

A paisaxe protexida dos Penedos de Pasarela e Traba (Costa da Morte, Galicia)

Augusto Pérez-Alberti

Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola. Universidade de Santiago de Compostela. Facultade de Bioloxía. Campus Universitario Sur. 15782 Santiago de Compostela. augustoperezalberti@gmail.com.

O macizo granítico de Pasarela e Traba atópase na Costa da Morte (Galicia, NO de España) e presenta unha disposición Norte-Sur. Na zona predomina a granodiorita biotítica de idade hercínica tardía, cuxo mineral principal é o feldespato rico en potasio. Trátase dun material granítico de grande uniformidade e grao grosso, que o distingue dos granitos de dúas micas que aparecen máis cara o leste. O lugar oficialmente chamado Penedos de Pasarela e Traba foi declarado o 12 de xaneiro de 2009 como paisaxe protexida pola Xunta de Galicia.

Para a presente investigación creouse un modelo dixital de elevacións (MDE) de 2 metros de resolución. A partir deste e con ortofotografías cunha resolución espacial de 15 cm construíronse mapas de pendentes e debuxáronse 7.038 polígonos con límites moi variados e 1.785 liñas de fractura. Obtívose a superficie das primeiras e coas segundas elaborouse un mapa de densidade de fracturación. Todo iso, xunto co traballo de campo, permitiu identificar e xeolocalizar 92 xeofomas singulares con deseños xeométricos, antropomórficos ou zoomórficos que fan dos Penedos un lugar de importancia internacional.

Palabras chave: Galicia, Península Ibérica, xeomorfoloxía granítica, Penedos de Pasarela.

The protected landscape of Penedos de Pasarela and Traba (Costa da Morte, Galicia)

The granite massif of Pasarela and Traba is located in Costa da Morte (Galicia, NW Spain) and their orientation is North-South. This area is dominated by biotite granodiorite, of late hercynic age, whose main mineral is the feldspar rich in potassium. This is a granite material with a great uniformity and coarse grain, which distinguishes it from two mica granites that appear further east. The officially called Penedos de Pasarela e Traba was declared as protected landscape on January 12, 2009, by the autonomous government of Galicia.

For the present investigation, a 2-meter resolution Digital Elevation Model has been created. From this data and with the 15 cm of spatial resolution orthophotographs, slope maps have been constructed and 7,038 polygons with very varied limits and 1,785 fracture lines have been drawn. The surface area of the first ones has been obtained and with the second ones a fracture density map has been elaborated. All of this and the fieldwork surveys, has made it possible to identify and geolocate 92 singular geofoms with geometric, anthropomorphic or zoomorphic designs that make the Penedos a place of international importance.

Keywords: Galicia, Iberian Peninsula, granitic geomorphology, Penedos de Pasarela.

Os Penedos de Pasarela e Traba están situados na Costa da Morte dentro da provincia da Coruña (Fig. 1) a cabalo entre os concellos de Laxe, ao norte, e Vimianzo, ao sur. Pola súa singularidade e valor foron declarados Paisaxe Protexida pola Xunta de Galicia o 12 de xaneiro de 2009, tal como aparece reflectido no decreto do Diario Oficial de Galicia do 11 de decembro. O espazo que abrangue unha superficie 212 ha debuxa un espazo alongado que se estira uns 2,5 km de norte a sur

e uns 900 m de leste a oeste. A súa elevación máxima acadada os 274 m na Torre da Moa.

Litolóxicamente (Fig. 2) no sector (IGME, 1979) dominan as granodioritas que cara o leste entran en contacto cos granitos de dúas micas. Trátase dunha granodiorita biotítica de idade tardihercínica pertencente ao nomeado como Macizo de Traba, que presenta unha grande uniformidade, cunha estrutura granuda tendente á porfídica, e na que o mineral dominante é

o feldepató potásico que presenta unha cor rosada ou branca, segundo os sectores, e na que son abundosas as veas de plaxioclasa. A súa idade, segundo Priem et al. (1965), é de 274 ± 11 millóns de anos.

Climáticamente a área (Martínez Cortizas e Pérez Alberti, 1999) está dentro do dominio ombrotérmico quente e húmido, caracterizado por valores que superan os 14°C de temperatura media anual e entre os 1200mm-1400mm de precipitacións. A cuberta vexetal está moi transformada por mor das plantacións de coníferas e polos incendios reiterados ao longo do tempo. Entre as especies arbóreas autóctonas visibles é de destacar o carballo, *Quercus robur*, mentres que no mato domina a *Erica ciliaris* e o toxo, *Ulex europaeus*. Pola súa parte, en pequenas depresións alveolares nas que se concentra unha maior humidade, é abundante a *Erica tetralix*.

As paisaxes rochosas, as que denominamos

litopaisaxes no seu intre no caso de Galicia (Pérez Alberti et al., 2014) son das máis espectaculares que se poden admirar en calquera lugar do mundo. Entre elas destacan as modeladas sobre rochas graníticas que foron obxecto de numerosos estudos por autores diversos. Pódense citar, por vía de exemplo, as publicacións que versan a nivel xeral (Vidal Romaní e Twidale, 1998; Twidale, 2012; Migoñ, 2021), ou as que se centran en lugares concretos, caso de Australia (Centeno e Twidale, 1988; Campbell, 1997; Withers, 2000); USA (Bezy, 1998); Escocia (Hall e Phillips, 2006); Namibia (Migoñ e Goudie, 2003); Singapur (Migoñ e Prokop, 2013); Francia (Fort e Andre, 2013); Brasil (Maia et al., 2015; Maia e Nascimento, 2018); Austria (Michniewicz et al., 2015); Suecia (Johansson et al., 2001) ou Portugal (Vieira e Cunha, 2002; Vieira, 2007, 2008, 2010; Migoñ e Vieira, 2014; Pereira et al., 2007; Pereira e Pereira, 2020). No caso español destacan as que describen as formas graníticas do Sistema Central (Pedraza Gilsanz, 1989; Pedraza Gilsanz et al., 1989); as de Extremadura (Amelia, 1984) ou as de Catalunya (Vilaplana,

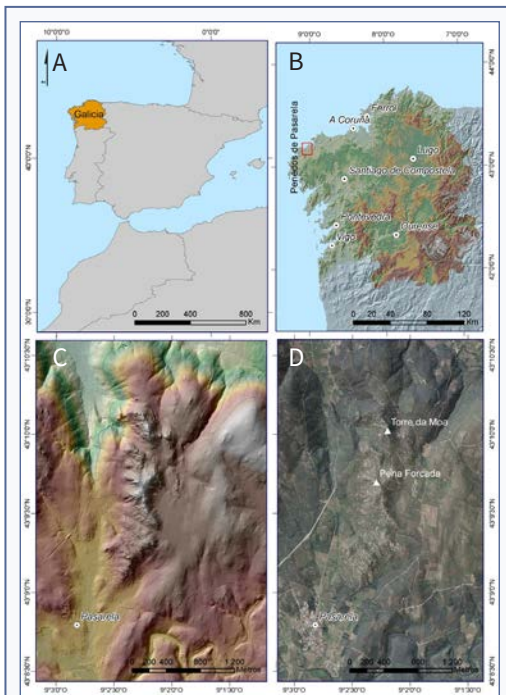


FIGURA 1. Situación da área de estudo. **A:** localización de Galicia no contexto peninsular; **B:** a zona analizada no contexto galego; **C:** mapa hipsométrico da zona de estudo; e **D:** ortofotografía aérea do ano 2010 do sector de Pasarela (IGN, 2010).

Study area location. **A:** Galicia location in the Iberian Peninsula context; **B:** analyzed sector in the galician context; **C:** hypsometric map of study area; and **D:** orthophotography of Pasarela sector in 2010 (IGN, 2010)

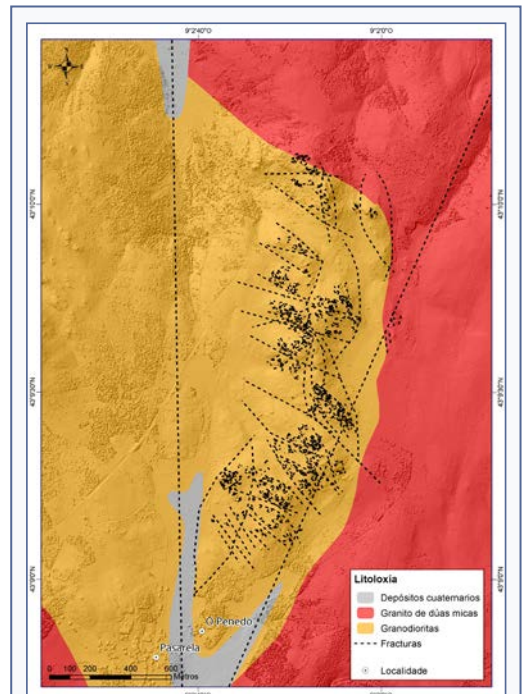


FIGURA 2. Mapa litolóxico. Modificado a partir dos datos do Instituto Geológico y Minero de España (IGME, 1979).

Lithological map. Modified from Instituto Geológico y Minero de España (IGME, 1979).

1987; Buxó, e Pau, 1994; Roqué e Pallí, 1996; Pallí e Buxó, 1996). En Galicia hai que citar especialmente os traballos de Vidal Romani, 1985, 1989; Vidal Romani e Twidale, 1998; Vidal Romani e Yepes, 2004; de Uña, 1997, 1988; de Uña et al., 2012; Pérez Alberti, 1990 ou Pérez Alberti e Guitián Rivera, 1992.

Materiais e metodoloxía

Os resultados que se expoñen a continuación son froito, por unha banda, dun intenso estudo de campo e doutro de gabinete. Neste caso a investigación centrouse na análise de MDEs e ortofotografías empregando diferentes ferramentas do programa ArcGis 10.8.1 (licenza USC) co obxectivo de entendelas razóns da xénese e distribución das xeofomas graníticas. O resumo dos materiais empregados e dos procesos levados a cabo recóllese na Táboa 1.

O traballo de campo permitiu identificar as xeofomas máis singulares polo seu aspecto antropomorfo, zoomorfo ou multiforme. Leváronse a cabo distintas campañas desde unha primeira feita en 2009 (Pérez Alberti e López Bedoya, 2009) ata a máis máis recente de 2022. Neste último caso empregouse un GPS Stonex S7-S de precisión submétrica para poder situar as xeofomas máis singulares. Hai que sinalar que o traballo viuse favorecido pola catalogación levada cabo por Lema e Mouzo (2012) que ademais foron quen de pórllles nome as formas. A este respecto hai que indicar

que as denominacións propostas varían nalgúns casos para unha mesma figura do mesmo xeito que a percepción de moitas delas muda en función da perspectiva desde a que se observen.

O papel da tectónica e dos procesos de meteorización na xénese das xeofomas

A análises do MDE permitiu debuxar con precisión todo os sistemas de fracturas visibles ata a escala xa citada de 1:100. En total foron trazadas 1786 liñas que permitiron vela a súa distribución e configuración (Fig. 3A) e elaborar de xeito preciso unha rosa de orientacións dominantes, na que destacan as máis longas (Fig. 3B) e outra na que están incluídas tan só as fracturas de menos de 10 m de lonxitude, que nos permite coñecer dun xeito máis exacto tanto o modelado de detalle (Fig. 3C), así como o mapa de densidades de fracturación. Na primeira, Fig. 2, vese, por unha banda, como se alonga cunha dirección N-S unha gran fractura que xera o corredor que delimita os Penedos polo oeste. Polo leste no modelo dixital óllase outra que leva a dirección NNE-SSO. As dúas conflúen no sector de O Penedo-Pasarela. Ao ampliar a escala nótase como entre as dúas grandes discontinuidades aparece un conxunto de formas sigmoides ben delimitadas que, a súa vez, frágmentanse en numerosos anacos marcados por multitude de fracturas de menor tamaño que, vistas en detalle reproducen de xeito fractal esa fragmentación

Material	Fonte	Proceso	Escala de deseño	Resultado	Formato
Arquivos LAS (2010, 2015)	Xunta de Galicia e IGN	Construción de modelos dixitais de elevación e de superficie.	1:100	Deseño do mapa de fracturas. Elaboración do mapa de pendentes	Raster
Ortofotografías (2010 e 2020)	IGN	Delimitación da rede de fracturas.	1:100	Mapa de fracturas.	Vectorial (1785 liñas)
		Delimitación de xeofomas		Mapa de densidade de fracturación.	Raster
		Situación de xeofomas singulares	1:100	Mapa de xeofomas	Vectorial (7038 polígonos)
				Mapa de superficie da xeofomas	
				Mapa de xeofomas singulares.	Vectorial (92 puntos)

TÁBOA 1. Materiais, procesos e resultados levados a cabo na investigación.

Used information, processes and results obtained in this research.

sigmoidal. A este sistema de fracturación, que podemos denominar vertical e que é posible observar desde unha perspectiva cenital, hai que engadirlle outro conxunto de fracturas e diaclasas horizontais ou sub-horizontais paralelas a superficie do terreo, xeralmente de perfil curvo, que están asociadas a procesos relacionados en parte coa xénese do plutón granítico e a súa posterior exhumación aínda que exista discusión en canto a como se formaron e cal é o seu rol (Twidale, 1973; Twidale eSved, 1978; Vidal Romani e Twidale, 2000; Johansson et al., 2001).

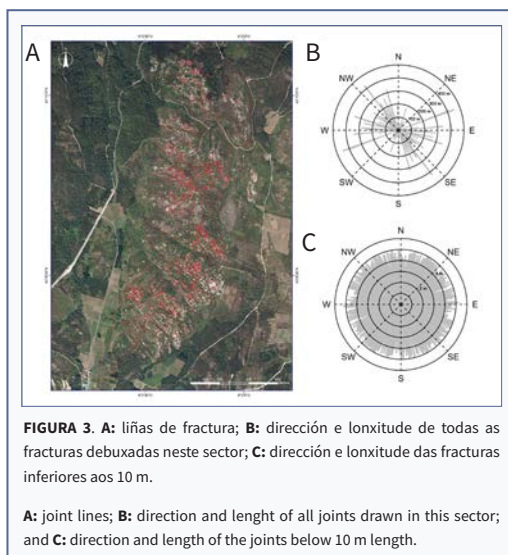
Esta combinación de fracturas con direccións e curvaturas diferentes, que tivo sen dúbida un papel esencial na delimitación das xeformas graníticas, foi o resultado da longa evolución xeotectónica de Galicia na que entraron en xogo tres feitos a destacar: as oroxenias Varisca (ou Herciniana) e a Alpina, desenvolvidas por mor de procesos de converxencia de placas tectónicas e dos conseguintes movementos intraplacas, e a apertura do Atlántico, por mor dunha fase de diverxencia. Durante a primeira, que se produciu ao final do Paleozoico, entre finais do Devónico e mediados del Pérmico e que foi estudiaada por diferentes autores, dun xeito especial por Matte (1968), Parga (1969), Capdevilla e Floor (1970) ou Boillot et al. (1974), a fase máis importante, desde o punto de vista xeomorfolóxico, semella ter sido a final. Nesas ínteres o territorio galego fragmentouse en numerosas parcelas limitadas por unha serie de fracturas conxugadas NE-SO, con

direccións que oscilan arredor dos 50°N cun desprazamento horizontal do bloque suroeste cara o nordeste (Parga Peinador, 1969).

A apertura do Atlántico, máis tamén do Cantábrico, hai que vencellala coa existencia de dous *rifts* (zonas da codia terrestre nas que se está a producir unha diverxencia de dúas placas tectónicas), un situado no actual Golfo de Vizcaya e outro separando a Península de América do Norte, que marcaron o inicio da etapa fundamental da xénese do Atlántico. Segundo os estudos realizados por Vanney et al. (1979), a inicios do Mesozoico comezou unha fase de *rifting*, é dicir de separación dos continentes que, como xa ten dito Pannekoek (1966) deu lugar a toda unha intensa rede de fracturación con dirección N-S visible, por vía de exemplo, na chamada depresión meridiana que se alonga preto da costa entre os lugares de Baldaio ao norte e Tui ao sur, máis tamén noutras paralelas a ela.

Durante a oroxénese Alpina (De Vicente e Vegas, 2009) a converxencia das placas Eurasia-Africa seguiu unha dirección compresiva de norte a sur, que se produciu ao longo da fronteira cantábrico-pirenaica durante el Eoceno-Mioceno inferior, reactiváronse dúas cinturas de desligamento lateral esquerdo con direccións NNE-SSO (Martín-González, 2009) que afectaron aos sectores intraplacas xerando non só liñas de debilidade senón tamén favorecendo a xénese de formas sigmoides que marcan o deseño de moitos sectores do terreo a modo de cascos de barcos, e que se repiten de xeito reiterativo a diferentes escalas espaciais.

As características da rocha, é dicir a súa composición mineral, a súa textura e a densidade de fragmentación por mor de diaclasas e fracturas, inflúen sen dúbida na velocidade de meteorización. Os granitos, ao estar compostos por cristais entrelazados de cuarzo, feldspato e mica, si é fresco ten unha baixa porosidade e permeabilidade; por contra si está fracturado é máis permeable porque a auga penetra na rocha ao longo das discontinuidades que se producen a diferentes escalas, desde as micro-gretas dentro dos minerais ata as que poden acadar centos de metros cando non quilómetros de lonxitude. A consecuencia diso, as rochas que están moi fracturadas son máis susceptibles á meteorización que aquelas nas que as fracturas están ausentes, moi separadas ou fortemente pechadas (Campbell, 1997), Segundo Ehlen (1999, 2002) non só se dan diferencias estatisticamente significativas nas separacións medias



das fracturas e nas lonxitudes medias das trazas co aumento da meteorización, senón que o seu aspecto tamén cambia a medida que avanza aquela. Non cabe dúbida, pois, de que existe un claro control estrutural na evolución das paisaxes graníticas (Migoñ, 2004; Pérez Alberti e Blanco Chao, 2005).

Así pois, os granitos son rochas que nas latitudes

medias nas que está situada Galicia, resisten ben a acción das correntes de auga ou das ondas do mar. Sen embargo esta resistencia ás acción mecánicas vese alterada nestas discontinuidades que xeran liñas de debilidade que se convierten en camiños polos que avanza a meteorización. A súa eficacia medra co aumento das temperaturas e das precipitacións, dado que se

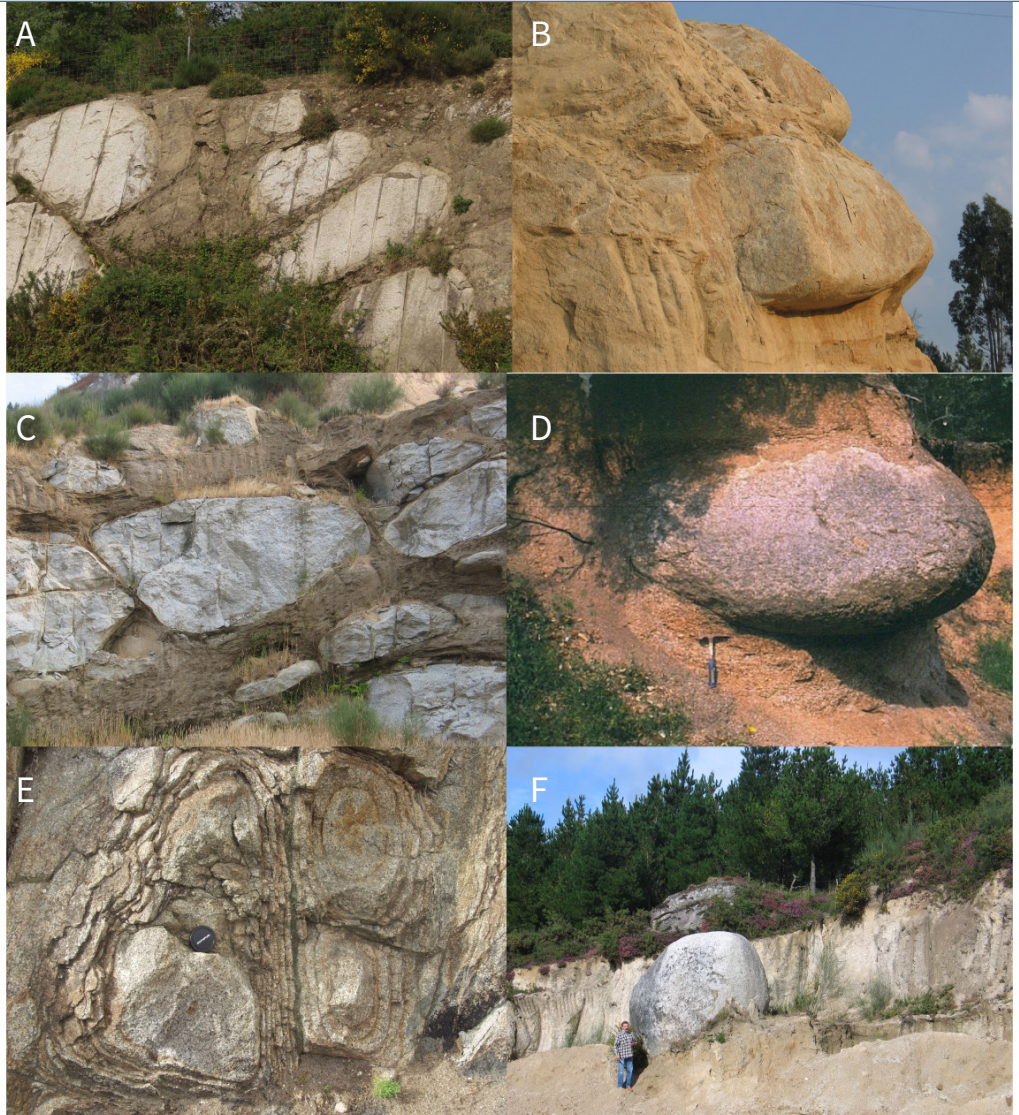


FIGURA 4. Exemplos da meteorización do granito en profundidade: **A:** Contorna da cidade de Lugo; **B e C:** Contorna da cidade de Vilagarcía de Arousa (A Coruña); **D e F:** Macizo de Manzaneda (Ourense); **E:** Estaca de Bares (A Coruña).

Examples of granite weathering in depth: **A:** around Lugo city; **B:** and **C:** around Vilagarcía de Arousa (A Coruña); **D and F:** Manzaneda Massif (Ourense); **E:** Estaca de Bares (A Coruña).

aceleran as reaccións químicas, de xeito especial a *hidrólise* que consiste na alteración das micas, feldspatos e cuarzos, o que leva consigo o lavado da sílice e das bases, xerando minerais arxilosos e unha concentración de residuos metálicos en forma de hidróxidos. Así aparecen materiais de xabre ricos en arxila como é a caolinita.

Hai que salientar que en Galicia as condicións climáticas non se mantiveron estables ao longo da historia xeolóxica o que condicionou a evolución das formas graníticas, dado que os procesos de alteración da rocha non son os mesmos baixo as actuais condicións climáticas temperadas, que as que dominaron no pasado. Non se debe esquecer que durante o Cenozoico o territorio galego permaneceu baixo condicións climáticas tropicais, caracterizadas por fortes choivas e temperaturas elevadas, e polo tanto cunha gran humidade ambiental (Macías-García et al., 2007). Estas condicións favorecerían sen dúbida a formación de grandes mantos de alteración, os chamados sábrigos ou xabres en galego, moi evolucionados. No caso dos Penedos de Pasarela non existen cortes que permitan ollar a evolución en profundidade do macizo granítico agás a fronte de explotación dunha canteira no sector do Barco. Sen embargo sí que foi posible ver perfís abertos noutros lugares de Galicia, caso da contorna de Lugo, na autovía A6 (Fig. 4A); na contorna de Vilagarcía de Arousa (A Coruña) (Fig. 4B e C); no Macizo de Manzaneda (Ourense) (Fig. 4D e F) ou en Estaca de Bares (Fig. 4E). Nestes lugares óllase con claridade como a fronte de alteración é diferencial provocando a presenza de núcleos de rochas sen alterar en medio do sábrigo. Polo xeral trátase de formas redondeadas que saen a luz cando desaparece por erosión o material que as envolve.

Nestes casos é evidente que hai formas que se xeran en profundidade e afloran posteriormente en superficie. Sen embargo na actualidade pódense ollar en diferentes lugares de Galicia, mais tamén nos Penedos, microformas superficiais, caso de pías ou de acanaladuras que se formaron en superficie e seguen a evolucionar. A alta humidade ambiental facilita a acumulación ou fluxo de auga que favorece a hidrólise e o avance da meteorización. Incluso aparecen en diferentes fases de desenvolvemento en bloques que forman parte de antigas moreas glaciares depositadas durante a última fase glacial ou de coidos de diferentes idades e que presentan graos de feldspato ou cuarzo desagregados

no seu interior o que é indicativo de procesos actuais, non herdados.

Outro aspecto a ter en conta é como na actualidade se está a producir un avance da alteración a partir das diaclasas tanto verticais como horizontais. Neste caso en moitos lugares, dun xeito especial da costa da Coruña, caso da Punta do Couso en Corrubedo, o monte Louro, en Muros, na contorna do castro de Baroña, en Porto do Son ou en Camariñas, vense formas estreitas e alongadas amoreadas en paralelo á superficie do terreo separadas por xanelas abertas que permiten ver tamén a desagregación granular nas súas caras inferiores e a escamación en laminas na superficie.

Temos pois que a combinación do avance da meteorización seguindo planos horizontais e verticais xunto co “furado” circular e progresivo das pías deu lugar a multitude de combinacións que xeraron un amplo mosaico de xeofomas abstractas, multiformes, antropomórficas ou zoomórficas que no caso dos Penedos adquiren unha riqueza excepcional.

As investigación levadas a cabo noutros macizos graníticos con presenza de xeofomas singulares, caso da costa de Camariñas ou da Ría de Arousa, na Coruña, e no Cabo Udra, ou San Vicente do Mar, en Pontevedra, e no Macizo de Manzaneda e Pena Corneira, en Ourense ou na Serra de Ancares, en Lugo, permitiu ollar formas redondeadas ou pías máis non xeometrías como as dos Penedos o que parece indicar que aquelas foron resultado da alteración subsuperficial condicionada sen dúbida por factores xenéticos asociados a propia intrusión magmática, tal é a disxunción en bolos, máis outras son o resultado de procesos subaéreos. E, todas elas seguen a evolucionar no tempo.

Resultados

O traballo de campo permitiu identificar 92 xeofomas singulares polo seu deseño (Fig. 5 e Táboa 2). A bo seguro que a cantidade é maior. Sen embargo, trátase dunha cifra que pode mudar co tempo dado que o obxectivo é seguir analizando máis polo miúdo o terreo para ser quen de poder mellorar a cartografía das formas existentes.

O mapa de pendentes (Fig. 6) permite ollar a configuración topográfica do macizo. Si se analiza de vagar vese con claridade que a gran fractura N-S que se alonga desde Socasas, ao norte, e Pasarela, ao sur non só é un límite xeolóxico senón un elemento claro para explicar

a presenza dun corredor descontinuo no que se encaidean tres sectores ben definidos e nos que dominan pendentes diferenciadas. Un primeiro, máis aberto, que se estende entre Socasas e Foxiños e un segundo se alonga ao norte de Pasarela. Nos dous dominan na parte baixa pendentes inferiores a 4°. Entre eles aparece o terceiro, caracterizado por un estreitamento que se adapta á liña de fractura dun xeito nidio, con pendentes que superan os 16° e incluso os 32°. Polo leste o límite é

mais descontinuo aínda que, ao norte e ao sur da Torre da Moa, vese tamén de xeito nidio o control tectónico e dicir, a estreita relación entre facturación e topografía. Neste caso materializada en corredores estreitos que se abren cara o noroeste e o nordés, ao norte da Torre da Moa, mentres que polo leste aparece un amplo alveolo circular. Este encadeamento de cristas e corredores vese moi ben analizando o sombreado do MDE (Fig. 7).

Se se fai un corte perpendicular ás cristas e aos

Nome das xeiformas singulares		
1 A Agüa	32 Forma abstracta 5	63 Indio
2 Anta	33 Forma abstracta 6	64 Lebre
3 Bolo 1	34 Forma abstracta 7	65 Lesma
4 Bolo 2	35 As Cascudas	66 Miradoiro Atalaia
5 Bolo 3	36 Balea	67 Multiforme/Cara/Caveira
6 Bolo 4	37 Pedra cabaleira 1	68 O Berrón
7 Bolo 5	38 Cabeza de Lagarto/Gárgola da Moa	69 O Camelo
8 Bolo 6	39 Cabezón/Monolito	70 O Cantor
9 Bolo 8	40 Cachalote	71 O Coloso
10 Bolo 9	41 Cachalotes	72 O Fígado
11 Bolo sobre dorso de balea	42 Caveira 1	73 O Gardián
12 Can da Cachucha	43 Caveira 2	74 O Magrebí
13 Escaravello	44 Can	75 O Mocasín
14 Iguana	45 Can Enfurruñado/ O Porco	76 O Pensador
15 Lagartos	46 Capela dos Mouros	77 O Sauro
16 O bico	47 Cascudas	78 O Tiburón e Man
17 Orante	48 Celludo	79 Pallaso triste
18 A Osa ou Zafra	49 Cobi	80 Paxariño
19 Paxariño	50 Coello	81 Pedra cabaleira 2
20 Pedra partida	51 Cova dos Mouros	82 Pedra cabaleira 3
21 Porco	52 Cría de Ra	83 Pedra de abalar
22 A Boina	53 Donicela	84 Pedra do Barco
23 A Cachucha	54 Dinosaurio 1	85 Pedra Grande das Milleiras
24 A Dama do vento/A Esfinxe	55 Dinosaurio 2	86 Peixe
25 A Galla	56 Dinosaurio 3	87 Sapoconcho
26 A Man/O Paxaro	57 Dorso de balea	88 Tartaruga 1
27 A Osa	58 Falo	89 Tartaruga 2
28 Forma abstracta 1	59 Gadoupa	90 Tartaruga da Forcada
29 Forma abstracta 2	60 Galla da Pena Forcada	91 A Torre da Moa
30 Forma abstracta 3	61 Gárgola	92 Trono
31 Forma abstracta 4	62 Hipopótamo	

TÁBOA 2. Nome das xeiformas singulares.

Name of singular geoforms.

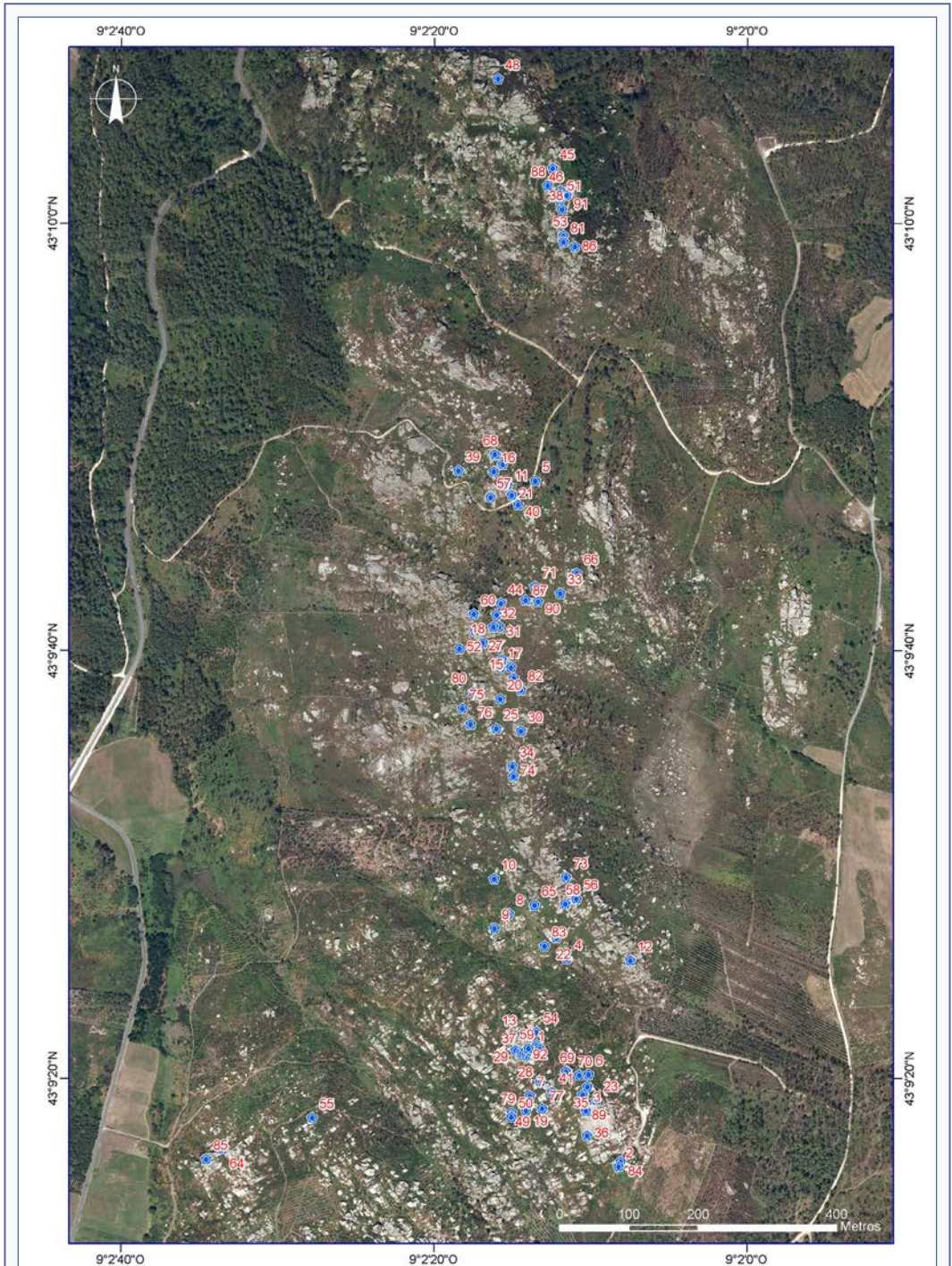


FIGURA 5: Xeoformas singulares.

Singular geofoms.

corredores vense os contrastes entre as formas en relación ao seu emprazamento. Nas partes altas das primeiras soen dominar formas máis masivas marcadas de xeito nido polas fracturas. En ocasión aparecen túneles abertos con paredes totalmente verticais. E o caso da denominada Cova dos Mouros, aos pes da Torre da Moa. Si se descende cara os corredores comezan a aparecer formas illadas e máis redondeadas como domos, dorsos de balea ou bolos. Entre elas xorde toda unha ampla gama de formas variadas con deseños diferentes en función da ampla posibilidade de combinacións entre os diferentes sistemas de fracturación (Fig. 8). Aquí convén salientar como a maior distancia entre as liñas de fractura, maior tamaño das formas; a menor, formas mais pequenas. Ao dominio da verticalidade, presenza de paredes verticais; cando a densidade de discontinuidades horizontais é maior xorde todo un conxunto de formas desde pedras cabaleiras a disco-dais; desde bloques rectangulares erguidos a outros emprazados en paralelo ao chan. Ampliando a escala aparecen formas menores, caso de pías ou acanaladuras (Fig. 9).

A análise pormenorizada do mapa de densidade de fracturación (Fig. 10) axudou a ver como a rede de fracturación é visible nos sectores convexos, nas cristas, mentres que non se pode seguir nas partes baixas das abas e nos sectores cóncavos, os corredores ou depresións alongadas ou alveolos circulares, dado que a

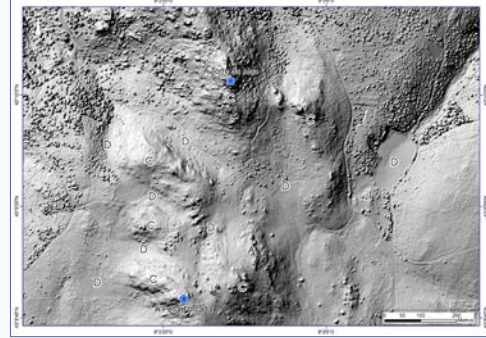


FIGURA 7. Encadeamento de cristas (C) e corredores ou alveolos (D) no sector que se alonxa entre A Torre da Moa e A Pena Forcada.

Chain of ridges (C) and corridors or alveole (D) in the sector between The Torre da Moa and The Pena Forcada.

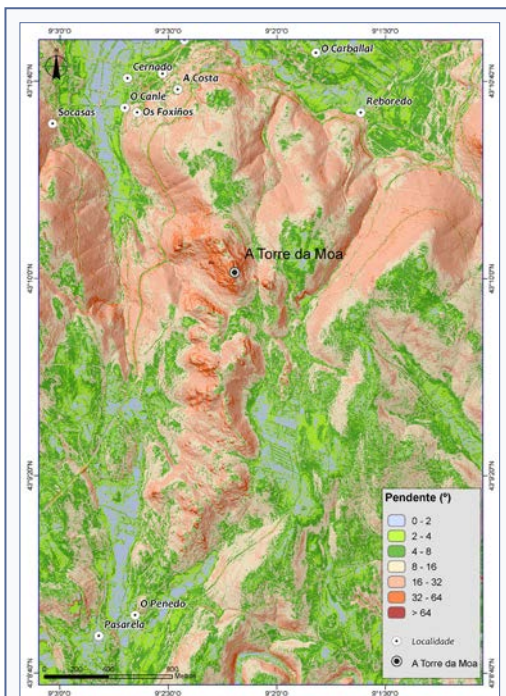


FIGURA 6. Mapa de pendentes.

Slope map.

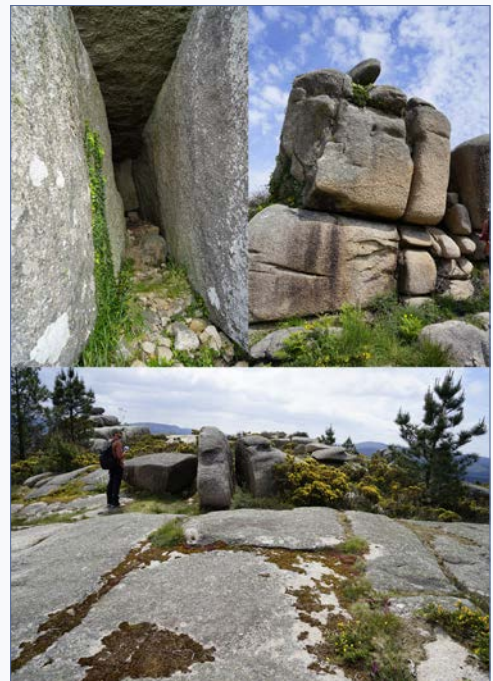


FIGURA 8. Formas condicionadas polo sistema de fracturas verticais e horizontais.

Forms conditioned by the horizontal and vertical joint system.

presenza dos restos da capa de alteración ou os sedimentos removidos agóchana. Sen embargo o mapa de densidades hai que velo con sumo coidado porque pode levar a pensar que só existen fracturas nas cristas e non nas áreas cóncavas cousa que non é exacta. Se fósemos quen de abrir catas profundas veríamos que volven a ser visibles na rocha fresca alí onde non chegou a intensa meteorización. Sen embargo, a bo seguro que a rede é máis extensa e a distancia entre elas é menor e o grao de cizalla maior o que explica unha maior intensidade na meteorización. O dato importante é que nos macizos graníticos hai procesos diferenciais tanto de meteorización como de erosión polo que é lóxico que existan diferenzas morfolóxicas. Nelas tamén tivo que influír sen dúbida a configuración da intrusión magmática.

Por outra parte, a escala do mapa empregada para a figura só permite ver as densidades inferiores a $6,10 \text{ m}^2$. As superiores son visibles cando se fai zoom para un maior detalle. Por iso non é raro que, cando se extraen os valores para cada unha das xeofomas singulares, aparezan datos superiores por riba daquela cifra. Así 31 delas están situadas nos sectores con densidades superiores a $9,29 \text{ m}^2$, 27 na de menor de 4 m^2 , 64

e 15 na que abrangue entre $4,69$ e $9,28 \text{ m}^2$.

En canto ao tamaño das xeofomas hai que sinalar que para coñecer o seu volume con precisión sería necesario levar a cabo un traballo de medición individualizada que se escapaba ás posibilidades desta investigación. Por iso optouse por calcular a superficie en metros cadrados que ocupa cada unha delas. Para iso calculouse so a superficie das 7.038 que se cartografaron. Posteriormente clasificáronse en sete grupos como se pode ver na Fig. 11. Os datos amosan que 4.489 están dentro do primeiro grupo, de menos de 10 m^2 : 2023, no de entre 10 e 50; 334, no de 50 a 100; 127 entre o de 100 e 200; 34 no de entre 200 e 300; 20 no de 300 a 600 e 11 no de maiores de 600 m^2 .

No caso das xeofomas singulares os datos indican que 16 teñen menos de 10 m^2 ; 44 están no grupo de entre 10 e 50 m^2 ; 13 no de 50 a 100 m^2 ; 7 no de 100 a 200 m^2 ; 8 no de 200 a 300 m^2 ; 2 no de 300 a 600 m^2 e outros 2 superan os 600 m^2 . É o caso da xeoforma da Balea que acada $1.629,56 \text{ m}^2$ ou a da Pena Forcada que ten unha superficie de $616,75 \text{ m}^2$. A da Torre da Moa acada $345,44 \text{ m}^2$, O Coloso, 225 m^2 ; O Fígado $189,83 \text{ m}^2$; O Barco, $142,68 \text{ m}^2$; 132,84 m^2 ; O Pensador $87,88 \text{ m}^2$; a Cachucha $44,87 \text{ m}^2$ ou

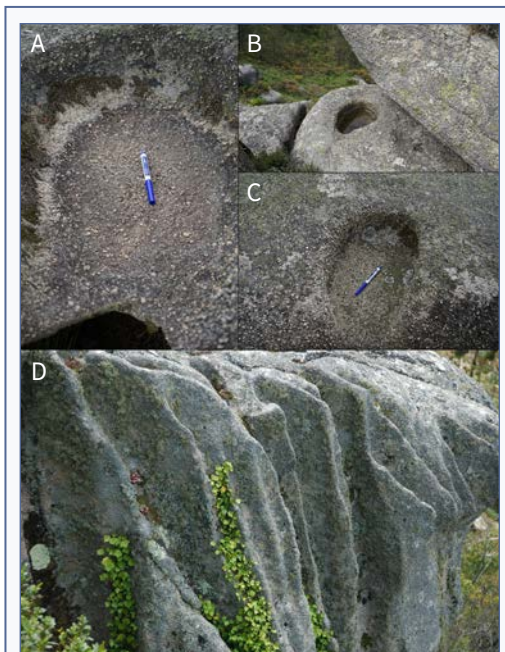


FIGURA 9. Microformas: A, B e C: pías; D: acanaladuras.

Microforms: A, B and C: pothole; D: grooves.

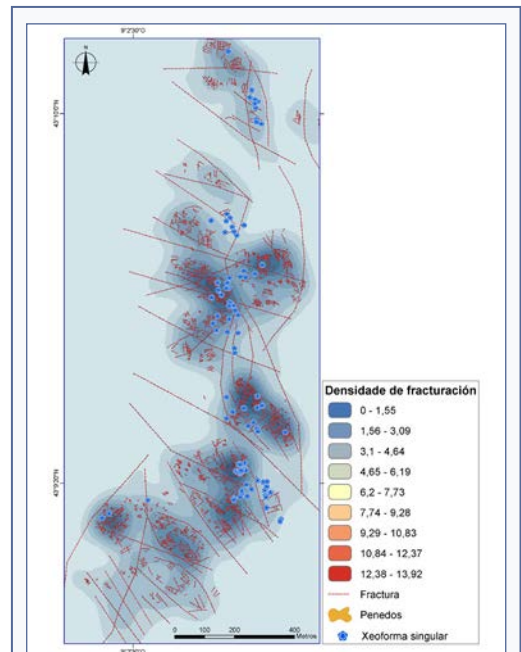


FIGURA 10. Mapa de densidade de fracturación.

Joint density map.

o Cobi 13 m². Cifras todas elas que hai que considerar como indicativas dado que a cartografía a partires da ortofoto non sempre é precisa e nalgún casos unha xeoforma singular pode estar enriba doutra de maior tamaño polo que a posibilidade de erro é posible.

Discusión e conclusións

É evidente que o estudo amosa, por unha banda, a presenza dunha grande cantidade e variedade de xeoformas nos Penedos de Pasarela e Traba e por outra como na súa xénese actuaron factores diversos. Se ben semella que as interaccións fracturación/meteorización/exhumación tiveron un papel fundamental non se pode deixar á beira o papel dos procesos subaéreos, caso dos contrastes entre a humidade e a sequidade que influíron sen dúbida na formación das pías ou das acanaladuras ao que hai que engadirlle o rol do vento cargado de sales procedente da costa próxima como estudaron noutros lugares (Brandmeier et al., 2011), ou o dos microorganismos, caso dalgúns tipos de algas como xa demostraron diferentes autores (Adamo e Violante, 2000), incluso en medios fríos (Hall e Otte, 1990; Hall e Phillips, 2006).

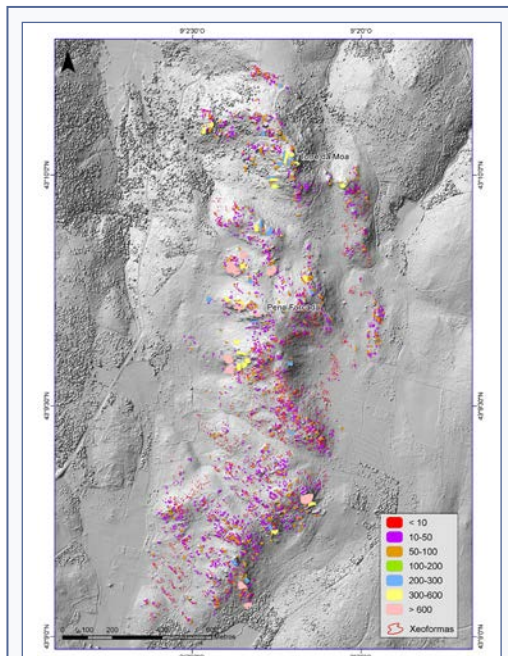


FIGURA 11. Superficie das xeoformas en metros cadrados.

Geofoms surface area in square metres .

Hai outro aspecto a considerar que é o do encadeamento das formas desde as partes altas ata as baixas. Tanto a análise dos MDs como, esencialmente, o traballo de campo permitiu comprobar que existen marcadas diferencias entre uns lugares a outros en canto o desenvolvemento das diferentes tipoloxías dos penedos. Nas cristas dominan de xeito especial formas de maior tamaño, masivas, perfectamente delimitadas polo sistema de fracturas. É o caso da Pena da Moa ou na Pena Forcada, os dous fitos que destacan no horizonte mais tamén outros que se espallan polo terreo. Por contra, nos alveolos ou nos corredores o número de formas soe ser menor e teñen contornas redondeadas o que é indicativo dunha fase máis longa de meteorización favorecida pola maior posibilidade de presenza de auga. A media aba a variedade é grande e vese un maior número de tipoloxías.

A nivel xeral, pois, pódense diferenciar nas cristas formas acasteladas (*castle kojies*) e torres rochosas (*tors*). Nas abas, campos de bloques, laxes horizontais, dorsos de balea, penas cabaleiras e columnas, e nas partes baixas, bolos. Ao anterior hai que engadirlle que non en todos os perfís se da o mesmo nivel de altitude senón que se ollan diferencias entre os diferentes sectores o que favorece en grande medida o solapamento e a mestura de formas. Isto hai que polo en relación co feito de que na fase de individualización dos bloques erguidos e fundidos non todos ficaron á mesma altitude. Ao final, a suma de condicións diferenciadas xerou un mosaico variado de xeoformas singulares que convierten á paisaxe protexida dos Penedos de Pasarela e Traba nun auténtico museo natural de grande valor patrimonial como se pode ver, por vía de exemplo, nas Fig. 12, 13 e 14.

En conclusión hai que dicir:

A riqueza e variedade de xeoformas é de tal magnitude que os Penedos de Pasarela merecen ser un Lugar de Interese Xeolóxico (LIX).

Ademais da importancia xeomorfolóxica, os penedos convértense nun museo de xeoformas que acadan a categoría de “arte natural”.

Trátase dunha “arte” na que actuou esencialmente a natureza e non as mulleres e os homes que habitaron desde antigo esta comarca.

Os habitantes da comarca foron quen de darlle nome a diferentes xeoformas: A Galla da Pena Forcada, a Torre da Moa, a Pedra da Cachucha, O Berrón, O Dinosaurio, A Balea, O Cantor, O Cobi, etc.



FIGURA 12. Ejemplos de xeoformas antropomorfas. **A:** Pallaso triste; **B:** O Cantor; **C:** O coloso; **D:** A esfinxe; **E:** O bico; **F:** Monolito.

Examples of anthropomorphs geofoms. **A:** Pallaso triste; **B:** O Cantor; **C:** O coloso; **D:** A esfinxe; **E:** O bico; **F:** Monolito.



FIGURA 13. Exemplos de xeiformas zoomorficas. **A:** Tartaruga; **B:** Lesmia; **C:** Coello; **D:** Lagarto ou gárgola da Moa; **E:** Can; **F:** Cascudas; **G:** Tiburón.

Examples of zoomorphics geoforms. **A:** Tartaruga; **B:** Lesmia; **C:** Coello; **D:** Lagarto ou gárgola da Moa; **E:** Can; **F:** Cascudas; **G:** Tiburón.

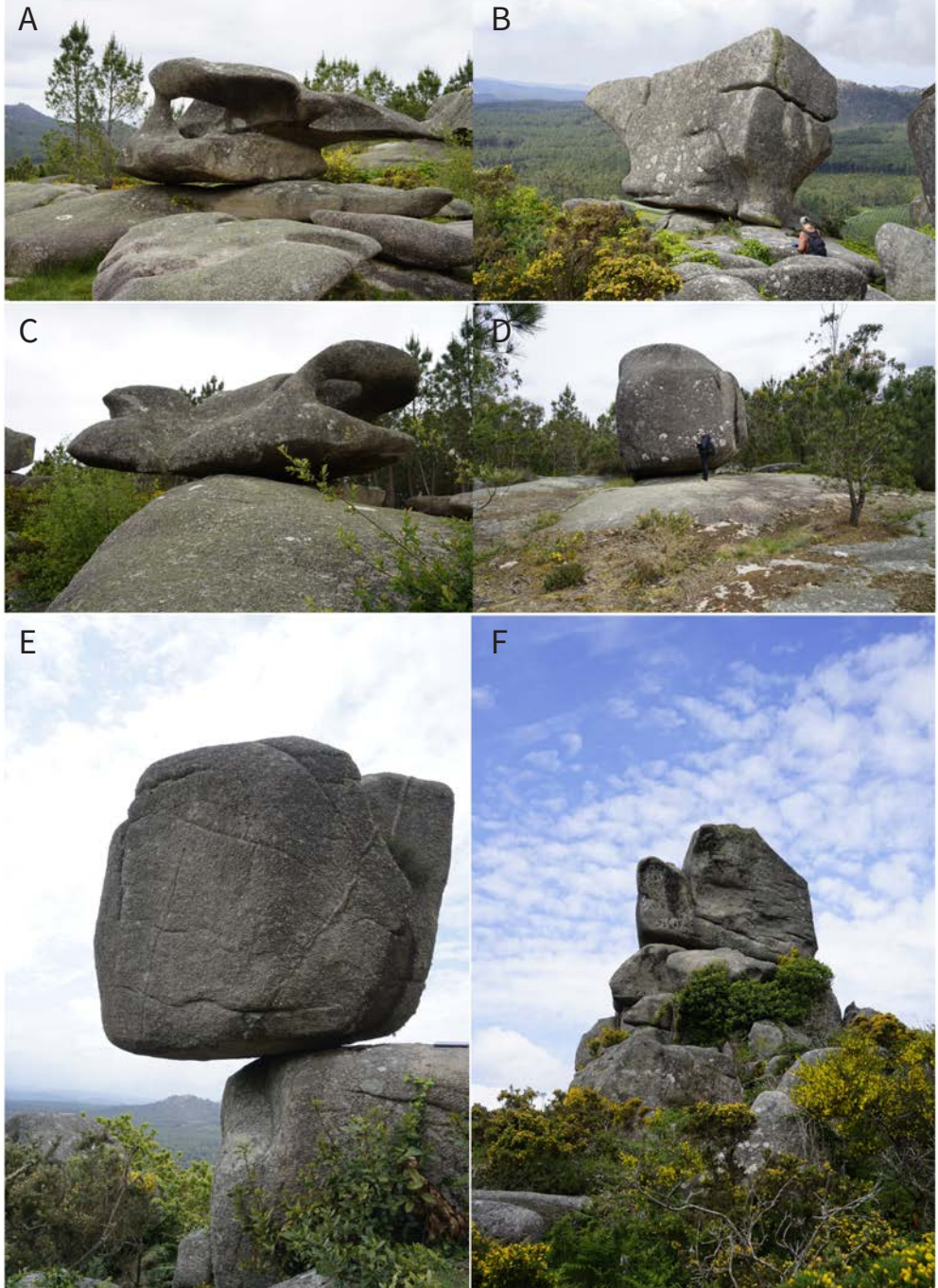


FIGURA 14. Exemplos de xeofomas multiform. **A:** Nave ou aguia; **B:** Zafra ou Osa; **C:** Trono; **D:** Bloque sobre dorso de balea; **E:** Pedra cabaleira da Moa; **F:** Pedra Forcada.

Examples of multiform geoforms. **A:** Nave ou aguia; **B:** Zafra ou Osa; **C:** Trono; **D:** Bloque sobre dorso de balea; **E:** Pedra cabaleira da Moa; **F:** Pedra Forcada.

Agradecementos

A todas as persoas que fixeron posible a salvación deste espazo singular a nivel internacional dos Penedos de Pasarela e Traba ante o perigo das iniciativas de apertura de canteiras, personalizadas en Xosé María Lema Suárez e Manuel Rivas Barrós. A Alejandro Gómez Pazo pola súa axuda no traballo de campo e no procesado dos datos estatísticos.

Bibliografía

- Adamo, P., & Violante, P. 2000.** Weathering of rocks and neogenesis of minerals associated with lichen activity. *Applied Clay Science*, 16(5-6), 229-256.
- Amelia, D. G. 1984.** Los Barruecos (Cáceres): unas formas modélicas sobre granitos. *Norba. Revista de geografía*, (5), 63-78.
- Bezy, J. V. 1998.** The development of granite landforms on the northern and western margins of the Santa Catalina Mountains, Arizona (Doctoral dissertation, The University of Arizona).
- Boillot, G., Dupeuble, P., Hennequin-Marchand, I., et al. 1974.** Le Role des Décrochements "Tardi-hercyniens" dans l'évolution structurale de la marge continentale et dans la localisation des grands canyons sousmarins a l'ouest et au nord de la péninsule Ibérique. *Rev Géologie Dyn Géographie Phys XVI*:75-86.
- Brandmeier, M., Kuhlemann, J., Krumrei, I., Kappler, A., & Kubik, P. W. 2011.** New challenges for tafoni research. A new approach to understand processes and weathering rates. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(6), 839-852.
- Buxó, L. P., & Pau, C. R. 1994.** Las formas graníticas de los macizos de Les Gavarres y de Begur (Girona). In *Geomorfología en España: III Reunión de geomorfología*, Logroño 14 a 16 de septiembre de 1994 (pp. 85-90). Sociedad Española de Geomorfología.
- Campbell, E. M. 1997.** Granite landforms. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 80, 101.
- Capdevila, R. & Floor, P. 1970.** Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne. *Boletín Geológico y Minero. T. LXXXI.-II-III Ano*, 215, 225.
- Centeno, J. D., & Twidale, C. R. 1988.** Rocas fungiformes, pedestales y formas asociadas en Anvil Hill, Mannum, Australia del Sur. *Estudios Geológicos*, 44 (1-2), 93-98.
- De Vicente, G. & Vegas, R. 2009.** Large-scale distributed deformation controlled topography along the western Africa-Eurasia limit: Tectonic constraints. *Tectonophysics*, 474 (1-2), 124-143.
- De Uña Álvarez, E. 1997.** Variables de control en la génesis y desarrollo del modelado granítico. Análisis de microformas en el Macizo de Manzaneda (Galicia, España). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 22: 29-42.
- De Uña Álvarez, E. 1998.** Estudio multivariado del micromodelado granítico. Interpretación comparada de la génesis y evolución de las gnammas en macizos antiguos. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 23: 271-282.
- De Uña-Álvarez, E., Álvarez-Vázquez, M. A. & Rodríguez, R. 2012.** Tipología de formas graníticas en el tramo medio del río Miño (Ourense, Galicia, NW del Macizo Ibérico). *Avances de la Geomorfología en España*, 2014, 434-437.
- Ehlen, J. 1999.** Fracture characteristics in weathered granites. *Geomorphology*, 31(1-4), 29-45.
- Ehlen, J. 2002.** Some effects of weathering on joints in granitic rocks. *Catena*, 49(1-2), 91-109.
- Fort, M. & André, M. F. 2013.** *Landscapes and landforms of France.* Springer Science & Business Media.
- Hall, K., & Otte, W. 1990.** A note on biological weathering on nunataks of the Juneau Icefield, Alaska. *Permafrost and Periglacial Processes*, 1(2), 189-196.
- Hall, A. M., & Phillips, W. M. 2006.** Weathering pits as indicators of the relative age of granite surfaces in the Cairngorm Mountains, Scotland. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 88(2), 135-150.
- IGME. 1979.** Mapas Geológico de España 1:50.000. n° 43 (Laxe) e 68 (Camarinas). Madrid.
- IGN. 2022.** Instituto Geográfico Nacional. Información disponible en: centrodedescargas.cnig.es
- Johansson, M., Migon, P. & Olvmo, M. 2001.** Development of joint-controlled rock basins in Bohus granite, SW Sweden. *Geomorphology*, 40(1-2), 145-161.
- Lema, X. M. & Mouzo, R. 2012.** Guía dos Penedos de Pasarela. Seminario de Estudios Comarcais para a promoción do patrimonio cultural da Costa da Morte. Viminazo. 75 paxinas.
- Macías-García, I., Pérez Alberti, A., Martínez Cortizas, A., Nieto, C. & Otero Pérez, X. L. 2007.** 11 millones de años de ciclos de biotextia-rexistia en la cuenca Oligoceno-Mioceno de As Pontes en Galicia. *Edafología*, vol. 14, 1-3, pp. 67-98.
- Maia, R. P., Bezerra, F. H. R., Nascimento, M. A. L., de Castro, H. S., de Andrade Meireles, A. J. & Rothis, L. M. 2015.** Geomorfología do campo de Inselbergues de Quixadá, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 16(2).
- Maia, R. P., & do Nascimento, M. A. L. 2018.** Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 19 (2).
- Martínez Cortizas, A., & Pérez Alberti, A. (Eds) 1999.** *Atlas climático de Galicia*, 207 p. Santiago de Compostela, Spain: Xunta de Galicia.
- Martín-González, F. 2009.** Cenozoic tectonic activity in a Variscan basement: Evidence from geomorphological markers and structural mapping (NW Iberian Massif). *Geomorphology*, 107(3-4), 210-225.
- Matte, P. 1968.** La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne). *Geologie Alpine*, t. 44, 124 p.
- Michniewicz, A., Różycka, M., & Migoń, P. 2015.** Granite tors of Waldviertel (Lower Austria) as sites of geotourist interest. *Geotourism/Geoturystyka*.

- Migoñ, P. & Goudie, A. S. 2003.** Granite landforms of the Central Namib. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 35(Supplement), 17-38.
- Migoñ, P. 2004.** Structural control in the evolution of granite landscapes. *Acta Universitatis Carolinae Geographica*, 39-1.
- Migoñ, P., & Prokop, P. 2013.** Landforms and landscape evolution in the Myllem granite area, Meghalaya Plateau, Northeast India. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 34, 206–228. <https://doi.org/10.1111/sjtg.12025>
- Migoñ, P., & Vieira, G. 2014.** Granite geomorphology and its geological controls, Serra da Estrela, Portugal. *Geomorphology*, 226, 1-14.
- Migoñ, P. 2021.** Granite landscapes, geodiversity and geoharitage Global context. *Heritage*, 4(1), 198-219.
- Pallí & Buxó, L. 1996.** Los domos graníticos de la Cuenca del Ridaura (Girona). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 1996, núm. 21, p. 45-48.
- Pannekoek, A. J. 1966.** The geomorphology of the surroundings of the Ría de Arosa (Galicia, NW Spain). *Leidse Geol. Meded.* 37: 7-32.
- Parga Peinador J. R. 1969.** Sistemas de fracturación tardihercínica del macizo Hespérico. *Trabajos del Lab. Geo1. de Laxe*, nº 37.
- Pedraza Gilsanz, J. D. 1989.** La morfogénesis del Sistema Central y su relación con la morfología granítica. *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 13, 31-46.
- Pedraza, J., Sanz, M. A. & Martín, A. 1989.** Formas graníticas de La Pedriza: Cuadernos Madrileños de Medio Ambiente, Madrid, Agencia de Medio Ambiente, 205 pp.
- Pereira, P., Pereira, D. I. & Alves, M. I. 2007.** Geomorphosite assessment in Montesinho natural park (Portugal). *Geographica Helvetica*, 62(3), 159-168.
- Pereira, P. & Pereira, D. I. 2020.** The granite and glacial landscapes of the Peneda-Gerês National Park. In *Landscapes and Landforms of Portugal* (pp. 127-137). Springer, Cham.
- Pérez Alberti, A. 1990.** La geomorfología de la Galieia sudoriental: problemas geomorfológicos de un macizo hercínico de la fachada atlántica ibérica. Centro sudeste de Galicia. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Geografía e Historia. 185 pp.
- Pérez Alberti, A. & Guitian Rivera, L. 1992.** El sector nordeste del Macizo de Manzaneda (SE de Galicia): aproximación al estudio del glaciario suelos y vegetación. En *Guía de campo de las VIII Jornadas de Campo de Geografía Física*. (Coord.: R. Rodríguez Martínez-Conde). Universidad de Santiago de Compostela, 11-39.
- Pérez-Alberti, A., & Blanco-Chao, R. 2005.** Controles y balances geomorfológicos en costas rocosas de macizos antiguos. El ejemplo de Galicia (Noroeste de la Península Ibérica). *Geomorfología litoral i Cuaternari*. Publicaciones de la Universitat de Valencia.
- Pérez Alberti, A. & López Bedoya, J. 2009.** Catalogación da potencialidade xeomorfolóxica do macizo granítico de Pasarela-Traba (Vimianzo-Laxe) e proposta de posible área de protección, Dirección Xeral de Conservación da Natureza, Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible da Xunta de Galicia. Inédito.
- Pérez-Alberti, A., Borobio Sanchiz, M., Castillo Rodríguez, F. & Magán Pérez, M. 2014.** Metodología y clasificación de tipos de paisajes en Galicia. *Revista de Geografía e Ordenamento do Território*, 1(6), 259-282.
- Priem, H. N. A., Boelrijk, N. A. I. M., verschure, R. H., & Hebeda, E. H. 1965.** Isotopic ages of two granites on the Iberian Continental Margin: The Traba granite (Spain) and the Berenga granite (Portugal). *Geol. En. Mijnbouw*, 44, pp. 353-354.
- Roqué, C., & Pallí, L. 1996.** Formas graníticas asociadas a megalitos en el nordeste de Cataluña. *Geogaceta*, 20(5), 1104-1106.
- Twidale, C. R. 1973.** On the origin of sheet jointing. *Rock Mechanics*, 5(3), 163-187.
- Twidale, C. R. 2012.** *Granite landforms*. Elsevier. 371 pp.
- Twidale C. R. & Sved G. 1978.** Minor granite landforms associated with the release of compressive stress. *Australian Geographical Studies* 16:161–174.
- Vanney, R., Auxietre, L. & Dunand, P. 1979.** Geomorphic provinces and the evolution of the northwestern Iberian Continental margin. *Ann. Inst. Ocean. Paris*, 55 (1), 5-20 pp.
- Vidal Romaní, J. R. 1985.** El cuaternario de la provincia de La Coruña. Modelos elásticos de formación de cavidades. Servicio de Publicaciones. Universidad Complutense de Madrid, Serie Tesis Doctorales, Madrid. 283 pp
- Vidal Romaní, J. R. 1989.** Geomorfología granítica en Galicia (NW España). Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe. Vol. 13, pp. 89-163
- Vidal Romaní, J. R. & Twidale, C. R. 1998.** Formas y paisajes graníticos, A Coruña, Servicio de Publicaciones Universidad de A Coruña, Monografías, 5, 411 pp
- Vidal Romaní, J. R. & Twidale, C. R. 2000.** Sheet fractures, other stress forms and some engineering implications, *Geomorphology*, 31, 1/4, pp. 13-27.
- Vidal Romaní, J. R. & Yepes Temiño, J. 2004.** Historia de la morfogénesis granítica. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. Vol. 29, pp. 331-360
- Vieira, A. & Cunha, L. 2002.** A importância dos elementos geomorfológicos na valorização da paisagem: exemplos em morfologias cársica e granítica. *Actas do IX Colóquio Ibérico de Geografia*, Huelva.
- Vieira, A. 2007.** A morfologia granítica e o seu valor patrimonial: exemplos na Serra de Montemuro. In *VI Congresso da Geografia Portuguesa* (Vol. 1, pp. 1-16). Associação Portuguesa de Geógrafos.
- Vieira, A. 2008.** Análise de formas do modelado granítico de pormenor na Serra de Montemuro: factores de génese e evolução das pias. *Revista Geografia Ensino & Pesquisa*, 12(1), 3860-3875.
- Vieira, A. 2010.** Património geomorfológico na serra de Montemuro: valor e diversidade da morfologia granítica. *Dinâmicas de rede no*

turismo cultural e religioso: II Jornadas Internacionais de Turismo, 1, 187-203.

Vilaplana, J. M. 1987. Guia dels paisatges granítics dels Països Cata-

lans. Conèixer natura, 4, Barcelona, Editorial Kapel, 1987, 182 pp.

Withers, P. C. 2000. Overview of granite outcrops in Western Australia.

Journal of the Royal Society of Western Australia, 83, 103.