja

100), en las inmediaciones de una falla. Se corresponde con un movimiento en masa de tipo rotacional. En su cabecera, justo ubicada en el contacto entre ambas franjas de materiales geológicos, así como en una sección en la parte oeste existen marcas de actividad minera reciente, correspondiente a la ocupación romana de la zona. El escarpe se distingue claramente, ya que coincide con las marcas de minería romana que lo originaron. Sobre el movimiento se construyó la aldea de Freita, así como es atravesado por una pista que une dicho pueblo con la localidad vecina de Cereixedo. Desde ella se puede apreciar la cicatriz en el terreno, así como los restos generados por la minería romana.

Figura 5. Ejemplo de *landslide* sobre la Serie de los Cabos: De edad pleistocénica: A Balouta; B Corneantes (las flechas amarillas indican incisión superficial sobre depósitos de ladera de origen periglacial); de época romana: C. Porcarizas; D Freita.



Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía geológica del IGME.

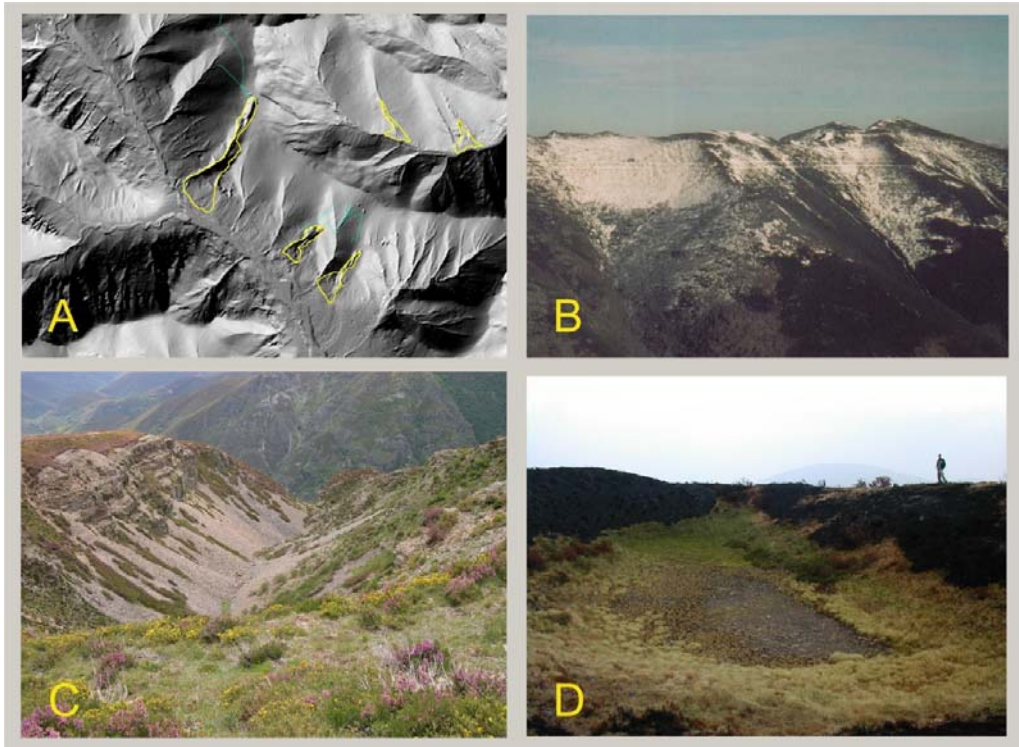
Analizando la fotografía aérea de la zona, así como el mapa de pendientes y el modelo digital del terreno LiDAR, con resolución de 1m, se aprecia por donde circulaban los canales romanos, que trasladan el agua empleada en la minería. Estos canales provienen del oeste y desembocan en la cabecera del movimiento en masa, y en la parte oeste de este, donde están las otras marcas ya mencionadas. Dentro de la clasificación de los movimientos estudiados, sería el primero en volumen de materiales deslizado, superando a otros movimientos de origen natural, como el de Corneantes, con lo que no deja de ser una muestra de que el impacto antrópico en el medio puede alcanzar grandes dimensiones.

6.3. La cárcava de Burbia

El valle de Burbia se caracteriza, desde el punto de vista de la dinámica de las laderas, por ser un área modelada por los glaciares pleistocenos, en las que dominan las

pendientes pronunciadas sobre las laderas. Es también parte del sector más elevado de la Sierra. En su cabecera se da la presencia de circos glaciares de gran tamaño (Valcarcel 1998). Estos son áreas privilegiadas para la captación y retención de nieve, que en algunos puntos actualmente permanecen hasta fechas muy tardías de la estación estival (Carrera y Valcarcel, 2010, 2018). Actualmente, y sin duda con más razón en el Periodo Cálido Romano, que se sabe que fue también más húmedo que el actual (Martínez-Cortizas et al., 1999; Martínez-Cortizas y Pérez-Alberti, 1999, Pontevedra-Pombal et al., 2018), la cantidad de nieve que se acumula es considerable y un buen reservorio de agua del que se dispone paulatinamente a medida que esta se va fundiendo. Para ello los agrimensores romanos, que acompañaban a las legiones en su desplazamiento, ya que eran los encargados de señalar la construcción de los campamentos, así como otras infraestructuras necesarias para la marcha de las tropas, como pontones o puentes sobre ríos, se encargaban también, en tiempos de paz, de la dirección de la construcción de infraestructuras, sobre todo en terrenos correspondientes al “*agri publici*” como eran las “*metalla*” o explotaciones de oro.

Figura 6. A. LiDAR del área de Burbia con canales y *landslides* romanos; B. Canales romanos en el área de Burbia (*corrugi*); C. *Stagna* romana en depósitos del área; D. Cicatriz del *landslide* de Burbia.



Fuente: Elaboración propia.

En realidad, a lo largo de toda la ladera hay diferentes explotaciones de este tipo, pero la más voluminosa es la “Caborca dos Paleiros”. La explotación es una “corta” a cielo abierto, en la que se ha trabajado un nivel de cuarcitas asociado a la Serie de los Cabos que ocupa toda la ladera, y que es rica en oro, como ya hemos comentado anteriormente. La zanja presenta un desnivel de entre 30 y 40 m y un movimiento de tierras próximo a los 90 millones de m³, para lo que los ingenieros romanos necesitaron desarrollar unos vastos sistemas de canales (“*corrugi*”), con sus correspondientes balsas (“*stagna*”). Son destacables los “*corrugi*” sobre la ladera que mira al suroeste (Figura 1 y Figura 6), llegando a presentarse tramos en los que se distinguen hasta cuatro canales escalonados en altitud, lo que permite recorrer el agua unos cinco kilómetros sobre la ladera para acumularse en los “*stagna*” en la cabecera de la explotación principal. Este sector recibe el revelador nombre local de “As Caborcas” que quiere decir literalmente cárcava o *badlands*.

7. Discusión

Valorando el impacto de los *landslides* sobre el paisaje es evidente que existe una clara diferencia entre aquellos que son de origen natural (un total de 9), y que podemos atribuir a causas tectónicas y/o de la desestabilización de las laderas derivada de descompresión postglaciar (procesos paraglaciaros), de aquellos otros que tienen vinculación con la actividad minera romana (un total de 19). Si bien los primeros representan un volumen de 704.589.501 m³ de material desplazado, un 60% del total estimado: en general se puede afirmar que los movimientos en masa de origen natural tienden a ser de mayor tamaño, aunque este no es un criterio válido de diferenciación. Se trata de fenómenos que entran dentro de la normalidad en un espacio de montaña, pero en los que los sectores de montaña deglaciar, en la que juegan un papel las dinámicas paraglaciaras inmediatamente posteriores a su retirada (Church y Ryder, 1972), no parecen haber sido los dominantes. El factor más influyente fueron las condiciones estructurales de debilidad, lo que parece favorecer estos grandes deslizamientos (Balouta) o la presencia de profundas gargantas fluviales derivadas de la evolución geomorfológica, que originó la presencia de desniveles muy importantes (hasta 650 m en el valle del Ser a la altura de Corneantes), con pendientes muy fuertes. Esto choca con el panorama descrito en otros sectores cercanos de la Montaña Cantábrica (Jiménez-Sánchez, 1997).

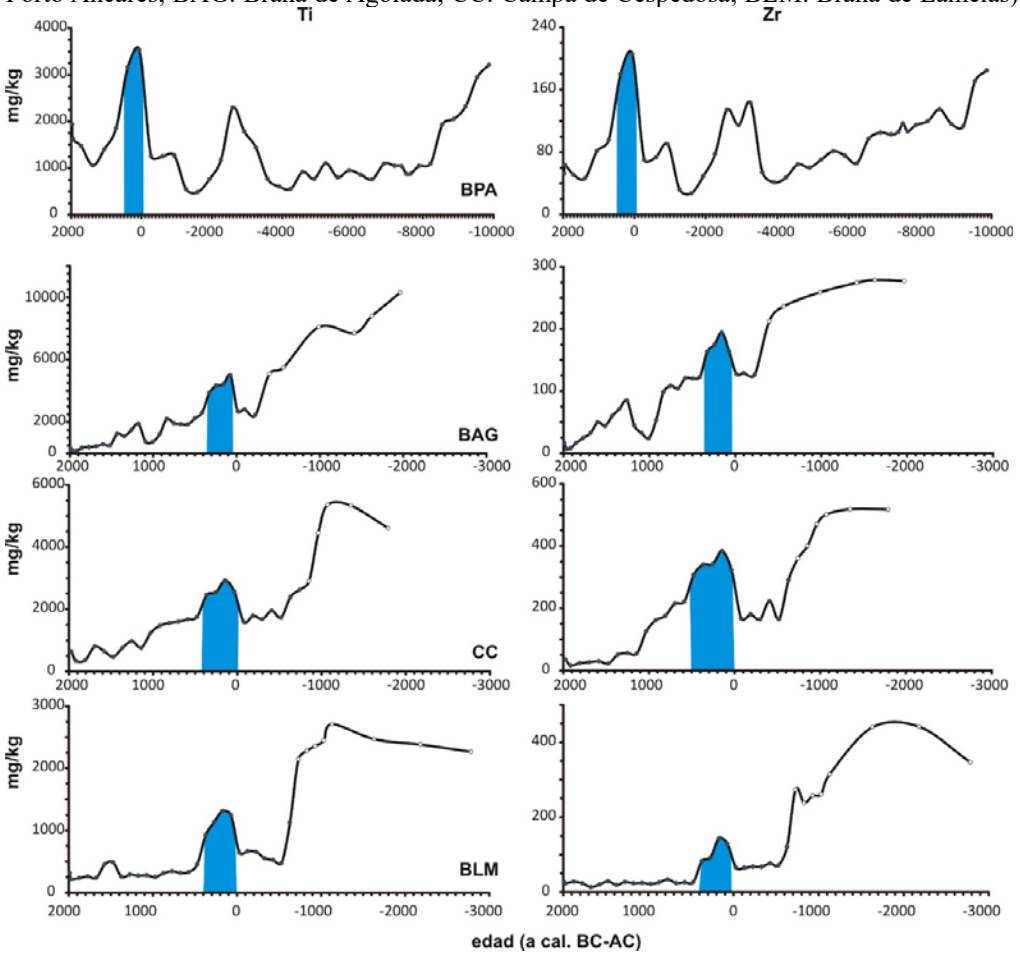
En cuanto al factor litológico, todos los movimientos cartografiados sobre la Serie de los Cabos son de origen antrópico a la vez que, por el contrario, no se detectan sobre ella grandes deslizamientos naturales, salvo el de Corneantes, justificado por el gran desnivel y pendiente del sector. Los movimientos de origen natural se corresponden con terrenos donde dominan las pizarras (Formación Agüeira, Pizarras de Luarca), que parecen haber tenido un comportamiento más relacionado con la intensa historia tectónica de la zona.

Un aspecto importante es el relacionado con la Geología económica, enfocada en este caso a los recursos geomíneros, ya que la explotación del oro presente en estos

materiales fue la causa por la que el Imperio Romano terminó representando un factor de desestabilización de las laderas similar o incluso superior a otros factores naturales, no solo movilizándolo directamente a través de grandes obras de ingeniería civil, sino también de manera indirecta, actuando sobre estas laderas a través de una intensa deforestación (López-Merino et al., 2009; Pontevedra-Pombal et al., 2013). Así, los movimientos en masa generados por la actividad minera romana (“*metalla*”) representan una movilización de 565.640.000 m³ de materiales deslizados, un 40 % del total contabilizado. Esta actividad ha tenido un gran impacto sobre el paisaje de manera directa y tuvo que suponer la movilización de un ingente número de mano de obra, además de otras implicaciones sobre el paisaje, como una intensa deforestación y erosión. En este sentido, existen registros locales que pueden hablar de los efectos indirectos de esta actividad, por lo menos a escala de cordillera. Este registro se encuentra almacenado en las turberas que se localizan en las cercanías de estas explotaciones y pueden ser interpretados a la luz de la inequívoca presencia de la actividad minera a escala regional. En este sentido, tanto Ti como Zr son dos elementos muy resistentes y geoquímicamente estables (Milnes y Fitzpatrick, 1989; White, 1995), que se acumulan en los suelos durante la alteración físico-química de las rocas. Su presencia en las fases orgánicas de las turberas es necesariamente alóctona. Durante la alteración del material geológico, tanto Ti como Zr se acumulan en la fracción mineral más resistente (Taboada et al., 2006), y pueden ser transportados a las turberas. Estos elementos se incorporan a la turba por deposición atmosférica y/o a través del circuito hidrológico. Aunque se puede asumir que no existen fuentes antropogénicas sustanciales de estos elementos, los cambios en su contenido en las turberas sí pueden estar condicionados por actividades antrópicas que afecten a la estabilidad de los suelos.

La incorporación de estos elementos litogénicos de comportamiento conservativo a las turberas es una señal de la existencia de procesos de erosión de suelos, producto de la reducción de la cubierta vegetal, bien por procesos climáticos o por degradación antropogénica. En este último caso, la alteración inducida de los suelos provoca el incremento del flujo de material edáfico aun en condiciones climáticas favorables al desarrollo de la cubierta vegetal. En las sociedades prehistóricas y antiguas las tasas de erosión de suelos están íntimamente ligadas a la deforestación (Hölzer y Hölzer, 1998). En las cuatro turberas estudiadas en la Serra dos Ancares se ha detectado un incremento de la incorporación de elementos litogénicos, Ti y Zr, de 1.9 y 1.8 veces respectivamente en relación con el contenido medio de la turba entre c. 2050 y 1650 yr cal. BP, mostrando una elevada sincronidad (Figura 7). En todas las turberas se observa que la concentración más elevada de Ti y Zr se detecta en este período, y sólo es superada durante las fases de colmatación mineral previas a la formación de la turbera.

Figura 7. Concentración de Ti y Zr en cuatro turberas de la Serra dos Ancares (BPA: Braña de Porto Ancares; BAG: Braña de Agolada; CC: Campa de Cespedosa; BLM: Braña de Lamelas).



(*) Nota: En azul la concentración de litogénicos durante el Período Romano. Los círculos sobre las líneas indican las muestras analizadas de turba (gris) e inorgánicas (blanco) de los suelos estudiados.

Fuente: Elaboración propia.

Reher et al. (2012), han indicado que, durante el período romano, la presión de la agricultura y la actividad minera rompieron el ciclo forestal natural en el área de la Serra dos Ancares. Esto, necesariamente, generó una gran superficie de suelo expuesta, lo que incrementó su inestabilidad y su erosión. En este territorio se ha descrito un proceso de deforestación sucesivo durante los últimos 3000 años (Muñoz, 2001) que se ha vinculado a la antropización del paisaje ligada a las actividades agrícolas. Esta tendencia es visible en la incorporación de elementos litogénicos a las turberas de la Serra dos Ancares, pero la intensidad con la que se produce el flujo de

Ti y Zr durante el período romano es claramente mayor y podría explicarse como un incremento de alguna actividad antrópica que provoque una intensa deforestación y que esté especialmente concentrada en este período. Esta actividad probable sería la explotación de los recursos mineros, interacción que ha sido identificada en otras turberas del NW Ibérico (Pontevedra-Pombal et al., 2013).

A este respecto, debemos tener en cuenta, que, aunque la conquista del NW ibérico es tardía, la presencia romana en Iberia es muy anterior. La intensificación de la agricultura, vinculada sin duda al pago de tributos en especie, debía ser un hecho antes de que los romanos invadiesen el sector noroccidental (Vázquez Varela, 1986; 1988; 1994; Parceros et al., 2007). Sin embargo, en un ambiente de montaña tan poco propicio para la extensión de la actividad agrícola, cabe pensar que lo que se está registrando en las turberas de Ancares es una intensificación de la erosión debida directamente a la actividad minera, especialmente dado el buen encaje cronológico. De la misma manera, el descenso de la señal indica el abandono de las explotaciones hacia finales del segundo siglo, tal como señalan los datos históricos (Caamaño Gesto, 2007). Por lo tanto, se da una concentración temporal de esta actividad que debió someter a un enorme estrés al medio natural de Ancares, a niveles que no se han alcanzado en ningún momento posterior (Otero-Otero, 2016).

Hay otros aspectos peculiares de esta actividad que merecen ser comentados. Así, las labores mineras se emplazaron preferentemente sobre laderas orientadas al suroeste (Junta de Castilla y León, 1986). Hemos de tener en cuenta que son laderas con pendientes menos abruptas, de perfil convexo, y más apropiadas para la realización de infraestructuras hidráulicas. Si el agua del deshielo debía captarse de los sectores altos, las laderas que miran al norte y noreste, en las partes altas dominadas por paredes de circos glaciares de pronunciada pendiente y perfil cóncavo, serían mucho más complicadas de trabajar. Además, presentan frecuentes afloramientos rocosos en los que habría que haber esculpido literalmente el canal en la roca. Esto se realizaba solo como último recurso y los agrimensores romanos prefirieron siempre itinerarios menos costosos de trabajar. Solo un planteamiento de este tipo puede explicar una disimetría de orientación tan clara, ya que, desde el punto de vista del substrato geológico, y por tanto como recurso minero, esa disimetría de laderas no existe.

8. Conclusiones

El sector de la Serra dos Ancares presenta un gran número de movimientos en masa, tanto de origen natural como generados por la actividad minera romana altoimperial. Aunque en el volumen de material movilizado dominan los primeros, en número son claramente dominantes los de origen minero. Entre los de origen natural se distinguen aquellos cuya actividad se puede retrasar hasta el Pleistoceno, ya que aparecen fosilizados por depósitos periglaciares que indican unas condiciones aún frías (Balouta o Corneantes) y entre aquellos que parecen ser posteriores, a los que hay que presumir una edad holocena, sin mayor precisión (Lumeras).

Por el contrario, las labores mineras romanas han generado un gran número de movimientos en masa, pero en volumen, sin embargo, representan un valor sensiblemente menor. Debemos matizar este punto; en este trabajo solo se ha considerado el volumen de material movilizadado en contacto directo con las explotaciones, pero hay que comprender que muchos aportes terminaron incorporándose a la red fluvial, acumulándose como depósitos de material grueso (“murias”) o perdiéndose a través del transporte fluvial, por lo que debemos considerar el total obtenido como un dato ciertamente infravalorado. Sin embargo, su repercusión en el medio no se limitó a la huella geomorfológica, que persiste actualmente y se ha incorporado al paisaje, naturalizándose en cierta medida. También supuso una gran presión sobre el medio, generando una intensa deforestación y activando los procesos erosivos, como indican los datos polínicos y el estudio de la deposición de litogénicos sobre turberas de este ámbito. Esta herencia morfogenética constituye un patrimonio que debe ser puesto en valor en su contexto histórico y de evolución paisajística.

9. Bibliografía

- Alonso, J.L., Pulgar, J. A. y Pedreira, D. (2007): El relieve de la Cordillera Cantábrica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(2), 151-163.
- Alonso, V. y Corte, A. E. (1992): Postglacial fracturing in the Cantabrian Cordillera (NW Spain). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 36(4), 479-490.
- Alonso, V. (1992): Geomorfología de las cabeceras de los ríos Narcea, Navia y Sil y del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga (NO de la Península Ibérica). *Tesis doctoral*, Univ. de Oviedo.
- Álvarez Núñez, A. (1993): Memoria de la intervención arqueológica de 1992 en la Mina da Toca. *Boletín do Museo Provincial de Lugo*, 6, 185-198.
- Bertrand, P., Francou, B. y Texier, J. P. (1995): Stratified slope deposits: the stone-banked sheets and lobes model. *Steepland Geomorphology*, 147-169.
- Blair Jr, R. W. (1994): Moraine and valley wall collapse due to rapid deglaciation in Mount Cook National Park, New Zealand. *Mountain Research and Development*, 14, 347-358. <https://doi.org/10.2307/3673731>.
- Bovis, M. J. (1990): Rock-slope deformation at affliction creek, southern Coast Mountains, British Columbia. *Canadian Journal of Earth Sciences* 27.2, 243-254. <https://doi.org/10.1139/e90-024>.
- Brell, J.M. y Doval, M. (1974): Un ejemplo de correlación litoestratigráfica aplicado a las Cuencas terciarias del Noroeste de la Península. *Estudios Geológicos*, 30, 631-638.
- Caamaño Gesto, J. M. (2007): A Galicia Romana: A conquista romana, ocupación do territorio e cultura material. Volumen I. Arrecife Adicións Galegas.
- Carrera-Gómez, P. y Valcarcel, M. (2010): La acción geomorfológica del manto nivoso estacional en la Sierra de Ancares: vertiente nororiental del Pico Cuiña (León). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 36, 85-98. <http://dx.doi.org/10.18172/cig.1239>.

- Carrera-Gómez, P. y Valcarcel, M. (2018): The geomorphological role of snow since the Little Ice Age in the Sierra de Ancares (NW Spain). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 44(1), 171-185. <https://doi.org/10.18172/cig.3379>.
- Castillo Rodríguez, F., Valcarcel, M. y Vázquez Varela, J. M. (2012): Los hábitats estacionales de montaña como estrategia adaptativa al clima: un ejemplo en la Sierra de Ancares (Noroeste de España). *Xeografica. Revista de Xeografía, Territorio e Medio Ambiente*, 5, 5-18.
- Chebурkin, A. K. y Shotyk, W. (1996): An energy-dispersive miniprobe multielement analyzer (EMMA) for direct analysis of Pb and other trace elements in peats. *Fresenius' journal of analytical chemistry*, 354(5-6), 688-691.
- Church, M. y Ryder, J. M. (1972): Paraglacial sedimentation: a consideration of fluvial processes conditioned by glaciation. *Geological Society of America Bulletin*, 83(10), 3059-3072. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1972\)83\[3059:PSACOF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[3059:PSACOF]2.0.CO;2)
- Corominas, J. (1989): *Litologías Inestables*. Monografías de la SEG, 3. Sociedad Española de Geomorfología. 81-96.
- Domergue, C. (1986): Dix-huit ans de recherche (1968e1986) sur les mines d'or omaines du nord-ouest de la Peninsule Iberique. *Actas I Congreso Internacional Astorga Romana*7-101.
- Domergue, C. (1990): Les mines de la Péninsule Ibérique dans l'antiquité romaine, 127,1. *Persée-Portail des revues scientifiques en SHS*.
- Dreimanis, A. (1988): Tills: Their genetic terminology and classification. In Goldthwait, R.P. y Matsch C.L. (Eds.) *Genetic classification of Glacigenic Deposits*. AA Balkema. Rotterdam, 17-67.
- Evans, D. J. A. (2003): *Ice-marginal terrestrial landsystems: active temperate glacier margins*. Glacial Landsystems. Arnold, London, 12-43. ISSN/ISBN: 0-340-80665-6 (hbk), 0-340-80666-4 (pbk).
- Eyles, N., Eyles, C.H. y Miall, A.D. (1983): Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology*, 30-3. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1983.tb00679.x>
- Francou, B. (1988): *Eboulisation en Haute Montagne*, 2 volumes. Editec, Caen.
- Francou, B. (1989): Régime thermique des sols et rôle du gel dans la dynamique des versants d'un milieu subéquatorial d'altitude: les Andes Centrales du Pérou. *Géographie Physique et Quaternaire*, 43, 97-112. <https://doi.org/10.7202/032757ar>
- Francou, B. (1990): Stratification mechanisms in slope deposits in high subequatorial mountains. *Permafrost and Periglacial Processes*, 1(3-4), 249-263. <https://doi.org/10.1002/ppp.3430010305>
- González, L. F. L. y González, Y. A. (2000): El poblado minero de Sta María de Castro (Cervantes, Lugo). En *3º Congreso de Arqueología Peninsular: UTAD*, Vila Real, Portugal, septiembre de 1999, ADECAP. 533-540.
- González, L. F. L., González, Y. A. y Marcos, M. A. L. (2011): Pervivencias e innovaciones en el castro minero de Santa María de Cervantes (Cervantes, Lugo): la ordenación del espacio doméstico: Continuity and innovation in the mining castro of Santa María de Cervantes (Cervantes, Lugo): domestic space organization. En *Arqueología, sociedad,*

- territorio y paisaje: estudios sobre Prehistoria reciente, Protohistoria y transición al mundo romano, en Homenaje a M^a Dolores Fernández Posse Instituto de Historia, 397-410.
- Guillien, Y. (1957): Les grèzes litées comme type de glacis alluvial, CR. de l'Académie des sciences de Paris. 244, 642-644.
- Guillien, Y. (1964a): Les grèzes litées comme dépôts cyclothémiques, Zeitschrift für Géomorphologie, S.B. 5, 53-58.
- Guillien, Y. (1964b): Grèzes litées et bancs de neige. Géologie en Mijnbouw, vol. 43, 103-112.
- Gutiérrez Marco, J. C. (2006): Hallazgo de un fósil silúrico en los depósitos auríferos cenozoicos de la mina romana de Las Médulas (León, NO de España). Geogaceta, 40, 179-182. <http://hdl.handle.net/10261/30669>
- Hacar, M.; Pagés, J. L. y Alonso, A. (1999): Nueva interpretación de la geología de la mina romana de Las Médulas. El Bierzo, León. Geogaceta, 25, 83-86
- Healy, J. F. (1978): Aspects of Greek and Roman Life. Mining and metallurgy in the Greek and Roman world. Ed. Thames & Hudson. <https://doi.org/10.1086/ahr/86.3.577>
- Herail, G (1981): Le Bierzo: géomorphogénese fini-tertiaire d'un bassin intramontagneux (Espagne). Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 52, 217-232.
- Herail, G (1984): Géomorphologie et géologie de l'or détritico-piémonts et bassins intramontagneux du Nord-Ouest de l'Espagne- Éditions du C.N.R.S. Paris.
- Hocquard, C. (1975): Étude sédimentologique des formations rouges miocènes du nord-ouest de l'Espagne: application à la prospection des placers aurifères associés *Tesis doctoral*. Université Nancy.
- Hölzer, A. y Hölzer A. (1998): Silicon and titanium in peat profiles as indicators of human impact. The Holocen, 8, 685-696. <https://doi.org/10.1191/095968398670694506>
- Jiménez-Sánchez, M. (1997): Movimientos en masa en la cabecera del río Nalón (Cordillera Cantábrica, NO España). Cuaternario y Geomorfología, 11(3-4), 3-16.
- Junta de Castilla y León (1986): Inventario de Indicios Mineros, 1986. Hojas M.T.N. n^{os}: 125, 126. Provincia de León.
- López Merino L, López Sáez J., Sánchez-Palencia Fj, Reher Díez Gs. y Pérez Díaz S. (2009): Castaños, nogales y cereales: la antropización de los paisajes de Asturias y León en época romana. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For, 30, 93-99.
- Luengo Ugidos, M. A., García De Celis, A. y Redondo Vega, J. M. (1995): Depósitos cuaternarios y minería romana en las montañas del NW de la Península Ibérica. En Actas da 3^a Reunião do Quaternario Ibérico. GTPEQAEQUA. Coimbra 1993, 141-148.
- Martínez-Cortizas, A. y Pérez-Alberti, A. (Ed.) (1999): Atlas climático de Galicia. Xunta de Galicia.
- Martínez-Cortizas, A., Valcarcel. M., Pérez-Alberti, A., Castillo Rodríguez, F. y Blanco Chao, R. (1999): Cambio climático e paleoclimas cuaternario. En Atlas Climático de Galicia. Xunta de Galicia. 167-190.
- Martín-González, F. (2009): Cenozoic tectonic activity in a Variscan basement: Evidence from geomorphological markers and structural mapping (NW Iberian Massif). *Geomorphology* 107, 210-225. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.12.008>
- Martín-González, F. y Heredia, N. (2010): Itinerarios geológicos por las estructuras Alpinas de El Bierzo, Ancares y El Caurel. En: Florido, P., and Rábano, I. Una visión

- multidisciplinar del patrimonio geológico y minero. *Cuadernos del Museo geominero* nº12. IGME, Madrid.
- Martín-González, F. y Heredia, N. (2011): Geometry, structures and evolution of the western termination of the Alpine-Pyrenean Orogen relief (NW Iberian Peninsula). *Journal of Iberian Geology* 37-2, 102-120. https://doi.org/10.5209/rev_JIGE.2011.v37.n2.1 .
- Martin-Serrano, A. (1982): El Terciario de Galicia: Significado y posición cronoestratigráfica de sus yacimientos de lignito. *Tecniterrae*, 48, 1-23.
- Martin-Serrano, Á., Mediavilla López, R. M. y Santisteban Navarro J. I. (1996): North-western Cainozoic record: present knowledge and the correlation problem. Peter Friend y Cristino Dabrio (Eds.): *Tertiary basins of Spain, the stratigraphic records of crustal kinematics*. 237-246. ISBN 0 521 46 1 7 1 5-
- Menéndez Blanco, A., González Álvarez, D., Álvarez Martínez, V. y Jiménez Chaparro, J. I. (2011): Nuevas evidencias de la presencia militar romana en el extremo occidental de la Cordillera Cantábrica. *Gallaecia*, 30, 145-165.
- Menéndez Blanco, A., Jiménez Chaparro, J. I., González Álvarez, D. y Álvarez Martínez, V. (2012): La conquista romana del Occidente Cantábrico: novedades arqueológicas. 339-346.
- Menéndez Blanco, A., González Álvarez, D., Álvarez Martínez, V. y Jiménez Chaparro, J. I. (2013): Campamentos romanos de campaña en el Occidente de Asturias. 245-251.
- Menéndez Blanco, A., González Álvarez, D. y Costa García, J. M. (2015): A Serra da Casiña (Valboa, León): un campamento romano en las montañas bercianas. *Revista Arkeogazte*, 5, 239-251. ISSN: 2174-856X.
- Milnes, A. R., Fitzpatrick, R.W. (1989): Titanium and zirconium minerals. En: Dixon JB, Weed SB, editors. *Minerals in Soil Environment*. Madison: Soil Sci Soc Am, 1131-1205.
- Moares Domínguez, C. (1997): Suelos policíclicos y su importancia en el estudio de la evolución edáfica en el NW peninsular. Tesis doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. Spain. Inédita.
- Muñoz Sobrino, C. (2001): Cambio climático y dinámica del paisaje en las montañas del noroeste de la Península Ibérica. Tesis doctoral. Departamento de. Botánica, Universidade de Santiago de Compostela.
- Muñoz Sobrino C., Ramil-Rego P., Gómez-Orellana L., Ferreiro J. y Díaz R. A. (2009): Climatic and human effects on the post-glacial dynamics of *Fagus sylvatica* L. in NW Iberia. *Plant Ecol*, 203, 317-340. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9552-5>.
- Orejas, A. y Ramallo, S. F. (2004): Carthago Nova: La ville et le territoire. *Recherches récentes, dans M. Clavel-Lévêque et G. Tirologos (éd.), De La Terre Au Ciel. II. Paysages Et Cadastres Antiques, Besançon*, 87-118.
- Orejas, A. y Sastre, I. (1999): Fiscalité et organization du territoire dans le nord-Ouest de la Péninsule Ibérique: ciuitates, tribut et ager mensura comprehensus, *Dialogues d'Histoire Ancienne*, 25. 1, 159-188
- Orejas, A., Sastre, I., Sánchez-Palencia, F.J. y Placido, D. (2000): El Edicto de Augusto del Bierzo y la primera organización romana del noroeste peninsular". En F.J. Sánchez-Palencia y J. Mangas (coords.), *El Edicto del Bierzo. Augusto y el Noroeste de Hispania, León (Fundación Las Médulas/Unión Fenosa)*, 63-112.

- Otero-Otero, M. (2016): Xeomorfoloxía e paisaxe nun espazo de montaña: sector lucense da Serra de Ancares. Tesis doctoral. Departamento de Xeografía. Universidade de Santiago de Compostela.
- Pagés, J. L., Hacar, M. P. y Alonso, A. (2001): Problemática de la Formación Las Médulas y sus implicaciones morfotectónicas (El Bierzo y SE de Galicia). *Geogaceta*, 30, 99-102.
- Parcero, C., Ayán, X., Fábrega, P. y Teira, A. (2007): Arqueología, paisaje y sociedad. En F.J. González García (ed.) *Los pueblos de la Galicia céltica*. Madrid: Akal. 131-258.
- Pérez-Alberti, A., Valcarcel, M. (1996): Geomorfología del valle glaciar de Balouta (Ancares leoneses-NW de la Península Ibérica). *Polígonos: Revista de Geografía*, 6, 157-163. <http://dx.doi.org/10.18002/pol.v0i6.1078>.
- Pérez-Estaun, A. (1978): Estratigrafía y estructura de la rama S. de la Zona Asturoccidental-leonesa. Vol. 92. IGME.
- Pitillas-Salañer E. P. (1998): Integración y promoción social de las poblaciones indígenas del noroeste hispánico dentro del esquema organizativo romano: ejército y minería. *Memorias de Historia Antigua XIX-XX*. 19-20.
- Pontevedra-Pombal, X. (2002): Turberas de montaña de Galicia. Génesis, propiedades y su aplicación como registros ambientales geoquímicos lucenses. Tesis doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. Spain.
- Pontevedra-Pombal, X., Mighall, T.M., Nóvoa-Muñoz, J.C., Peiteado-Varela, E., Rodríguez-Racedo, J., García-Rodeja, E. y Martínez-Cortizas, A. (2013): Five thousand years of atmospheric Ni, Zn, As, and Cd deposition recorded in bogs from NW Iberia: prehistoric and historic anthropogenic contributions. *Journal of Archaeological Science*, 40, 764–777. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.07.010>.
- Pontevedra-Pombal, X., Castro, D., Souto, M., Fraga, I., Blake, W.H., Blaauw, M., López-Sáez, J.A., Pérez-Díaz, S., Valcárcel, M. y García-Rodeja, E. (2018): 10,000 years of climate control over carbon accumulation in an Iberian bog (southwestern Europe). *Geoscience Frontiers*, 10, 1521-1533. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.09.014>
- Radbruch-Hall, D. H. (1978). Gravitational creep of rock masses on slopes. In *Developments in Geotechnical Engineering*. Elsevier, 14, 607-657.
- Reher, G. S., López-Merino, L., Sánchez-Palencia, F. J. y López-Sáez, J. A. (2012): Configuring the landscape: Roman mining in the conventus Asturum (NW Hispania). En: Kluiving S.J. and Guttmann-Bond E.B. (Eds.); *Landscape Archaeology between Art and Science: From a Multi- to an Interdisciplinary Approach*. Amsterdam University Press (Landscape y Heritage Proceedings), Amsterdam, pp. 125–134.
- Sánchez-Palencia Ramos, F. J. (2000): *Las Médulas (León). Un paisaje cultural en la Asturia Augustana*. León: Instituto Leonés de Cultura.
- Sánchez-Palencia, F.J., Orejas, A., Sastre, I. y Pérez, L.C. (2006): Las zonas mineras romanas del noroeste peninsular. Infraestructuras y organización dl territorio. *Nuevos Elementos de Ingeniería Romana*. III Congreso de las Obras Públicas Romanas. Astorga. Juna de Castilla y León. Colegio de Ingenieros T. de O. P. TRAIANVS. 265-285.
- Santanach, P. (1994): Las cuencas terciarias gallegas en la terminación occidental de los relieves pirenaicos. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 19, 57-72. <http://hdl.handle.net/2183/6167>.

- Santanach, P., Baltuille, J. M., Cabrera, L., Monge, C., Sáez, A., y Vidal-Romaní, J. R. (1988): Cuencas terciarias gallegas relacionadas con corredores de fallas direccionales. Simposios II Congr. Geol. España (Granada), 123-133.
- Sastre, I. y Sánchez-Palencia, F. J. (2002): La red hidráulica de las minas de oro hispanas: aspectos jurídicos, administrativos y políticos. *Archivo español de arqueología*, 75(185-186), 215-233.
- Taboada T, Martínez-Cortizas S, García C. y García-Rodeja E. (2006): Particle-size fractionation of titanium and zirconium during weathering and pedogenesis of granitic rocks in NW Spain. *Geoderma*, 131, 218–236.
- Tabor, R.W. (1971): Origin of ridge-top depressions by large-scale creep in the Olympic Mountains, Washington. *Geological Society of America Bulletin*, 82.7, 1811-1822.
- USGS (2004): *Landslide Types and Processes*. Disponible en <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>. Consultado el 28 marzo de 2019.
- Valcarcel, M. (1998): Evolución geomorfológica y dinámica de las vertientes en el NE de Galicia. Importancia de los procesos de origen frío en un sector de las montañas lucenses. Tesis doctoral. Departamento de Xeografía. Universidade de Santiago de Compostela.
- Valcarcel, M. y Pérez-Alberti, A. (2002): La glaciación finpleistocena en el sector noroccidental de las montañas leonesas: la Sierra de los Ancares. En *El modelado de origen glaciario en las montañas leonesas* (pp. 67-102). Servicio de Publicaciones.
- Vázquez Varela, J.M. (1986): Dieta real y dieta imaginaria. En Bermejo Barrera, J.C. (ed.): *Mitología y mitos de la Hispania Prerromana*. Madrid: Akal, 2, 231-9.
- Vázquez Varela, J.M. (1988): La economía de los pueblos prerromanos de Hispania según los testimonios palinológicos. En *I Congreso Península de Historia Antigua*, Santiago de Compostela, 2, 291-8.
- Vázquez Varela, J.M. (1994): El cultivo del mijo (*Panicum miliaceum*) en la Cultura Castreña en el Noroeste de la Península Ibérica. *Cuadernos de Estudios Gallegos*, Santiago de Compostela, 41, 65-73.
- Vázquez Varela, J. M., Vázquez-Rodríguez, A. L. y Valcarcel, M. (2016): Estudio etnoarqueológico de la evolución de un hábitat estacional de alta montaña en Lugo (Galicia, España). *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 34, 405-420.
- Vergnolle, C. (1990): Morphogenese des reliefs cotiers associés à la marge continentale nord-espagnole: l'exemple du nord-est de la Gâlice. *Serie Nova Terra*. N° 1. O Castro, A Coruña.
- Villa, A., Francisco J. y Alföldy, G. (2005): Noticia del hallazgo de un epígrafe altoimperial en el lugar de Pelou, Grandas de Salime. *Archivo Español de Arqueología*, 78, 191-192.
- White A. F. (1995): Chemical weathering rates of silicate minerals in soil. En: White AF, Brantley SL (eds.): *Chemical Weathering Rates of Silicate Minerals in Soil*. 1st ed. Washington: *Reviews in Mineralogy*, vol. 13. Mineralogical Society of America, 407-61. <https://doi.org/10.5194/bg-2019-38>

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer especialmente los comentarios y asesoramiento en lo referente a la historia del Impero Romano en NW de la Península, de nuestro compañero el Profesor Caamaño Gesto, y quisieran rendir un sentido homenaje póstumo a su figura como investigador y docente en la Universidad de Santiago de Compostela (DEP).