

Caracterización e dinámica dos coídos nas costas de Galicia

Augusto Pérez Alberti¹

1. CRETUS. Universidade de Santiago de Compostela. Campus Universitario Sur, 15782 Santiago de Compostela. augustoperezalberti@gmail.com.

Os coídos son praias de cantos e bloques que se atopan asociados aos cantís e ás plataformas rochosas, especialmente en áreas dominadas por rochas graníticas. Trátase de moreas de clastos de tamaño heterométrico, con predominio dos de tamaño bloque, que nalgúns lugares poden chegar a superar os 2 m de longo no seu eixe maior, sendo moi abundantes os que miden entre 1 e 2 m. Os mellores exemplos de coídos atópanse na chamada Costa da Morte, situada ao norte do cabo Vilán (Camariñas, A Coruña), na área de Corrubedo (Ribeira, A Coruña) e no sector de costa que se alonga entre o cabo Silleiro e o esteiro do río Miño (Baiona, Oia, O Rosal e A Guarda en Pontevedra).

Polo deseño que debuxan en planta téñense diferenciado 5 grandes tipos: lonxitudinais, en punta dobre, en arco, en corredor e en punta simple. Desde o punto de vista xenético diferéncianse catro tipos: derivados de formas de exhumación granítica, derivados da fragmentación de plataformas e cantís mariños por arranque, derivados de desprendementos e derivados de depósitos de orixe fría. En moitos casos a súa xénese é múltiple.

Para poder coñecer a mobilidade dos bloques empregouse un micro dron para realizar voos de baixa altitude sobre dous coídos, en Laxe Brava (Ribeira, A Coruña) e en Oia (Pontevedra). Os voos realizáronse en xullo de 2012, maio de 2013 e abril de 2014. Os voos permitiron a obtención de ortofotografías e modelos dixitais do terreo de alta resolución (MDT) que, integrados nun Sistema de Información Xeográfica (SIX), foron usados para controlar os cambios na posición de miles de cantos e bloques. A altura máxima das ondas de tormenta foi maior no inverno de 2013-2014 que no inverno 2012-2013, e isto reflectiuse nun aumento na proporción dos bloques movidos, dun 17 % a case o 48 % en Laxe Brava e do 53 % a case o 88 % en Oia.

Palabras chave: Galicia, Península Ibérica, costa rochosa, praia de bloques, coídos.

Characterization and dynamics of boulder beaches in Galician coast

Coídos are beaches composed of cobbles and boulders that are usually found in association with cliffs and rock platforms, particularly in granite-dominated areas. They consist of accumulations of heterometric, predominantly boulder-sized clasts, often between 1 and 2 m and even with their main axis exceeding 2 m in some areas. The best examples of coídos are found in the area known as Costa da Morte, located north of Cape Vilan (Camariñas, A Coruña); in the Corrubedo area (Ribeira, A Coruña), and along the stretch of coastline located between Cape Silleiro and the Miño river estuary (Baiona, Oia, O Rosal, and A Guarda, in Pontevedra).

According to their shape from top view, five broad types have been defined: longitudinal, double-pointed, arched, corridor-like, and single-pointed. Genetically, four types can also be distinguished: those derived from granite exhumation processes; those generated by the dislodgement of rock fragments from shore platforms and sea cliffs; those produced by rockslides, and those originated by glacial deposition. Their genesis is often of multiple origin.

In order to study boulder mobility, a micro-drone was flown at low heights over two coídos, one in Laxe Brava (Ribeira, A Coruña) and the other in Oia (Pontevedra). Flights were carried out in July 2012, May 2013, and April 2014. These flights yielded orthophotographs and high-resolution digital terrain models (DTM), which were integrated in a GIS and used to monitor thousands of cobbles and boulders for changes in their position. Maximum storm wave height was greater during winter 2013-2014 than during winter 2012-2013, resulting in an increase in the proportion of moved boulders from 17 % to almost 48 % in Laxe Brava and from 53 % to almost 88 % in Oia.

Keywords: Galicia, Iberian Peninsula, rocky coast, boulder beach, coídos, geomorphology.

Introdución

A costa de Galicia esténdese entre as desembocaduras dos ríos Miño e Eo. Trátase dunha costa na súa meirande parte rochosa, con cantís, e baixa, na que un 86% non acada os 100 m de altura e so un 0,76% supera os 300 m. Litoloxicamente dominan as rochas graníticas (granitos e granodioritas); metamórficas, especialmente xistos e lousas, e básicas e ultrabásicas (ecloxitas ou peridotitas serpentizadas) formando parte do complexo da Capelada (A Coruña). É precisamente neste lugar onde se atopan os cantís de maior altura da península Ibérica, que chegan a superar os 600 m en cabo Ortegal.

Na construción das formas costeiras xogou un papel moi importante a tectónica pola superposición de dous ciclos oroxénicos: o Varisco e, especialmente, o Alpino, que na súa fase final provocou a dislocación do relevo en relación a todo un sistema de fallas de desgarro (strike-slip fault) que tanto deron orixe a un amplo sistema de fosas como colaboraron na xénese das rías. As Rías Baixas, caso de Vigo, Pontevedra, Arousa e Muros e Noia, están claramente vencelladas coa dinámica tectónica. Nas Rías Altas, ao anterior hai que sumarlle o papel xogado pola existencia dun bandedado litolóxico, orientado en sentido N-S, que potenciou procesos de disección diferencial e favoreceu a incisión fluvial (Pérez-Alberti & Gómez Pazo, 2019).

Os controis estrutural e litolóxico presentes na costa (Pérez-Alberti & Blanco Chao, 2005) favoreceron pois a existencia dunha costa cun perfil moi sinuoso, con numerosos entrantes e saíntes que se estenden ao longo de máis de 2000 km de lonxitude (POL Galicia, 2009). A escala pequena pódense individualizar nela rías, penínsulas ou tramos de costa rectilíneos. Porén, ao ampliar a escala, a costa adquire un claro comportamento fractal, encadeándose unha morea de unidades xeodinámicas. Entre elas sobresaen os coídos que se atopan emprazados ao pé dos cantís ou enriba da parte superior das plataformas litorais ou praias areosas. Pódense definir como praias de bloques, boulder beach en inglés (McKenna, 2005), e están compostas por miles de clastos de tamaño heterométrico, con predominio de xeito especial dos bloques que superan o metro no seu eixe maior.

Desde o punto de vista mariño, Galicia atópase nun ambiente mesomareal, cun rango medio de marea de 2,5 m e un rango máximo arredor de 4 m. En canto ao réxime de oleaxe, hai que sinalar que se localiza nunha área de transición entre as zonas afectadas

principalmente polas ondas de mar de fondo (swell) e as afectadas polas de tormenta. As primeiras teñen unha dirección de aproximación predominante do Noroeste, e con menor frecuencia do oeste e do suroeste. A maior frecuencia de ondas altas (>3 m) prodúcese en inverno, con dirección noroeste e oeste, e son xeradas polas borrascas que se desprazan desde estas direccións. As máximas rexistradas na costa galega producíronse no cabo Vilán, con 13,5 m en 2009; en Estaca de Bares, 12,9 m en 2008, e no cabo Silleiro, 12,01 m en 2014 (Puertos del Estado, 2019).

Material e método

Para a delimitación dos coídos empregáronse ortofotos do PNOA (IXN) e modelos dixitais do terreo de 2 m de resolución elaborados a partir de arquivos LiDAR (IXN). Para iso creouse un SIX no que se integraron as ortofotografías e os MDT empregando o programa ArcGis 10.6 (licenza USC). Deste xeito localizáronse as diferentes acumulacións de bloques existentes no litoral, destacando os sectores que aparecen reflectidos na Fig. 1: entre Cariño e Ferrol; entre Malpica e Muxía, na chamada Costa da Morte; na contorna de Ribeira, nos lugares de Laxe Brava e Corrubedo, no concello de Ribeira, e entre o Cabo Silleiro e A Guarda, ao sur da ría de Vigo.

Co gallo de poder coñecer o grao de mobilidade dos bloques empregouse un microdrón para a obtención de imaxes de alta resolución en dúas praias: Laxe Brava, ao norte, e Oia, ao sur. Estes datos, combinados noutro SIX, foron empregados para identificar cambios na localización de miles de clastos durante un período que abrangue dous invernos (2012-13 e 2013-14). Como os detalles técnicos sobre a adquisición de voos e datos e procesamento foron discutidos anteriormente (Pérez-Alberti & Trenhaile, 2015a; 2015b) só se repetirán brevemente aquí. Usouse un receptor Stonex S8 GNSS cunha precisión horizontal estática de 5 mm e unha precisión vertical de 10 mm para situar 32 puntos de control en Laxe Brava e 18 en Oia. O dron empregado foi un microdrón fabricado por Microdrones GmbH, Siegen, Alemaña (model md4-200) que voou a altitudes comprendidas entre os 30 e 50 m cunha cámara de 10MP en 2012 e 2013 e outra de 12MP en 2014. Ambas as dúas tiñan unha distancia focal de 17 mm. Os datos recolléronse na primavera e no inicio do verán: xullo de 2012 e maio de 2013 e finais de marzo de 2014 en Oia e principios de xuño de 2014 en Laxe Brava. O procesamento dos datos

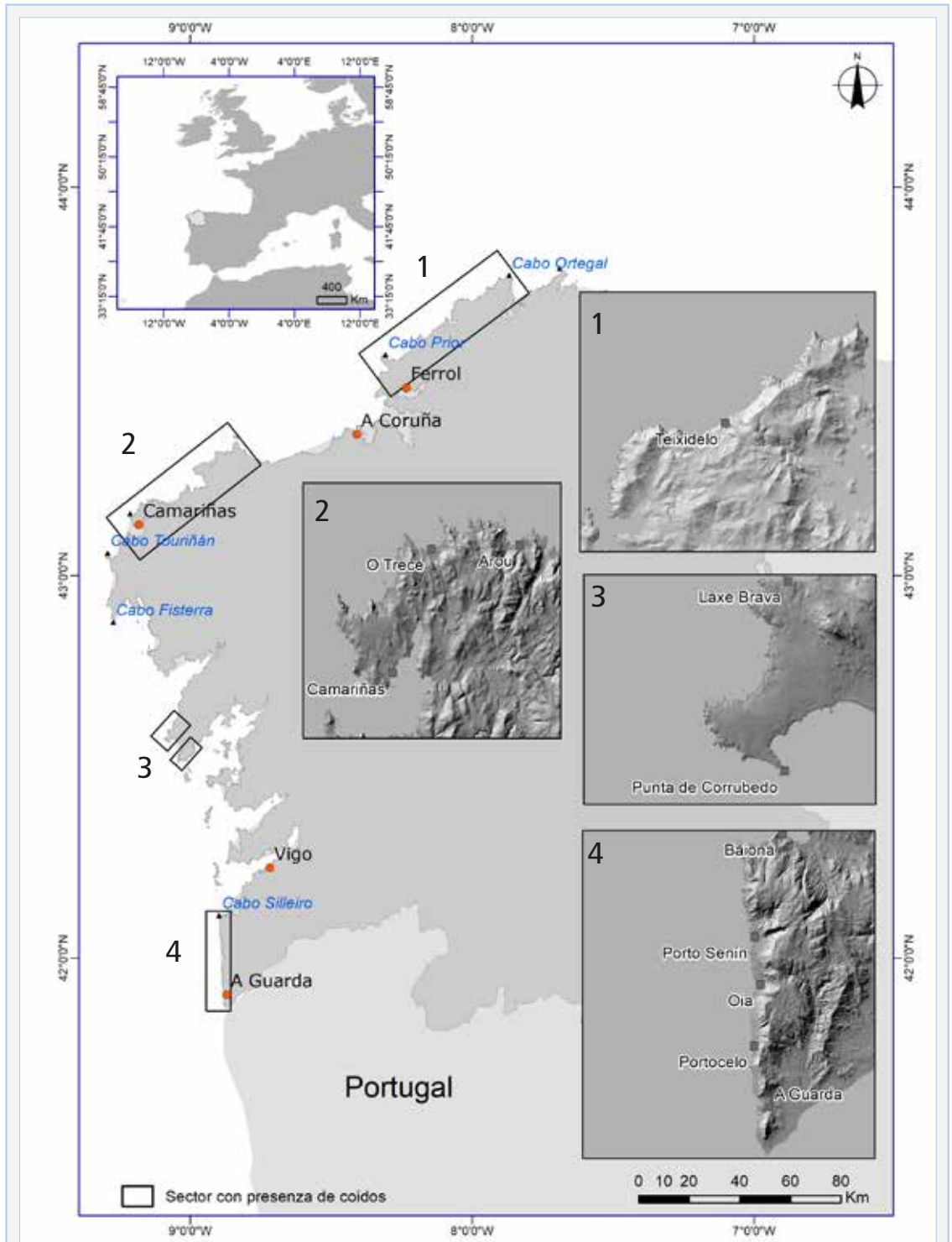


FIGURA 1. Principais sectores con presenza de coidos nas costas de Galicia.

Main sectors with presence of boulder beaches on the Galicia coasts.

produciu ficheiros CAD, modelos dixitais de terreo (MDT), curvas de nivel e ortofotografías orientadas e proxectadas por xeorreferenciación con 152 puntos calculados en Oia e 174 puntos en Laxe Brava. Para iso empregouse o software Topcon (2012, 2013) e o Pix4 dMapper (2014). As resolucións de ortofotos e MDT xerados foron de 2 cm e 4 cm, respectivamente, en Laxe Brava e Oia. A precisión dos MDT en Laxe Brava e Oia foi de 1,5 cm para a horizontal, coordenadas X e Y, mentres que para a vertical, Z, foi de 3,5 cm.

Posteriormente levouse a cabo a vectorización da rede de fracturas usando as ortofotografías para entender o control estrutural existente nas dúas áreas, e para explicar as diferenzas no tamaño dos clastos. A densidade de fractura mediuse nos sectores expostos

ao mar das plataformas rochosas de Laxe Brava e Oia usando a ferramenta Density de ArcGIS (ESRI). Os valores máximos variaron de 0,7 a 0,76 por m² na parte central de Oia e de 0,44 a 0,48 e de 0,30 a 0,34 por m² nos sectores oriental e occidental de Laxe Brava. Aínda que as densidades das discontinuidades varían dentro de cada unha das áreas de estudo, son sempre máis altas en Oia que en Laxe Brava.

Para coñecer os cambios na localización dos bloques durante o inverno de 2012-2013 debuxáronse os seus contornos nas imaxes de 2012 empregando ArcGIS (Fig. 2) e logo superpuxéronse sobre as imaxes de 2013 para determinar que bloques se moveran e cales ficaran quedos. Este procedemento foi repetido para o inverno de 2013-2014 superpondo os contornos dos clastos debuxados nas imaxes de 2013 coas imaxes de 2014. En total foron debuxados 4582 e 2508 bloques en Laxe Brava e Oia, respectivamente para 2012-2013, e 6.246 e 3.412 en Laxe Brava e Oia, respectivamente para 2013-2014. Monitorizouse tamén o movemento dos bloques marcando os puntos máis altos deles no 2012 para poder comparar estas elevacións coas existentes nos mesmos lugares en cada un dos anos seguintes. Este segundo método proporcionou un grao de cuantificación de movemento de bloques que sería máis difícil de conseguir comparando só os cambios na posición dos contornos de roca. Tamén se determinaron as superficies das rochas móbiles e inmóbiles despois de cada voo.

Resultados

Tipos de coídos en función da forma

O estudo do deseño dos diferentes coídos permitiu diferenciar cinco tipos: lonxitudinais, en punta dobre, en arco, en corredor e en punta simple (Fig. 3).

Lonxitudinais

As praias do bloque están situadas no nivel superior das plataformas costeiras estreitas e irregulares, duns 50-75 m de ancho dependendo dos sectores, que se estenden lonxitudinalmente en áreas como a de cabo Silleiro e A Guarda (Fig. 3A). Están compostas por cordóns heterométricos de bloques de granito que poden acadar ata 4 m no seu eixe principal, cun número deles con eixes superiores a 1 m. Trátase de bloques subredondeados ou angulosos que constrúen cristas que non chegan aos 80 m de ancho e de entre 5 e 6 m de altura (Pérez-Alberti et al., 2012).

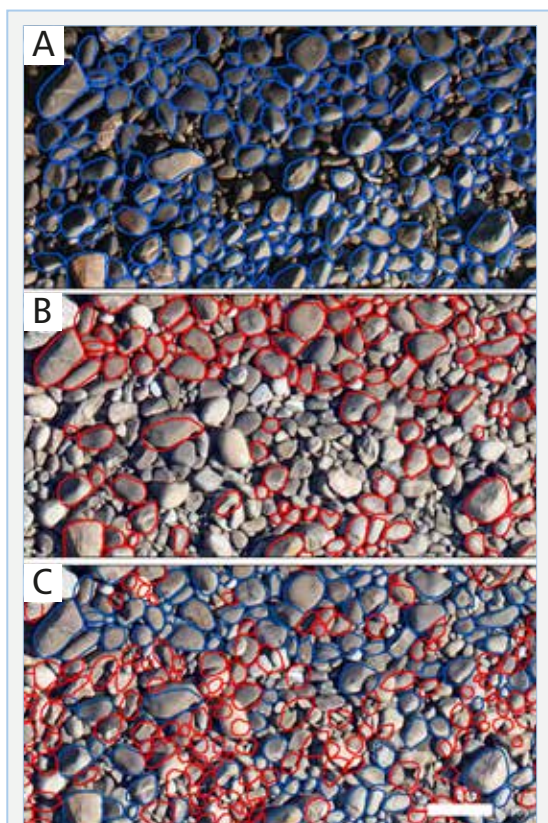


FIGURA 2. Cartografía dos bloques en Laxe Brava. **A:** cartografía de todos os bloques no ano 2013; **B:** Bloques que non se moveron entre o ano 2013 e o 2014; **C:** Bloques movidos (en encarnado) e non movidos (en azul) entre o ano 2013 e o 2014.

Mapping of the blocks in Laxe Brava. **A:** mapping of the blocks not moved in 2013; **B:** blocks that did not moved between 2013 and 2014; **C:** blocks that moved (red) and that not moved (blue) in Laxe Brava 2013-14.

A súa orixe está relacionada coa intensa fragmentación dos materiais nas plataformas, o que supuxo o avance da degradación das discontinuidades, colaborando na súa fragmentación. Seguindo as liñas de debilidade estrutural ou litolóxica deuse unha primeira fase de apertura de canles ou pequenos alvéolos que, en certos lugares, se unironse gradualmente xerando unha extensa rede que se pode ver tanto horizontal como verticalmente. A alta enerxía das ondas, con direccións NO ou SO, foi o motor de mobilización e acumulación de materiais.

En punta dobre

Hai bos exemplos no sector costeiro que se estende entre cabo Vilán e Camelle (Camariñas, A Coruña) (Fig. 3B) pero tamén na costa sur que se alonga entre o cabo Silleiro e A Guarda. A intensa rede de fracturación favoreceu o inicio da individualización de bloques de menor tamaño, normalmente inferior a 50

cm, o que facilitou unha maior mobilidade e grao de redondez. Por outra banda, o deseño en serra da liña de costa deu lugar a numerosos entrantes e saíntes. Isto motivou a combinación de ondas de alta enerxía de compoñente SO, O e NO para transportar ben os bloques nunha fachada ou noutra dos saíntes da punta de frecha. Os coidos, de aproximadamente 20 - 40 m de ancho e 4 - 5 m de altura, sitúanse, como na tipoloxía anterior, no nivel superior de plataformas estreitas, que normalmente non superan os 60 - 70 m no seu sector de maior amplitude.

En arco

De menor lonxitude que os anteriores, os coídos debuxan arcos encadeados que poden acadar ata 200 - 300 m segundo os sectores, separados por saíntes rochosos. As acumulacións poden superar os 80 m de ancho. Contrariamente ao que acontece nos tipos anteriormente descritos, non sempre están asociados a plataformas, e tenden a estenderse desde o nivel inferior da marea baixa a 8 m por riba delas nalgúns sectores, como en Laxe Brava (Ribeira, A Coruña) (Fig. 3C).

Hai unha maior diversidade granulométrica e grao de redondez. Estas acumulacións teñen algúns bloques que poden superar os 2 m no seu eixe maior, pero na súa meirande parte non exceden o metro. Están ben imbricados en dirección ao continente, froito do empuxe por ondas de dirección NO ou SO (Pérez-Alberti et al., 2012; Pérez-Alberti & Trenhaile, 2015a; 2015b).

En corredor

Están situados en canles estreitas, de entre 30 - 50 m de ancho e 70 - 80 m de lonxitude, abertas a partir dunha ampla rede de fracturas que seguen unha dirección N-S. Moi semellantes en canto ao tamaño dos clastos e á súa distribución desde o nivel de marea baixa. Non obstante, caracterízanse por debuxar en planta unha forma de cogomelos, cun nivel inferior enmarcado por paredes de rocha e un nivel superior na chaira costeira (Pérez-Alberti et al., 2012) (Fig. 3D).

En punta simple

Son froito da acumulación de bloques que se desprazaron a favor da deriva sedimentaria. En certa medida son o último tramo dunha ampla praia lonxitudinal situada no nivel superior da plataforma. O mellor exemplo da costa galega está en Punta Corrubedo (Ribeira, A Coruña) (Fig. 3E). A praia acadou os 40 m

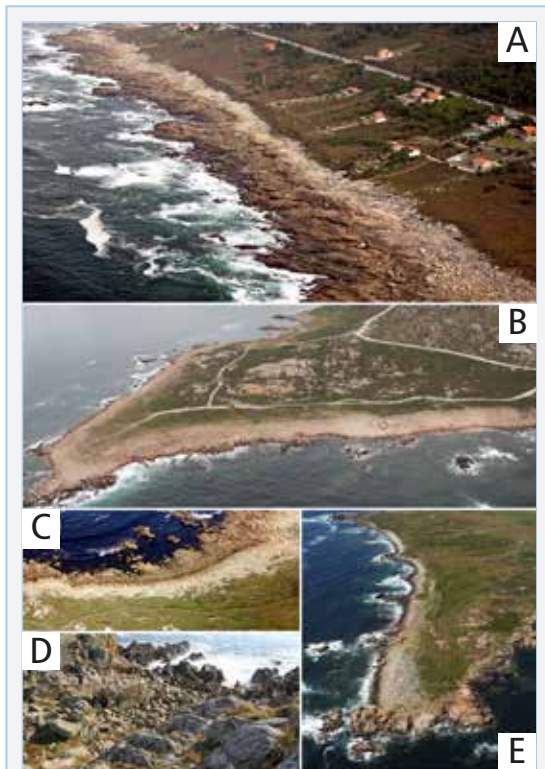


FIGURA 3. Tipos de coidos en función do seu deseño. **A:** lonxitudinais; **B:** con punta dobre; **C:** en arco; **D:** en corredor; **E:** en punta simple.

Types of beach boulder depending on its design. **A:** longitudinal; **B:** with double tip; **C:** in arc; **D:** in a corridor; **E:** in simple tip.

de ancho e 5 m de alto. Está formado por bloques ben redondeados e imbricados que normalmente teñen lonxitudes inferiores a 1 m no seu eixe maior.

Tipos de coídos en relación coa orixe da área fonte.

Se son visibles as diferenzas entre os distintos tipos de coídos a nivel do seu deseño en planta tamén o son en canto á súa composición granulométrica. A análise da área fonte dos materiais e a súa composición mineralóxica permitiu comprobar, por unha banda, que hai coídos nos que dominan os materiais do substrato, mentres que noutros se mesturan clastos relacionados co substrato con outros diferentes. Por outra parte, mentres que nuns os clastos están ben redondeados, noutros hai unha mestura de bloques con diferente grao de redondez, desde os ben redondeados a outros angulosos.

Deste xeito puidéronse individualizar catro tipos en función da súa orixe (Pérez-Alberti & López-Bedoya, 2004) (Fig. 4): derivados de formas de exhumación granítica, derivados da fragmentación de plataformas e cantís mariños por arranque, derivados de desprendementos e derivados de depósitos de orixe frío. En

calquera caso hai que apuntar que moitos teñen unha orixe polixénica.

Derivados de formas de exhumación granítica

Están compostos por bloques redondeados, resultado do lavado da capa de alteración antiga. Ou sexa, a unha primeira fase de alteración subsuperficial seguiu outra de lavado polas augas mariñas ou continentais. Aparecen en diferentes lugares do litoral, caso da boca da ría de Ferrol, na contorna da Pobra do Caramiñal ou na Punta do Couso (Ría de Arousa) (Fig. 4A) ou na ría do Barqueiro (A Coruña). A medida que son desprovistos da capa de alteración, caen e acumúlanse ao pé dos cantís, dando lugar a coídos de formas caóticas.

Derivados da fragmentación de plataformas e cantís por arranque

O xa comentado intenso patrón de fracturas existente en moitos lugares da costa, especialmente en áreas de costa baixa, sobre plataformas litorais de distinta extensión pero con amplas áreas intermareais, favoreceu o avance da meteorización e, consecuentemente, a fragmentación dos materiais e a presenza de áreas cubertas, en distinto grao, por cantos e bloques en diferentes estados de desgaste. En lugares moi concretos, como no cabo Touriñán, en Corrubedo ou entre o cabo Silleiro e A Guarda (Fig. 4B), por citar algúns exemplos, óllase como a partir da rede de fracturas e de estreitas intrusións pegmatíticas se iniciou o avance da meteorización. Seguindo liñas de debilidade estrutural ou litolóxica iníciase unha fase de apertura de canles ou de pequenos alvéolos que paulatinamente poden confluír e xerar unha extensa rede que se pode ver tanto horizontal como verticalmente.

Pódese observar, ademais, como se xera unha alteración a modo de follas de libro superpostas, de xeito que as canles ou os alvéolos se unen deixando cristas ou bloques exentos en diferente grao de estabilidade, o que trae consigo tanto a xénese de cristas e canais encadeados como a fragmentación diferencial en momentos de alta intensidade enerxética.

En xeral, trátase de acumulacións moi diferentes granulometricamente que se emprazan en áreas de alta enerxía, o que explica tanto a fragmentación do rochedo como os posteriores procesos de desgaste. Tamén morfometricamente son moi variadas. Por exemplo, os bloques adoitan ter un tamaño menor a 0,5 m e o seu grao de redondez é maior no sector que se estende entre cabo Vilán e Camelle, mentres que,

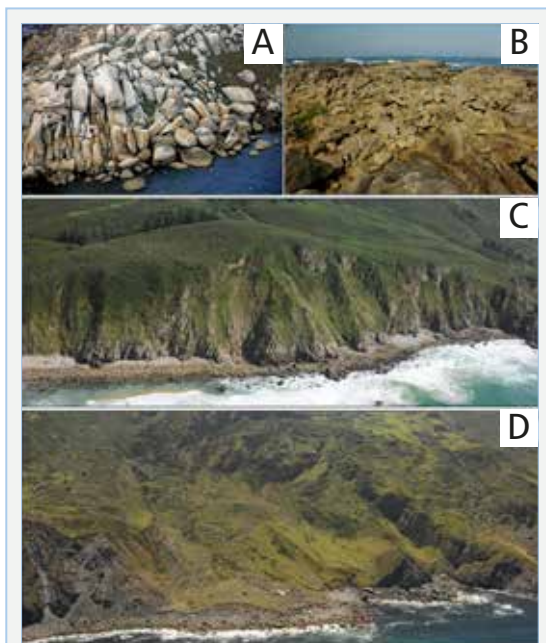


FIGURA 4. Tipos de coídos en función do seu material de partida. **A:** de formas de exhumación granítica; **B:** por arranque; **C:** derivados de desprendementos; **D:** derivados de depósitos de orixe fría.

Types of beach boulder depending on its starting material. **A:** granite exhumation forms; **B:** fragmentation of rock platforms; **C:** derivatives of rockfall; **D:** derivatives of deposits of cold origin.

polo contrario, son maiores de 1 m e moi angulosos entre Cabo Silleiro e A Guarda. En calquera caso, coexisten coídos con diferente grao de arredondamento en calquera lugar.

Outro feito destacable é que se teñen detectado acumulacións emprazadas por riba do nivel de marea alta, sobre plataformas rochosas, en canais estruturais, e unhas terceiras que van desde o nivel de marea baixa ata máis alá das mareas altas. O seu comportamento dinámico é diferente.

Derivados de desprendementos

Nos sectores de alta enerxía e, moi especialmente, sobre altos cantís con forte pendente, a combinación da ondaxe e a precipitación, de xeito especial en épocas de alta intensidade de chuvia, prodúcense desprendementos. Estes son máis frecuentes en intres posteriores a unha etapa de seca e afectan tanto á parte basal como a calquera outro segmento da aba superior (Blanco-Chao & Pérez-Alberti, 1996).

Os desprendementos xeran importantes movementos de derrubas que forman acumulacións na base dos cantís que, durante un tempo, se convirten en elementos protectores. Nestes casos, atopamos que ás etapas de inestabilidade dos cantís, caracterizadas por unha acumulación de cantos e bloques na súa base, formando unha barreira, seguen outras de estabilidade, motivada polo choque das ondas, coa conseguinte disipación de enerxía. Esta estabilidade vai durar máis ou menos tempo en función da enerxía das ondas e do tamaño dos bloques e cantos. Bos exemplos aparecen no tramo que se estende entre o cabo Prior e o de Estaca de Bares, de xeito especial no sector de Montes da Lagoa (Narón, A Coruña) (Fig. 4C) e na serra da Capelada (A Coruña).

Derivados de depósitos continentais de orixe fría.

Outro feito que cómpre destacar na costa do noroeste peninsular é a existencia de importantes acumulacións sedimentarias cubrindo amplos sectores do litoral. Trátase de materiais pertencentes a distintos intres do Plistoceno recente. Xeneticamente pódense diferenciar depósitos de orixe glaciar, glacio-nival, periglaciar e fluvio nival ou fluvioglaciar. A partir deles púxose en marcha unha dinámica paraglaciar que deu como resultado diferentes tipos de praias de bloques e de cantos (Blanco-Chao et al, 2007, Pérez Alberti et al., 2009).

Os primeiros localizáronse na serra da Capelada. Trátase de potentes acumulacións heterométricas,

que presentan secuencias deposicionais variadas e que ocupan os sectores de Santo André de Teixido e Teixidelo (Fig. 4D). O ataque das ondas en intres de temporal, dado que se trata dunha área de alta enerxía, xunto coas augas de enxurrada, que aumentan considerablemente en intres de alta intensidade da precipitación, favoreceu a fragmentación e o desmantelamento dunha parte dos depósitos. Iso xerou un impresionante coído-peiraos, nome dado no sector-fronte a Santo André e Teixidelo contra o que as ondas disipan a súa enerxía boa parte do ano (Pérez-Alberti, 2014).

No suroeste de Galicia, entre cabo Silleiro e A Guarda, noutro sector marcado pola alta enerxía do mar, atópanse importantes acumulacións sedimentarias caracterizadas por unha alternancia de niveis de areas, gravas e cantos. As facies sedimentarias presentan unha certa disposición laminar dos cantos, o que indica unha deposición nun ambiente que favorecería as descargas de auga á beira de fluxos de bloques, ou bloques aradores, sobre un chan xeadado, e coladas de solifluxión. A destrución dos depósitos deu lugar a xénese de amplos coídos na fronte costeira. Outro tanto sucede na Costa da Morte, especialmente no sector que se estende entre o cabo Touriñán e Muxía. As acumulacións de orixe fría tapizan boa parte do litoral xerando, en función das características sedimentolóxicas, diferentes coídos de aspecto variado (Costa-Casais et al. 1999).

Froito das augas de fusión que descendían desde a serra da Groba aparecen os abanos aluviais a partir dos que se xeraron coídos. É o que sucede no lugar de Porto Senín, ao sur de Baiona. O menor tamaño dos clastos favorece un maior dinamismo e, consecuentemente, unha maior modificación do seu perfil ao longo do ano. En calquera caso, sempre é reflectivo e con forte pendente. Como no sector desemboca na actualidade unha canle de auga, as modificacións topográficas non están só en relación á acción das ondas; estano tamén en sincronía cos momentos de chea das augas continentais. Nestes intres a praia racha perpendicularmente destruindo o perfil. Esta situación dura o tempo que dure a chegada do seguinte evento tormentoso mariño, durante o que a praia volve adquirir o seu perfil máis frecuente.

A mobilidade dos bloques

A análise mediante SIX permitiu comprobar importantes cambios na posición dos contornos dos clastos, o que amosou, por unha banda, que os bloques se

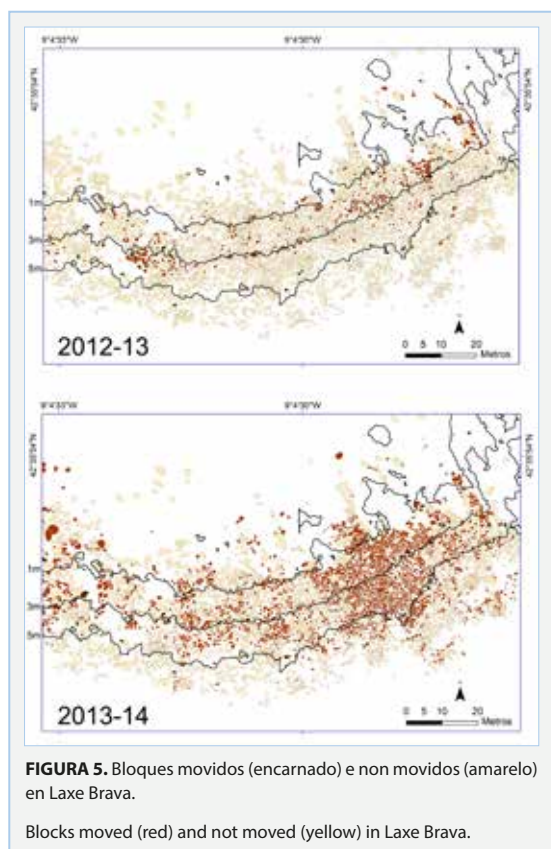
movían e, por outra, que había un aumento marcado na porcentaxe de clastos que o facían entre os dous invernos analizados (2012-2013 e 2013-2014). Concretamente, viuse o paso dun 17,5% ao 47,8% en Laxe Brava (Fig. 5) e dun 53,0% ao 87,6% en Oia (Fig. 6) (Pérez Alberti & Trenhaile, 2015b). O tamaño medio dos bloques que se moveron, representados polas súas superficies cartografadas desde arriba, era aproximadamente os dous terzos do número dos que non se moveran en Laxe Brava nos dous invernos e no inverno de 2012-2013 en Oia. A diferenza foi moito maior en Oia durante o inverno de 2013-2014, onde o tamaño medio dos clastos móbiles é de só 0,38 veces a media do tamaño dos inmóbiles. Aínda que o movemento foi selectivo segundo o tamaño do bloque, os solapamentos no tamaño dos móbiles e inmóbiles nas poboacións eran moi grandes en ambas as praias e durante os dous invernos.

Os bloques máis grandes tendían a ser os máis numerosos na parte inferior dos dous coídos, a elevacións de entre -0,5 m a 1 m. A maioría dos que se desprazaron

durante o inverno de 2012-2013 situáronse en alturas que varían desde a marea media ata os 2,5 m por riba do alto nivel de marea (0 a 4,5 m), coa maioría deles situados entre 0,5 m e 3,5 m. A zona dos bloques rodados móbiles estendeuse máis abaixo pola plataforma, especialmente no inverno de 2013-2014, e houbo un marcado aumento en case todas as elevacións na proporción dos móbiles. O aumento da mobilidade foi particularmente evidente en Oia, onde o 80% dos clastos estaban situados en elevacións de 0,5 m en comparación co 58% a 69% dos que o estaban entre 1 m e 4,5 m en Laxe Brava. A maior mobilidade proporcional dos bloques en Oia pode atribuírse, á parte de á intensidade das ondas, ao menor tamaño deles. En Laxe Brava, a maioría dos movementos no inverno de 2012-2013 deuse en elevacións situadas entre 1 e 3 m, con dúas concentracións de bloques no sector oriental da enseada, onde estaban emprazados ao longo de canles estreitas que condicionaron a dirección da onda de tormenta cara ao coído. Houbo un aumento considerable na área dos bloques móbiles durante o inverno de 2013-2014, o que provocou que as dúas concentracións existentes no sector oriental se fusionaran e se estenderan cara ao mar, ata elevacións inferiores a 1 m, e cara á terra, ata elevacións superiores a 6 m. A maioría dos bloques da parte superior desta gran concentración tiña unha superficie de 0,15 a 0,35 m², aínda que algún movido ata os 4 m de alto tiña áreas de máis de 0,7 m². Houbo outras concentracións menores dispersas ao longo do coído, xeralmente localizadas entre elevacións de 1 a 5 m, así como a presenza doutros cantos rodados illados móbiles dentro de sectores de bloques inmóbiles.

En Oia, a maioría dos bloques que se moveron durante o inverno de 2012-2013 estaban no sector nordeste do coído, en contraste co suroeste, que se atopa protexido por un alto promontorio rochoso. A maioría dos movidos estaban en elevacións de entre 1 e 4 m. Case todos os que aparecen illados enriba da plataforma a alturas máis baixas ficaron quedos, e só un pequeno número se moveu a altitudes superiores a 4 m. Por contra, houbo un movemento xeneralizado deles durante o inverno de 2013-2014. Moitos deles movéronse en altitudes comprendidas entre 1 e 5 m, incluíndo os existentes nas áreas máis baixas do promontorio da beira suroeste da praia. Ademais dalgúns pequenos bloques, os existentes na plataforma intermareal non se moveron.

Á parte do seguimento da mobilidade dos bloques



por mor do debuxo da súa contorna tamén se fixo un seguimento dos cambios na altura dos cumes en cada un deles. Previamente comprobouse a altura dos bloques que non se moveran e estimouse que existían erros nas medicións altitudinais, polo que só se tiveron en conta os cambios de altura superiores a 0,20 m.

Xeralmente, os cambios de altura implican que houbo un movemento considerable de bloques ou a súa eliminación completa dun lugar e a súa substitución por novas moreas deles, mentres que os cambios menores poderían resultar dun cambio na posición da rocha orixinal a través de desligamento, rotación sobre os seus eixes, ou a súa substitución completa por outro bloque. A maioría dos cambios na elevación da zona son pequenos, con preto de dous terzos de menos de 0,20 m en ambas as praias durante o inverno de 2012-2013 e en Oia en 2013-2014. Os cambios máis grandes rexistráronse en Laxe Brava durante a inverno de 2013-2014, cun 43% de entre 0,20 e 0,45 m.

Discusión

Ata hai pouco tempo había pouco interese polo estudo das costas rochosas que aparecían cubertas por grandes bloques e, consecuentemente polas costas rochosas como ambientes sedimentarios diferenciados das areosas (Felton, 2002; Noormets et al., 2004). Os investigadores que traballaban na costa rochosas centrábanse nas plataformas litorais e nos cantís, mentres outros investigadores costeiros concentraban os seus esforzos nas praias de area e grava, dunas e outros depósitos que responden moito máis rapidamente que as formas rochosas aos cambios diarios ou estacionais das ondas. Esta falta de interese polas costas rochosas pode atribuírse en parte ás suposicións de que:

- os coídos teñen pouco impacto no desenvolvemento das costas rochosas e
- os grandes bloques rodados son esencialmente inmóbiles a non ser que estean afectados por tsunamis (Lorang, 2011).

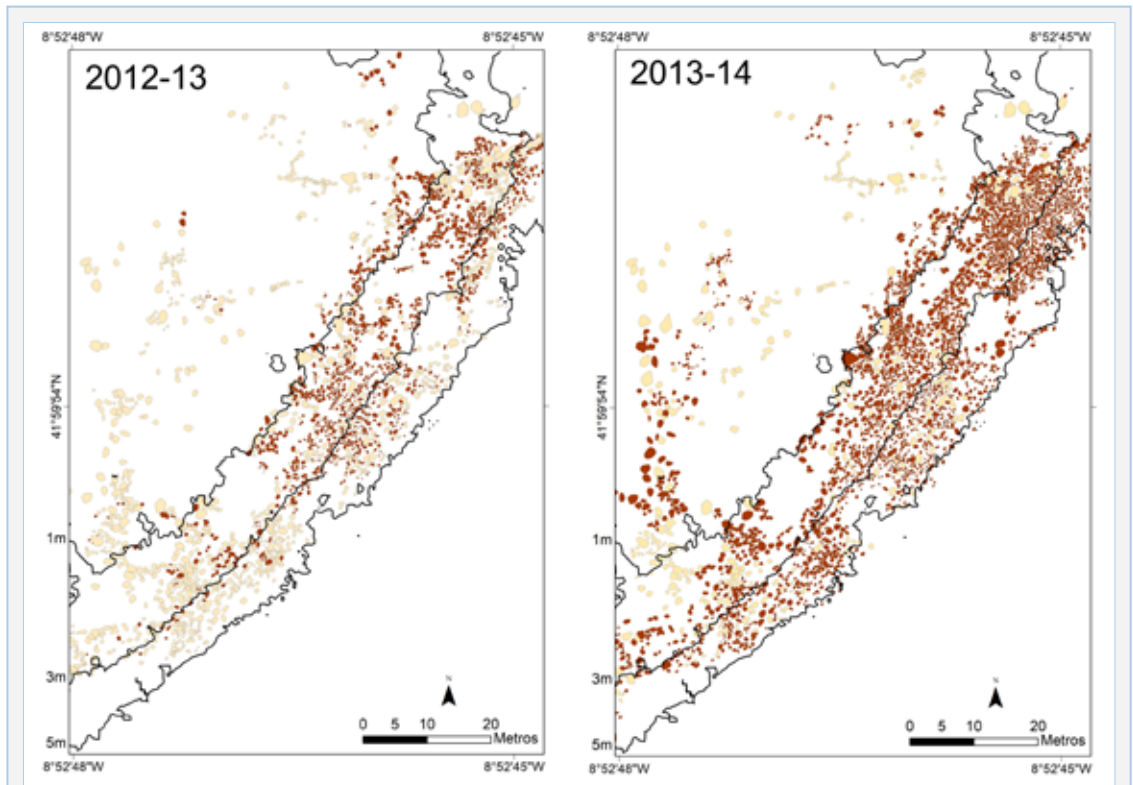


FIGURA 6. Bloques movidos (encarnado) e non movidos (amarelo) en Oia.

Blocks moved (red) and not moved (yellow) in Oia.

A primeira suposición foi rebatida por Pérez-Alberti et al. (2012), que amosaron que en Galicia os coídos eran quen de afectar no desenvolvemento das plataformas litorais subxacentes. As súas investigacións deixaron claro que o gradiente da plataforma aumenta co tamaño dos bloques en zonas con sedimento abundante. A segunda suposición foi contestada por numerosos investigadores, que mostraron que as grandes rochas son transportadas hoxe por ondas de tormenta, a miúdo a elevacións considerables por enriba do mar (Williams & Hall, 2004; Hansom et al., 2008; Hall et al., 2008; Hall, 2011; Fichaut e Suanez, 2011; Goto et al., 2011; Knight & Burningham, 2011; Pérez-Alberti et al., 2012; Shah-Hosseini et al., 2013).

Parece evidente, pois, que o primeiro problema co que houbo que enfrontarse á hora de analizar os coídos era amosar que o motor da súa mobilidade non eran necesariamente os tsunamis, e que os temporais mariños tamén eran quen de mover grandes bloques. Iso quedou demostrado. Porén, unha segunda cuestión era acadar unha metodoloxía que permitira entender como os coídos responden á enerxía das ondas para poder prever o posible efecto do aumento dos temporais e do nivel do mar polo cambio global, co gallo de poder levar a cabo unha planificación cara ao futuro do litoral.

As investigacións levadas a cabo desde hai vinte anos en Galicia non sempre foron doadas. Os medios dispoñibles eran escasos e moi rudimentarios. A marcación de bloques con pintura resultou inoperante, dado que, por unha banda, o marcado desaparecía e, por outra, a mestura dos clastos impedía ver resultados. Non obstante, coa aparición dos drons, moi especialmente a medida que melloraron as técnicas e programas fotogramétricos, propiciou un achegamento distinto.

A vella idea de que os coídos eran formas antigas, en gran medida herdadas do Eemiense, quedou aparçada ao comprobar que, se ben existen bloques na parte alta do coído que non se moven, si que hai unha achega recente de materiais en medio deles, o que é indicativo dun polixenismo, é dicir, de que son formas antigas que se están removendo continuamente, aínda que de xeito diferente segundo os sectores do coído. Existe unha gran mobilidade nos seus sectores inferior e medio, mentres que na maior parte deles, especialmente nos que presentan unha pendente máis pronunciada, os niveis superiores permanecen inmóbiles e os bloques novos que se observan entre os vellos proveñen dos sectores inferiores e son empurrados pola

auga en intres de alta intensidade enerxética.

En canto ao grao de protección ante os temporais proporcionada polos coídos, depende da súa forma, incluíndo o seu gradiente, extensión, elevación máxima e volume, así como da mobilidade dos seus clastos constituíntes. O gradiente dos coídos está en íntima relación a diversos factores, incluíndo a enerxía das ondas, o perfil que presentan, a regularidade da superficie, a potencial mobilidade dos seus compoñentes, que inclúe a súa masa e esfericidade, e o efecto das imbricacións e amoreamento, que orixina un auténtico envasado dos bloques ao cubriren uns aos outros. A gradación, a anchura e a máxima evolución dos coídos nas áreas de estudo reflicten en parte a topografía das plataformas costeiras subxacentes, o que supón a presenza de formas máis abertas alí onde a costa o é e máis arqueadas onde o litoral debuxa numerosos entrantes e saíntes. Con todo, investigacións anteriores amosaron que os coídos son depósitos dinámicos que responden aos cambios na enerxía das ondas (Oak, 1984; Etienne & París, 2010; Chen et al., 2011; Paris et al., 2011; Pérez-Alberti et al., 2012; Pérez-Alberti & Trenhaile 2015a; 2015b). A súa mobilidade responde dun xeito especial á intensidade dos temporais, cun aumento significativo na proporción de clastos que se moven, o seu maior tamaño e a elevación dos móbiles, desde o inverno de 2012 a 2013 ata o de 2013-2014. A relación entre o movemento dun clasto e o seu tamaño está influída nos coídos polos efectos do grao de reclusión ou peche por parte dos bloques adxacentes. O grao en que un deles sobresa e en relación aos circundantes determina a súa exposición fronte a acción da enerxía da onda e, polo tanto, é un factor importante na determinación da súa potencial mobilidade (Li & Komar, 1986; Gallaway et al., 2012).

Conclusiones

As principais conclusións son as seguintes:

- En Galicia existen diferentes coídos que se individualizan tanto pola súa tipoloxía como pola súa orixe.
- Os coídos son unha forma litoral cunha dinámica fortemente vencellada á intensidade da enerxía das ondas e ao tamaño dos bloques.
- Os maiores cambios positivos e negativos nos perfís do coído teñen lugar por enriba do nivel alto de marea, o que amosa a importancia do rango de marea e da altura das ondas en intres de temporal.
- Aínda que o anterior reflicte a forza do mar, as restricións impostas polo grao de solapamento dos

bloques é de suma importancia. Por iso é moi diferente a posibilidade de movemento dos bloques illados fronte aos que se atopan moi confinados con outros.

- Os microdrón ofrecen unha grande oportunidade á hora de controlar a estabilidade de miles de bloques dentro dun coído.

- O coñecemento da dinámica dos coidos é de grande interese á hora de planificar obras no litoral.

Bibliografía

- Blanco-Chao, R. & Pérez-Alberti, A. 1996.** Formas litorales en la costa noroccidental gallega: los sectores acantilados entre Cabo Prioriño (Ferrol) y Punta Frouxeira (Valdoviño). *Geographicalia*, 33: 3-28.
- Blanco-Chao, R., Perez-Alberti, A., Trenhaile, A. S., Costa Casais, A. & Valcarcel-Diaz, M. 2007.** Shore platform abrasion in a para-periglacial environment, Galicia, northwestern Spain. *Geomorphology* 83, 136–151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.028>.
- Chen, B., Chen, Z., Stephenson & W. Finlayson, B. 2011.** Morphodynamics of a boulder beach, Putuo Island, SE China coast: the role of storms and typhoon. *Marine Geology* 283, 1 <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.10.004>.
- Costa-Casais, M., Martínez Cortizas, A. & Pérez-Alberti, A. 1999.** Nuevas aportaciones al conocimiento del Cuaternario reciente en la costa atlántica de Galicia. In *Geoarqueología quaternaria litoral: memorial María Pilar Fumanal*. (pp. 381-390). Facultat de Geografia i Història.06–115.
- Etienne, S. M. & Paris, R. 2010.** Boulder accumulations related to storms on the south coast of the Reykjanes Peninsula (Iceland). *Geomorphology* 114, 55–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.008>.
- Felton, E. A. 2002.** Sedimentology of rocky shorelines: 1. A review of the problem, with analytical methods, and insights gained from the Hulopoe Gravel and the modern rocky shoreline of Lanai, Hawaii. *Sedimentary Geology* 152, 221–245. [http://dx.doi.org/10.1016/S0037-738\(02\)00070-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0037-738(02)00070-2).
- Fichaut, B. & Suanez, S. 2011.** Quarrying, transport and deposition of cliff-top storm deposits during extreme events: Banneg Island Brittany. *Marine Geology* 283, 36–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.11.003>.
- Galloway, E., Trenhaile, A. S., Cioppa, M. T. & Hatfield, R. G. 2012.** Magnetic mineral transport and sorting in the swash-zone: Northern Lake Erie, Canada. *Sedimentology* 59, 1718–1734. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3091.2012.01323.x>.
- Goto, K., Miyagi, K. & Kawana, T., Takahashi, J., Imamura, F. 2011.** Emplacement and movement of boulders by known storm waves — field evidence from the Okinawa Islands, Japan. *Marine Geology* 283, 66–78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.09.007>.
- Hall, A. M. 2011.** Storm wave currents, boulder movement and shore platform development: a case study from East Lothian, Scotland. *Marine Geology* 283, 98–105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.10.024>.
- Hall, A. M., Hansom, J. D. & Jarvis, J. 2008.** Patterns and rates of erosion produced by high energy wave processes on hard rock headlands: the Grind of the Navir Shetland, Scotland. *Mar. Geol.* 248, 28–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2007.10.007>.
- Hansom, J. D., Barltrop, N. D. P. & Hall, A. M. 2008.** Modelling the processes of cliff-top erosion and deposition under extreme storm waves. *Marine Geology* 253, 36–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2008.02.015>.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN).** Centro de descargas: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (consultada o 24/06/2019)
- Knight, J. & Burningham, H. 2011.** Boulder dynamics on an Atlantic-facing rock coastline, northwest Ireland. *Marine Geology* 283, 56–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.07.008>.
- Li, Z. & Komar, P. D. 1986.** Laboratory measurements of pivoting angles for applications to selective entrainment of gravel in a current. *Sedimentology* 33, 413–423. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3091.1986.tb00545.x>.
- Lorang, M. S. 2011.** A wave-competence approach to distinguish between boulder and megaclast deposits due to storm waves versus tsunamis. *Marine Geology* 283, 90–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.10.005>.
- Noormets, R., Crook, K. A. W. & Felton, E. A. 2004.** Sedimentology of rocky shorelines: 3. Hydrodynamics of megaclast emplacement and transport on a shore platform Oahu, Hawaii. *Sediment. Geol.* 172, 41–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.07.006>.
- McKenna, J. 2005.** Boulder beaches. In: Schwartz, M.L. (Ed.), *Encyclopedia of Coastal Science*. Springer, Berlin, pp. 206–208.
- Oak, H. L. 1984.** The boulder beach; a fundamentally distinct sedimentary assemblage. *Annals of the Association of American Geographers* 74, 71–82. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8306.1984.tb01435.x>.
- Paris, R., Naylor, L. A., & Stephenson, W. J. 2011.** Boulders as a signature of storms on rock coasts. *Marine Geology* 283, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2011.03.016>.
- Pérez-Alberti, A. & Bedoya, L. J. 2004.** Caracterización de las playas de Cantos y bloques (coídos) en el noroeste de la Península Ibérica. In: Blanco Chao, R., López Bedoya, J & Pérez-Alberti, A. *Procesos geomorfológicos y evolución costera: actas de la II Reunión de Geomorfología Litoral*. Santiago de Compostela, 371–400.
- 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 Quaternari*. Publicaciones de la Universitat de Valencia.
- Pérez-Alberti, A., Blanco-Chao, R., Otero, M., Macias, I. & Bedoya, J. L. 2009.** Cambios ambientais detectados na costa de Galicia durante o Plistoceno e Holoceno e dinámica actual. In: Pérez Muñuriz, Fernández Cañamero & Gómez Gesteira (eds.) *Evidencias e Impactos do cambio climático en Galicia*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- Pérez-Alberti, A., Trenhaile, A. S., Pires, A., López-Bedoya, J., Chamín, H. I. & Gomes, A. 2012.** The effect of boulders on shore platform development and morphology in Galicia, north west Spain. *Continental Shelf Research* 48: 122-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2012.07.014>.
- Pérez-Alberti, A. 2014.** Geomorfología in: Arán Ferreiro, D., Macias Vázquez, F., Calvo de Anta, R., Pérez-Alberti, A., Otero Pérez, X. L., Pérez, J. R. V. V., ... & Macias García, F. *Complejo Básico-Ultrabásico de Capelada-Cabo Ortegal*. Andavira Editorial. Santiago de Compostela. 98 pax.
- Pérez-Alberti, A. & Trenhaile, A. S. 2015a.** An initial evaluation

- of drone-based monitoring of boulder beaches in Galicia, north-western Spain. *Earth Surface Processes and Landforms* 40: 105-111.
- Pérez-Alberti, A. & Trenhaile, A. S. 2015b.** Clast mobility within boulder beaches over two winters in Galicia, northwestern Spain. *Geomorphology*, 248: 411-426
- Pérez-Alberti, A. & Gómez-Pazo, A. 2019.** The Rocky Coasts of Northwest Spain. In: Morales, J.A. (ED.) *The Spanish Coastal Systems*. Springer, Cham. 27-47.
- POL Galicia, 2009.** <http://www.xunta.es/litoral/web/index.php/descargables> (consultada o 24/06/2019)
- Puertos del Estado.** Datos dispoñíbeis en <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx> (consultada o 24.06.2019).
- Shah-Hosseini, M., Morhange, C., De Marco, A., Wante, J., Anthony, E. J., Sabatier, F., Mastronuzzi, G., Pignatelli, C. & Piscitelli, A. 2013.** Coastal boulders in Martigues, French Mediterranean: evidence for extreme storm waves during the Little Ice Age. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Vol. 57 (2013), Suppl. 4, 181–199. <http://dx.doi.org/10.1127/0372-8854/2013/00132>.
- Williams, D. M. & Hall, A. M. 2004.** Cliff-top megaclasts deposits of Ireland, a record of extreme waves in the North Atlantic: storms or tsunamis? *Marine Geology* 206, 101–117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2004.02.002>.
- Rebut el 26.07.19. Acceptat el 26.08.19.**