

## Arte rupestre galaica: unha achega dende a estatística espacial e os SIX

*Galician rock art: an approach from the Spatial Statistics and the GIS*

CARLOS RODRÍGUEZ RELLÁN

RAMÓN FÁBREGAS VALCARCE

Universidade de Santiago de Compostela

### RESUMO

Mediante o uso conxunto de Sistemas de Información Xeográfica –GRASS GIS– e de ferramentas estatísticas –R– se levou a cabo unha análise da distribución espacial da arte rupestre de Porto do Son (A Coruña). Os resultados amosan que os petróglifos da área de estudo non presentan unha distribución homoxénea nen intensidade uniforme. A exploración das posibles causas desa heteroxeneidade nos permitiron, en primeiro lugar e a través de modelos de potencialidade arqueolóxica, definir aquelas variables externas que puideron ter afectado á distribución espacial do fenómeno analizado. Acto seguido, e mediante diversos tests baseados no método de Monte Carlo, se tentou establecer a existencia de posibles relacións de dependencia entre os puntos que conforman a poboación estudiada.

**Palabras clave:** estatística espacial, modelos predictivos, distribución espacial, Monte Carlo, petróglifos.

### ABSTRACT

An analysis of the spatial distribution of the rock art of Porto do Son (A Coruña) has been conducted using both Geographic Information Systems –GRASS GIS– and statistical tools –R–. The results point out that the petroglyphs in the study area show a heterogeneous distribution and a nonuniform intensity. The exploratory analysis of the possible causes of such lack of homogeneity has allowed us to define, through the use of an archaeological potential model, those external variables that might have conditioned the spatial distribution of the analysed sample. Subsequently, we have tried to establish –by using several tests based on the Monte Carlo methods– the existence of eventual dependency relations between the points conforming the studied group.

**Keywords:** spatial statistics, predictive modeling, spatial distribution, Monte Carlo, petroglyphs.

## 1. INTRODUCCIÓN

O incremento exponencial que ten experimentado o corpus de datos xerado pola actividade arqueolóxica ó longo das últimas décadas fai preciso o recurso a ferramentas informáticas cada vez máis potentes que permitan a súa xestión e análise dun xeito eficiente e ordenado. Neste contexto, os Sistemas de Información Xeográfica son dunha importancia clave para a Arqueoloxía actual, e o seu uso pasou a formar parte da rutina da nosa disciplina, tanto na súa vertente de xestión como na de investigación.

Os autores deste traballo non son axenos a esta dinámica; non obstante, resulta obvio que ningún deles pode ser considerado un especialista na aplicación deste tipo de ferramentas á Arqueoloxía. Máis ben ó contrario: os SIX non xogan un papel fundamental no desenvolvemento da actividade investigadora dos que suscriben, senón que forman parte dun abano de aplicacións cuxo uso é puntual e atende ó obxectivo básico de responder a preguntas –xeralmente sinxelas– xurdidas durante o estudio de diversas cuestións relacionadas coa prehistoria recente na nosa comunidade. Un exemplo delo sería, por exemplo, o uso dos SIX co obxectivo de definir a relación espacial entre petróglifos e vías de tránsito (Fábregas e Rodríguez-Rellán, 2015) ou o cálculo das isocronas dende determinados xacementos ás súas potenciais fontes de aprovisionamento de materias primas líticas (Rodríguez-Rellán e Fábregas, 2015).

Neste traballo, presentaremos varios dos métodos de análise que temos aplicado ó estudio da arte rupestre ao aire libre da nosa comunidade ó longo dos últimos anos. O obxectivo do mesmo non é –no entanto– describir aproximacións novedosas ou netamente orixinais, senón simplemente amosar exemplos básicos e concretos que permitan ilustrar os potenciais beneficios da aplicación conxunta dos Sistemas de Información Xeográfica e a estatística espacial á arqueoloxía da nosa comunidade.

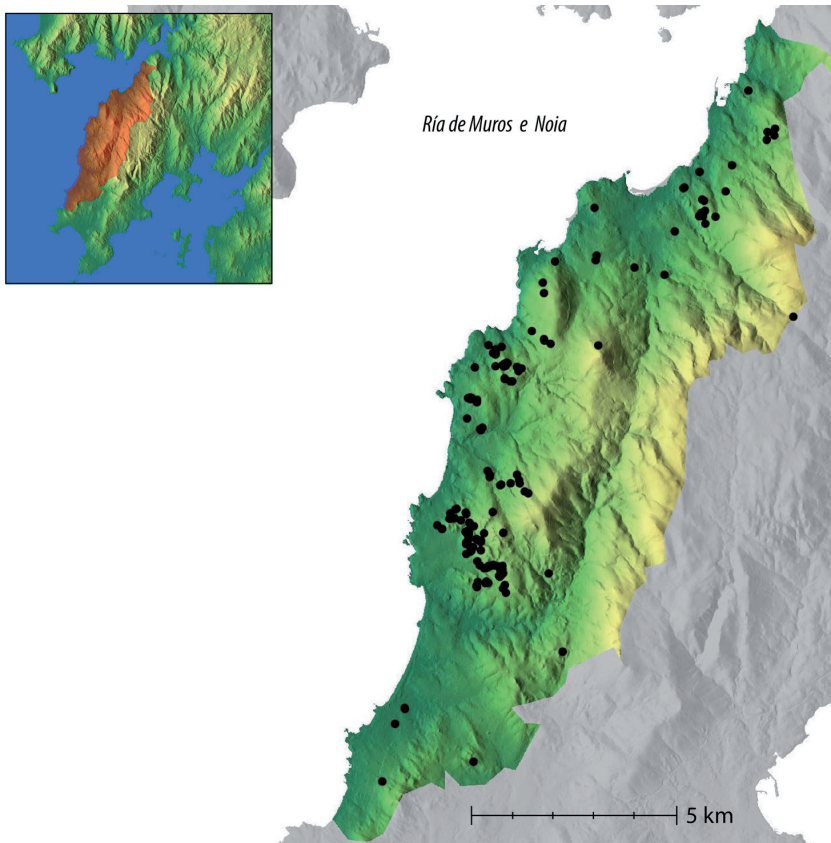
## 2. ÁREA DE ESTUDIO

Na zona Norte da Península do Barbanza a arte rupestre é un fenómeno relativamente ben investigado, grazas a traballos iniciais en áreas ou estacións puntuais –como a de “Braña das Pozas”/“Pozas da Garda” (Gil e Concheiro, 1993; Concheiro e Gil, 1994) ou a de “Laxe da Sartaña” (Soto e Rey, 1994; Rey e Soto, 1996)– que foron posteriormente ampliados por investigadores locais (Mariño, 2000; Guitián e Guitián, 2001), quen levaron a cabo un importantísimo labor de prospección e inventariado de petróglifos.

O Grupo de Estudos para a Prehistoria do Noroeste (GEPN) tamén tomou parte neste esforzo colectivo que supón a investigación da arte rupestre barbanzana e –entre os anos 2002 e 2005– levou a cabo un proxecto de investigación centrado na análise do fenómeno rupestre do Concello de Porto do Son (“*Ocupación del Espacio y Modificaciones*

*del Entorno en la Península del Barbanza durante la Prehistoria Reciente*<sup>1)</sup> (Fábregas et al., 2008); este víuse complementado en anos posteriores pola realización de varios convenios coa Xunta de Galicia para o estudo das áreas afectadas pola vaga de lumes do verán de 2006 (Fábregas e Rodríguez, 2012a).

Os labores de campo desenvolvidos durante os distintos achegamentos á zona de estudo protagonizados polo GEPN implicaron –na práctica– a prospección de case toda a superficie do municipio sonense e, grazas á colaboración imprescindible dos especialistas locais, supuxeron aumentar o catálogo ate acadar un total de 165 petróglifos (Fig. 1), número que permite superar a consideración tradicional que se tiña desta zona como unha área periférica dentro do fenómeno da arte rupestre ao aire libre da comunidade galega.



**Figura 1.** Mapa do Concello de Porto do Son coa situación das estacións de arte rupestre.

1 Financiado polo Ministerio de Ciencia y Tecnología (BHA2002-00018) e pola Consellería de Innovación, Industria e Comercio a través da Dirección Xeral de Investigación e Desenvolvemento (Xunta de Galicia).

Aínda que, obviamente, a investigación arqueolóxica nunca pode considerarse unha tarefa plenamente rematada, como amosa o feito de que –dende a monografía publicada en 2012– se teña asistido á localización de novas rochas con gravuras (com. pers. X. Guitián) unha das cales é incluída na análise aquí presentada, o certo é que pode estimarse que a información actual sobre a arte rupestre da área de estudio conta con un alto grao de representatividade. Neste senso, e a pesar de que é moi probable que nos próximos anos e décadas se produza a localización de varias ducias máis de petróglifos, non cabería esperar que a situación xeral acerca do noso coñecemento sobre as características e distribución da arte rupestre do concello de Porto do Son cambie dun xeito notable no futuro inmediato.

Esta circunstancia é de gran relevancia para o tipo de traballo que presentamos aquí, pois –para levar a cabo unha análise espacial dun determinado fenómeno arqueolóxico– resulta de enorme importancia contar con unha área de estudio na que a investigación se teña desenvolvido dun xeito organizado e sistemático, permitindo minimizar a posibilidade de que a distribución observada no fenómeno en cuestión estea afectada por baleiros de investigación e asegurando que os datos manexados foron recollidos atendendo a uns criterios comúns.

### 3. FERRAMENTAS EMPREGADAS DURANTE A ANÁLISE

Para a realización das análises descritas neste traballo, recurrimos ó uso de GRASS GIS (<http://grass.osgeo.org>), nas súas versións 6.4, 7.0 e 7.1. GRASS é unha ferramenta SIX gratuíta e de código aberto cuxo desenvolvemento resulta dun labor colectivo levado a cabo por unha comunidade de usuarios composta fundamentalmente por científicos e investigadores, o que ten propiciado a aparición dun bo número de extensións deseñadas para responder a necesidades específicas de especialistas das máis diversas disciplinas, incluída a Arqueoloxía, como amosa –por exemplo– a creación da extensión *r.prominence*, destinada a calcular a prominencia topográfica definida por M. Llobera (Llobera, 2001a).

O fluxo normal de traballo en GRASS outorga un gran protagonismo ó terminal de comandos o que, unido a unha interfaz de usuario as veces non demasiado intuitiva, pode provocar que a curva de aprendizaxe nesta plataforma sexa bastante pronunciada. Ó mesmo tempo, dita característica dota a GRASS dunha enorme versatilidade e flexibilidade, facilitando o desenvolvemento de paquetes por parte dos propios usuarios ou a súa integración con outras aplicacións de código libre.

Un exemplo desta última característica reside no feito de que GRASS é, posiblemente, unha das plataformas SIX nas que resulta máis doada a integración coa linguaxe e contorna de programación estatística R (R Core Team, 2015), cuxo uso conxunto incrementa exponencialmente a capacidade analítica dos seus usuarios. Neste traballo se tirou proveito de dita integración, empregando para elo o software estatístico R na súa versión 3.1.3. A conexión entre R e GRASS foi posible mediante os paquetes *spgrass6* e *rgrass7* (Bivand, 2014; 2015). Así mesmo, diversos paquetes –tanto xerais como centra-

dos na estatística espacial– foron empregados durante as análises, tal é o caso de *spatstat* (Baddeley e Turner, 2005), *sp* (Pebesma et al., 2013), *maptools* (Bivand et al., 2015) ou *raster* (Hijmans, 2015), entre outros.

Finalmente e en canto á cartografía empregada, como mapa base para os cálculos amosados neste traballo se recurriu ó Modelo Dixital do Terreo con paso de malla de 5 metros do Instituto Geográfico Nacional, realizado a partir dos voos fotogramétricos e LIDAR do Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), dispoñible de xeito gratuito a través da páxina web do Centro de Descargas do Centro Nacional de Información Geográfica. Os mapas xeolóxicos utilizados foron os da Cartografía Geolóxica GEODE a escala 1:50.000, dispoñibles –tamén gratuitamente– a través do Sistema de Consulta y Difusión Web de Cartografía Geolóxica Continua (SIGECO) do Instituto Geológico y Minero de España.

#### 4. ALGÚNS CONCEPTOS BÁSICOS

Quizais sexa pertinente iniciar este apartado recordando que unha distribución de puntos nun mapa constitúe, ante todo, unha simplificación –a miúdo extrema– dun conxunto de eventos complexos ocorridos ó longo do tempo (Bevan et al., 2013). Por este motivo, resulta importante –ao realizar unha análise espacial dun determinado fenómeno– decidir que grao de simplificación resulta aceptable a teor dos obxectivos do noso estudio e das limitacións dos datos ó noso dispor.

No caso que nos ocupa, a principal simplificación á que tivemos que recurrir veu dada pola consideración do corpus de arte rupestre ao aire libre do Concello de Porto do Son como unha entidade cronoloxicamente homoxénea, é dicir, como un proceso estritamente estacionario. Aínda que sabemos a ciencia certa que tal asunción non é real (Fábregas e Rodríguez, 2012b), dita opción se establece case como unha condición *sine qua non* para poder levar a cabo calquera tipo de análise de distribución espacial dos petróglifos galegos, dado o alto grado de incertidume que aínda existe hoxendía con respecto á súa cronoloxía (Santos, 2008; Fábregas e Rodríguez-Rellán, 2015). Aínda que esta circunstancia impón obvias limitacións á representatividade dos resultados obtidos durante as análises aquí descritas, confiamos en que estas servirán –ó menos– para incrementar un pouco o noso coñecemento sobre as características básicas da distribución espacial da arte rupestre do Concello de Porto do Son.

Un dos primeiros pasos a dar cando se abunda na análise de distribución espacial dun determinado *proceso*<sup>2</sup> é o de averiguar se este se atopa ou non aleatoriamente distribuído; é dicir, constatar se a distribución dos puntos ó longo da área de estudio é froito

---

2 Entedemos o termo “proceso” como un procedemento no cal se analiza a ubicación dunha serie de eventos no marco dunha rexión concreta (Bivand et al., 2013); no noso caso concreto, a localización da arte rupestre prehistórica dentro dos límites do Concello de Porto do Son.

do azar. Os arqueólogos, en tanto que tratan con procesos artificiais –orixinados pola acción das sociedades humanas do pasado– tenden a considerar que o resultado de ditas actividades non pode configurarse como un proceso puramente aleatorio dende un punto de vista espacial. A pesar desta circunstancia, sempre resulta recomendable comprobar se o proceso a analizar (v.g. a distribución espacial da arte rupestre sonense) cumpre ou non coas características da denominada “*Aleatoriedade Espacial Completa*” (*Complete Spatial Randomness* ou *CSR*). Un proceso aleatorio destas características se caracteriza polo feito de que os puntos que o conforman presentan unha distribución cunha intensidade homoxénea e uniforme ao longo de toda a área de estudio.

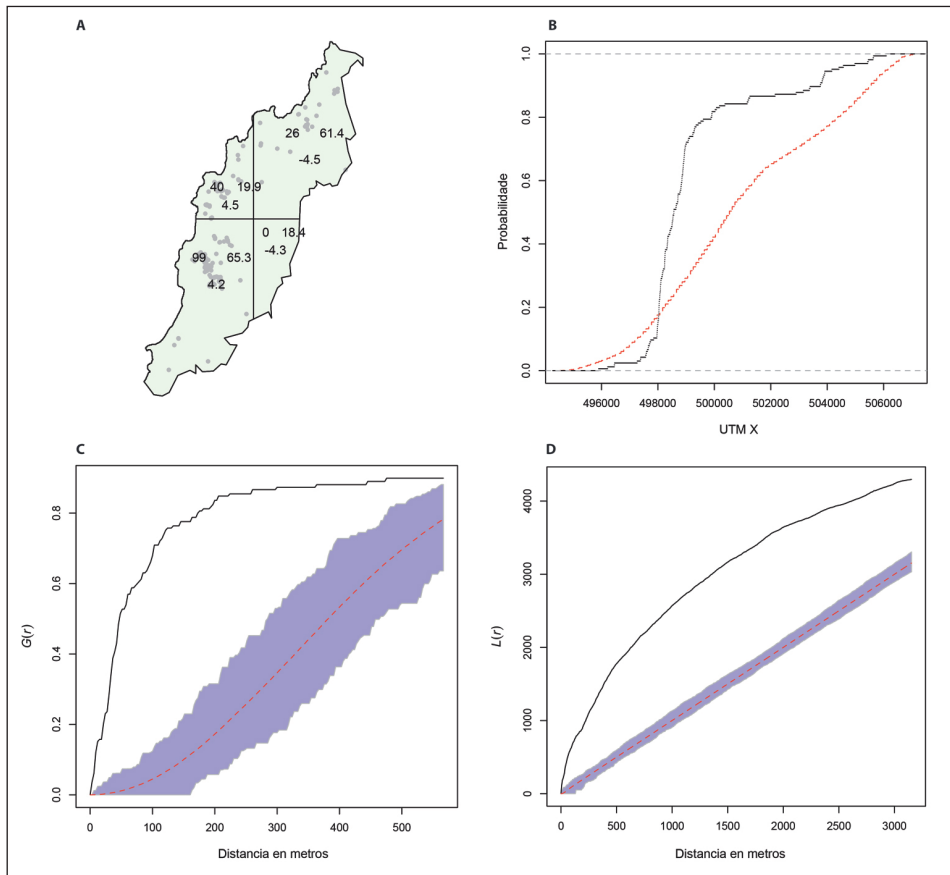
Na maior parte das ocasións, é suficiente con ollar para un mapa de distribución (Fig. 1) para ver se os puntos presentan una distribución homoxénea e uniforme ou se, pola contra, existen áreas cunha gran intensidade de puntos (distribución agrupada) e outras nas que estes aparecen máis uniformemente espaciados (distribución regular). Non obstante, a realización de análises máis detalladas nos permitirá coñecer en profundidade as características da homoxeneidade e intensidade do proceso que estamos a estudar, evidenciando –por exemplo– se existen, dentro do mesmo, distribucións localmente aleatorias enmascaradas detrás dunha distribución xeral aparentemente regular ou agrupada.

Existen diversos métodos para testar a Aleatoriedade Espacial Completa dun determinado proceso. Unha das máis extendidas en Arqueoloxía é a dos “*tests baseados en cuadrantes*” (*quadrat test*). Neste método, a área de estudio se divide en varios sectores (Fig. 2 A), para logo contar o número de puntos presentes en cada un deles e comparalo co valor esperado nunha distribución completamente aleatoria. No caso que nos ocupa, a análise de cuadrantes evidenciou que a distribución da arte rupestre en Porto do Son non presenta unhas características homoxéneas nen unha intensidade uniforme, con un maior número de petróglifos do esperado nos cuadrantes occidentais e un “déficit” dos mesmos nos sectores orientais.

Aínda que este método resulta útil para unha primeira análise superficial, o certo é que presenta certas limitacións (Bivand et al., 2013), coma o feito de que non resposte ben á análise de áreas con límites irregulares (o noso caso), ou a circunstancia de que a súa “potencia” dependa dun xeito importante do tamaño e cantidade de cuadrantes nos que se divida dita área. Así pois, resulta frecuente recurrir a outros tests de maior fiabilidade, como o de *Kolmogorov-Smirnov* (Fig. 2 B) (Baddeley, 2010).

Especial atención require –polo seu interés e utilidade– aquela familia de tests baseados no denominado como *Método de Monte Carlo*, do cal veremos varios exemplos ó longo de este traballo. Éstes céntranse na avaliación dun determinado proceso a través da súa comparación co resultado xerado pola simulación reiterada de procesos plenamente aleatorios. Así, por exemplo, se queremos comprobar se a nosa poboación de 165 petróglifos presenta unha distribución aleatoria, os test baseados no método de Monte Carlo nos permitirán avaliar dita posibilidade mediante a comparación da distribución real dos petróglifos con aquela xerada pola simulación dun número  $n$  de poboacións distribuídas ao chou (no noso caso, 999 simulacións de 165 puntos cuxa distribución espacial cumpre

coas características de CSR). Se a distribución dos petróglifos é froito do azar, entón cabería esperar que amosase unhas características similares ás das 999 poboacións aleatorias xeradas durante a simulación; do contrario, podería desbotarse a hipótese dunha distribución casual para a arte rupestre da área de estudo.



**Figura 2.** Tests de Aleatoriedade Espacial Completa: A). Test de cuadrantes; B). Test de *Kolmogorov-Smirnov*; C). Test da *Función G*; D). Test homoxéneo da *Función L* de Ripley.

De entre os tests deste tipo, varios son empregados con maior frecuencia para determinar a Aleatoriedade Espacial Completa dun determinado proceso: a *Función G* –tamén denominada “*distancia ó evento máis próximo*”– e, sobre todo, a coñecida como *Función K* de Ripley (*Ripley’s K Function*) e a súa variante, a *Función L* (Bivand et al., 2013). Ámbolos dous métodos resultan, ate certo punto, similares: mentres a *Función G* se basea na medición da distribución da distancia entre un punto arbitrario das poboacións analizadas e o punto máis próximo, as *Funcións K* e *L* miden o número de puntos existentes a

determinadas distancias das entidades analizadas<sup>3</sup>. Os resultados destas análises sobre os petróglifos sonenses (Fig. 2 C e 2 D, liña negra) evidencian que a súa distribución espacial non amosa uns valores equivalentes ós observados no caso das 999 poboacións aleatorias simuladas (liña vermella intermitente e o seu intervalo de confianza), polo que cabe deducir que a arte rupestre da zona de estudio non presenta a distribución homoxénea e a intensidade uniforme propias dos procesos con unha aleatoriedade espacial completa.

Unha vez evidenciado que o proceso a analizar non presenta unha distribución aleatoria, a seguinte cuestión que xurde é a de cales son as razóns que explican a distribución observada, é dicir: cales son os motivos detrás da tendencia dos petróglifos a concentrarse en determinados lugares mentres que apenas están presentes en outros. De xeito xeral, a falta de homoxeneidade e uniformidade na distribución e intensidade dun determinado proceso é atribuída ós efectos que sobre o mesmo teñen dous tipos de elementos: as “*características de primeira orde*” e as “*características de segunda orde*”.

Dun xeito básico, podería definirse ás características de primeira orde como aquelas que describen a intensidade media dos puntos ó longo da área de estudio, e os efectos de primeira orde se refiren ós factores externos que propician que a presenza de puntos sexa máis ou menos intensa en determinados lugares (Bevan et al., 2013). Así, as variables que poderían considerarse que exercen efectos de primeira orde e que son citadas con maior frecuencia na bibliografía arqueolóxica como responsables dos cambios de intensidade na distribución dos petróglifos galegos serían, por exemplo, a altitude (Fábregas et al., 2008), a proximidade a cursos de auga e terras fértiles (Bradley et al., 1994; Bradley, 1997) ou a cercanía a vías de tránsito importantes (Villoch, 1995; Rodríguez et al., 2008).

É importante, non obstante, ter claro que os efectos de primeira orde non se constitúen tan só a partir daquelas variables de natureza exclusivamente “material”, pois a importancia simbólica ou ritual dun espazo concreto tamén puido propiciar cambios na intensidade da arte rupestre dunha determinada rexión (ben fomentando os episodios de gravado ou, polo contrario, restrinxíndoos). Nun senso similar, o nivel de desenvolvemento da actividade investigadora tamén podería considerarse –ate certo punto– como unha variable con potenciais efectos de primeira orde, dado que unha investigación insuficiente ou irregular pode provocar baleiros que alteren artificialmente a intensidade do proceso a analizar (Bevan et al., 2013).

Pola súa parte, as características de segunda orde son aquelas que permiten describir a intensidade relativa de puntos como un fenómeno froito da interacción entre estes e outros puntos que forman parte do mesmo proceso (*Ibid.*). Un exemplo ilustrativo sería aquel polo cal a distribución espacial dos xacementos domésticos pertencentes a unha determinada comunidade podería terse visto afectada pola localización das zonas de hábitat de grupos veciños cos que competirían por determinados recursos. Para o caso da

---

3 Á hora de realizar calquera destas análises, resulta importante ter en conta os efectos que a proximidade dos límites da área de estudio teñen sobre o cálculo da intensidade do proceso estudado, e tomar as medidas oportunas para tentar paliar ou corregir dito sesgo.



arte rupestre, podería considerarse –por exemplo– a hipótese de que a existencia dun determinado petróglifo cunha significación especial tivese fomentado o proceso de gravado das rochas das inmediacións, provocando así unha agrupación de gravuras que acabase afectando á intensidade xeral da distribución deste fenómeno.

Por normal xeral, resulta enormemente complicado diferenciar ou separar os efectos que, na distribución espacial de un determinado proceso, teñen as características de primeira e segunda orde. Así, é difícil determinar se a concentración de arte rupestre nun determinado lugar pode ser explicada exclusivamente pola presenza de soportes pétreos idóneos ou a proximidade de recursos naturais importantes ou se a mesma obedece tamén a un fenómeno de atracción iniciado por un episodio inicial de gravado con un gran significado para a comunidade.

Son moitos os arqueólogos que, á hora de explicar un determinado fenómeno, se teñen preocupado de xeito caseque exclusivo polos efectos das características de primeira orde. Pola contra, tamén resulta frecuente que os estudos de análise espacial realizados na nosa disciplina se centren en tentar identificar os efectos das características de segunda orde antes de ter definido dun xeito apropiado o impacto das características externas ó propio proceso (Bevan et al., 2013). Para tentar evitar caer en calquera dos dous extremos, neste traballo procuramos medir –en primeiro lugar– os efectos que determinadas variables, que poderían ser consideradas de primeira orde, tiveron sobre a intensidade amosada pola distribución espacial dos petróglifos sonenses para, nun segundo momento, tentar identificar os efectos das propiedades de segunda orde que puideran afectar á intensidade espacial de dito proceso e ter provocado relacións de dependencia entre os puntos que o conforman.

## 5. EFECTOS DAS VARIABLES DE PRIMEIRA ORDE NA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DOS PETRÓGLIFOS DE PORTO DO SON

O primeiro paso para medir o posible impacto dos efectos de primeira orde na intensidade da distribución da arte rupestre sonense consistiu en tentar definir aquelas variables externas con maiores posibilidades de ter exercido algún tipo de efecto sobre a localización xeral dos petróglifos ó longo da área de estudio (Táboa I). Para iso, resultou extremadamente útil recurrir á experiencia acumulada ó longo de máis dunha década de estudio do fenómeno rupestre de Porto do Son, así como aos traballos realizados por outros especialistas en diversas áreas do Noroeste.

Unha das variables que se considerou en primeiro lugar foi a da xeoloxía predominante na contorna dos petróglifos (Fig. 3). Os estudos previos indicaban unha clara preferencia dos gravados por situarse sobre rochas graníticas (95% das estacións sonenses) fronte a outro tipo de soportes (Fábregas e Rodríguez, 2012a). Tal preferencia semella que, en ocasións, mesmo puido ter afectado á ubicación topográfica dos petróglifos: nos contextos presididos por rochas xistosas, os gravados foron situados preferentemente nos

escasos batolitos graníticos presentes na contorna, mesmo cando estes non cumprían con moitas das características habituais –en termos, por exemplo, de tamaño ou disposición na paisaxe– detectadas en outros puntos da área de estudio (*Ibid.*). Para poder analizar esta variable se empregou un mapa xeolóxico da zona (Fig. 3), o cal foi reclasificado en catro grandes grupos: rochas graníticas; xistos; outro tipo de litoloxías (dioritas, anfibolitas, etc...); e depósitos holocenos (praias, marismas, depósitos aluviais, etc...).

**Táboa I**

Variables con posibles efectos de primeira orde sobre o proceso analizado neste artigo. As variables marcadas con asterisco (\*) son aquelas que o Modelo de Regresión Xeralizado determinou como estatisticamente significativas e que, polo tanto, foron consideradas á hora de crear o modelo de potencialidade arqueolóxica.

VARIABLES DE PRIMEIRA ORDE TIDAS EN CONTA NAS ANÁLISES
<i>Altitude*</i>
<i>Xeoloxía*</i>
<i>Inclinación da Pendente*</i>
<i>Orientación da pendente*</i>
<i>Distancia dende o curso de auga máis próximo</i>
<i>Custo de tránsito dende o curso de auga máis próximo</i>
<i>Prominencia a media escala (1000 metros)*</i>
<i>Prominencia a gran escala (100 metros)</i>
<i>Intensidade potencial de tránsito</i>
<i>Visibilidade absoluta</i>

A altitude dos petróglifos tamén foi unha das variables tidas en conta. A gran maioría das estacións rupestres da área de estudio se localiza na franxa altimétrica comprendida entre os 100 e os 300 metros sobre o nivel do mar (Rodríguez, 2012), mentres que a súa presenza nas partes de maior altitude resulta bastante testemuñal e se atopa basicamente reducida ós motivos máis simples: as coviñas. Esta distribución altimétrica ten sido remarcada en diversas ocasións para a área de estudio (Villoch, 1995) contrapoñéndoa, por exemplo, á propia dos túmulos megalíticos.

Outras variables exploradas foron a inclinación e a orientación da pendente na que se emprazan as estacións rupestres. A localización das rochas con gravados en ladeiras con unhas pendentes máis ou menos suaves constitúe un trazo común a practicamente todos os territorios rupestres da comunidade galega. Tal circunstancia, unida á devandita localización preferencial dos petróglifos en altitudes medias, foi considerada como unha posible evidencia de que a arte rupestre estivese vinculada ao control de aquelas zonas que permitisen un tránsito sinxelo dende as terras baixas –probable lugar de habitación das comunidades responsables do gravado dos petróglifos– e as alturas serranas, que pro-

porcionarían pastos e auga moi importantes en época estival (Peña e Rey, 2001; Fábregas e Rodríguez, 2012a). Aínda que esta hipótese non debe ser desbotada, tamén é certo que hai que tomar en conta unha explicación máis prosaica: o feito de que as zonas de pendente estean especialmente sometidas a procesos erosivos faría máis probable a exhumación de soportes pétreos apropiados para ser gravados (a diferenza do que ocorre, por exemplo, nas zonas de fondo de val) (Fábregas et al., 2003).

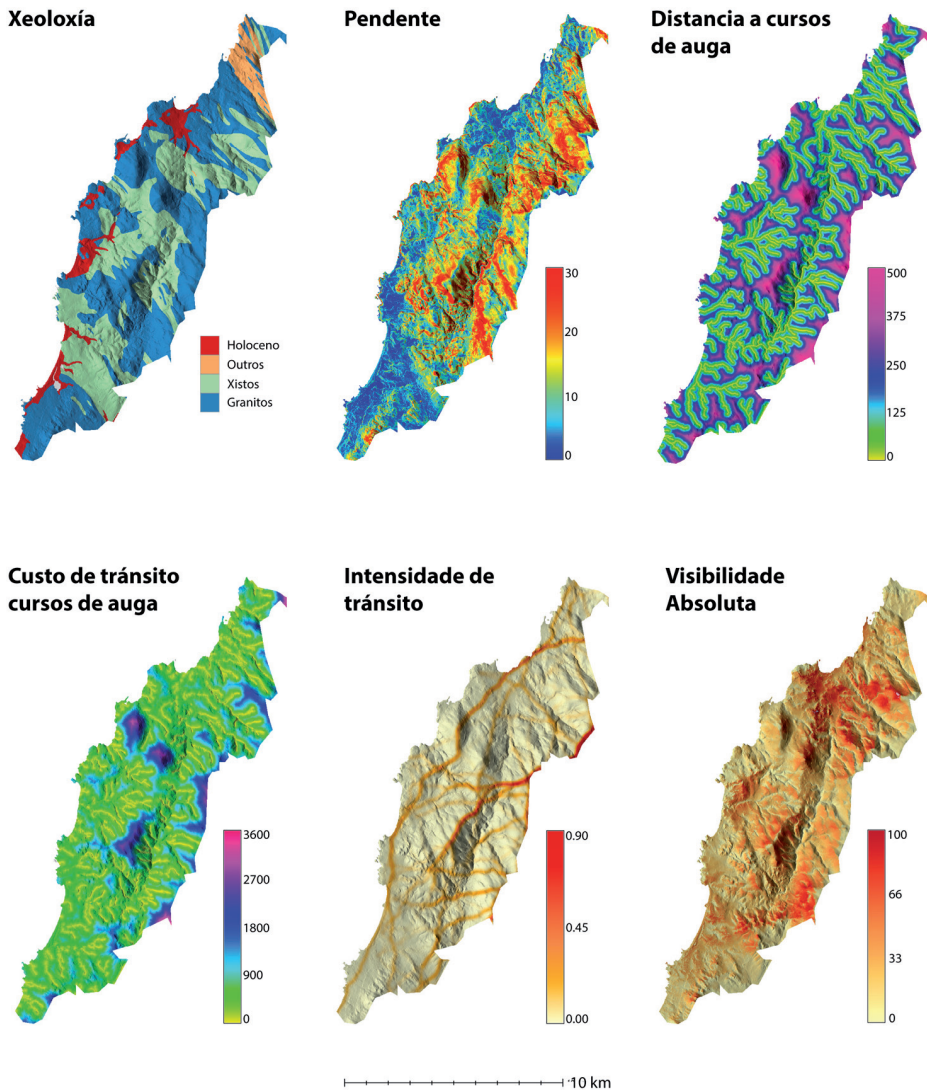


Figura 3. Principais variables analizadas durante a determinación dos efectos das características de primeira orde sobre a distribución da arte rupestre na área de estudo.

No referente á orientación da pendente, a existencia dunha disposición preferente cara ao Oeste (mirando ó mar) dos petróglifos de Porto do Son é referida por certos autores (Guitián e Guitián, 2001); extremo posteriormente corroborado polas análises *in situ* realizadas durante a fase de traballo de campo. Debito a tal circunstancia, considerouse pertinente a inclusión desta variable na nosa análise espacial.

Outro dos factores que se cita máis recurrentemente á hora de explicar a distribución espacial da arte rupestre galega é o da súa proximidade a lugares nos que se produce a acumulación de auga, caso de regatos e brañas. Dita relación espacial se explicaba en función do papel demarcador que terían os petróglifos sobre aquelas áreas de especial importancia económica e/ou social para as comunidades prehistóricas (Bradley, 1997). Neste caso concreto, brañas e regatos terían facilitado o acceso a auga e pastos frescos nunha etapa na que o clima tería rexistrado bruscas mudanzas polo que respecta á temperatura e humidade (Fábregas et al., 2003).

Para o cálculo desta variable non se empregou como base a rede hidrográfica actual, dado que esta se viu alterada na zona de estudio ó longo dos últimos 50 anos, coa desaparición dun bo número de pequenos cursos de auga (caso, por exemplo, do regato que transcurría aos pés do petróglifo de “A Gurita”, na parroquia sonense de Baroña). En cambio, se definiu unha rede hidrográfica potencial a partir de aqueles puntos cuxas características topográficas os farían máis proclives a ter funcionado como lugares de escorrentía ou acumulación de auga. Para isto, se empregaron diversas ferramentas de análise hidrográfica coas que conta GRASS, tales como *r.stream.extract* ou *r.watershed*. Así mesmo e dado o carácter agreste de algunhas das zonas que conforman a área de estudio, se considerou que a distancia entre os cursos de auga e petróglifos non era o suficientemente representativa da relación topográfica real existente entre ámbolos dous elementos, polo que tamén se calculou o custo de tránsito (Fig. 3), entendido este como o esforzo –en tempo e enerxía– preciso para percorrer a distancia topográfica entre un determinado curso de auga e un petróglifo concreto.

Xunto coa proximidade ós cursos de auga, outra das variables que máis se menciona na bibliografía especializada é a relación entre petróglifos e vías de tránsito. O feito de que a arte rupestre se vincule á “xeografía do movemento”, ten provocado que a súa ubicación na paisaxe fose definida en termos de proximidade con puntos claves no tránsito ó longo da paisaxe –tales coma portos ou cruces– así como coas teóricas vías de acceso a lugares importantes, como as mencionadas áreas con acumulación de auga. No entanto, os labores de campo evidenciaron que esta hipótese debe ser parcialmente matizada para o caso da arte rupestre de Porto do Son: só un 47% dos petróglifos se localizaba cerca de puntos que podían ser definidos como importantes dende o punto de vista do tránsito.

Así pois, para testar esta hipótese de cercanía entre os petróglifos e as vías de tránsito, se tentou determinar a “intensidade de tránsito potencial” para cada un dos puntos da área de estudio (Fig. 3). Para iso, se creou unha rede conformada por algo máis de 5.800 rutas que comunicaban diversos puntos repartidos ao longo da Península do Barbanza. Posteriormente, esta rede foi analizada no seu conxunto para detectar aqueles lugares

nos que se producía a intersección dun maior número de rutas, ditas encrucilladas foron identificadas como áreas con unha maior probabilidade estatística de ser transitadas, o que –de facto– os convertiría en puntos clave ou nodos teóricos na rede de tránsito peonil.

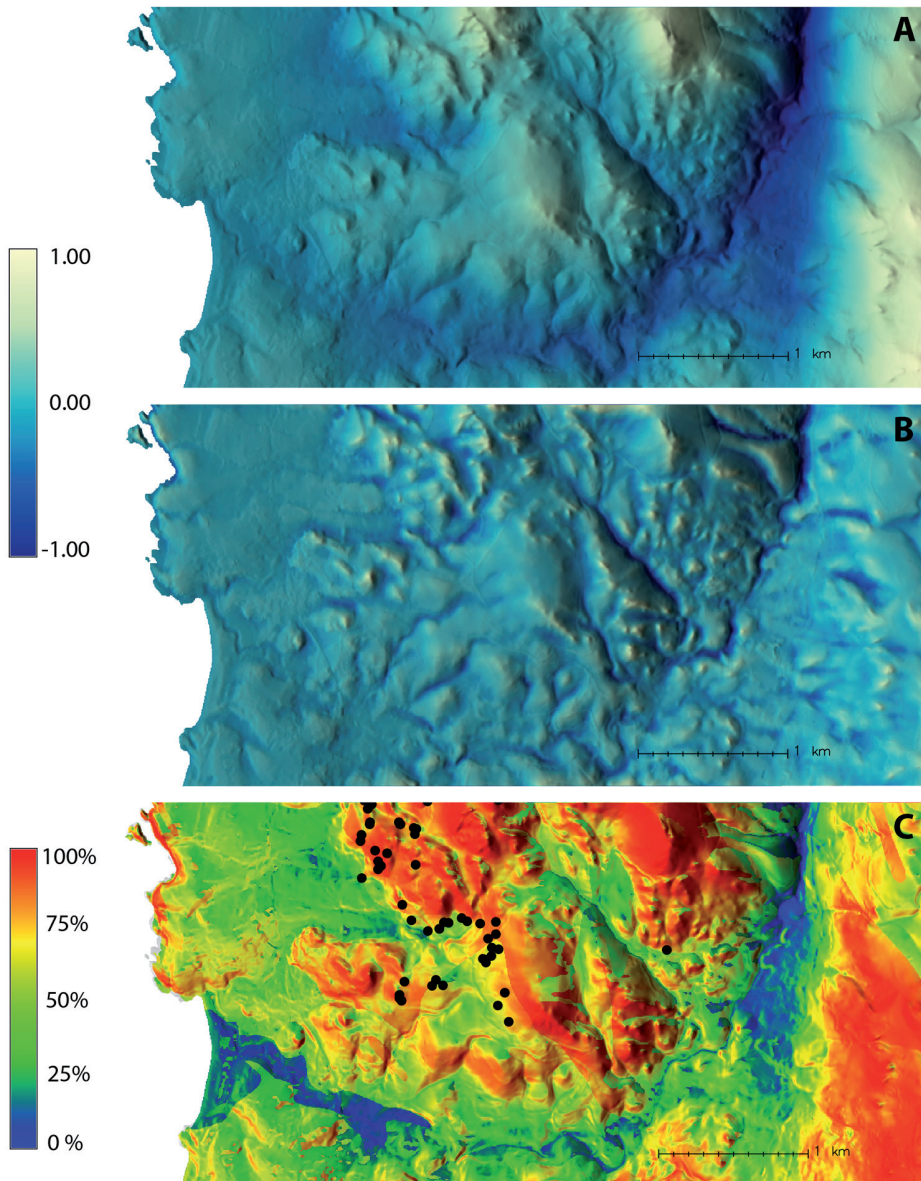
Unha das críticas que con maior frecuencia se lle fai aos Sistemas de Información Xeográfica á hora de ser aplicados á Arqueoloxía é a dificultade para incluír nas súas análises aquelas variables non estritamente materiais (ou “*metafísicas*”, se se prefire) (Gaffney e Leusen, 1995) que contribúen a conformar cómo se experimenta unha paisaxe. Sen dúbida, este tipo de variables tería sido moi importante para o caso concreto que nos ocupa, podendo condicionar a distribución espacial da arte rupestre: por exemplo, a relevancia simbólica dun determinado lugar actuaría como un atractor á actividade de gravado (fomentando o gravado, o cal sería visto como un método para vincular simbolicamente ós individuos ou comunidades responsables das gravuras con ese lugar tan especial) ou, pola contra, facela totalmente innecesaria (ao non ser preciso dotar de significado a un lugar que xa o posúe de seu). Por esta razón, resulta totalmente pertinente tentar incluír estas variables nas análises espaciais dun determinado proceso.

Porén, os procesos responsables de que un determinado lugar gozase dunha significación especial para os grupos humanos da súa contorna poden ter sido múltiples e complexos: dende constituír o escenario dun evento –real e/ou mítico– de gran relevancia para unha comunidade determinada, ate posuír unhas características particulares que lle permitían amplificar a significación da interacción entre os petróglifos e as súas audiencias; por exemplo, convertíndoa nunha potente experiencia sensorial (entendida esta non só como un proceso meramente visual, senón tamén auditivo, táctil...) (Tilley, 1994; 2004).

A pesar da extrema dificultade de “*obxectivar*” este tipo de fenómenos, fixéronse esforzos para abordar a súa análise dende un punto de vista espacial e por medio de ferramentas SIX (Wheatley, 2000; Mlekuz, 2004; Rennell, 2012). Entre este tipo de aproximacións, salientan as realizadas por M. Llobera (Llobera 2001; 2006; 2007) sobre o estudo da prominencia topográfica e visual da paisaxe. O obxectivo destes traballos residíu en identificar o resalte ou significación dun determinado lugar a partir das características da súa topografía ou a súa habilidade para ser percibido dende a paisaxe circundante; de seguido, se analizaba se tales características puideron provocar que dito lugar se convertise nun referente paisaxístico eventualmente susceptible de ser imbuído dun significado especial por parte das comunidades pretéritas (un exemplo ilustrativo dun proceso deste tipo podería ser o do Pico Sacro, próximo a Santiago de Compostela).

A prominencia topográfica é entendida por ese autor como “*unha función da altura diferencial entre un individuo e o entorno tal e como é percibida dende o punto de vista do individuo en cuestión*” (Llobera 2001: 1007). O seu cálculo para a área de estudo foi realizado mediante a extensión *r.prominence* de GRASS, creada para poder realizar este tipo específico de análise. Seguindo as recomendacións do propio autor (Ibid.), dito cálculo se levou a cabo a dúas escalas diferentes: a unha resolución moi alta –100 metros– e a unha resolución intermedia –1000 metros (Fig. 4 A e 4 B). Tal circunstancia permitiría, en primeiro lugar, determinar se os petróglifos se localizan en áreas topográficas espe-

cialmente prominentes a nivel da área de estudo, mentres que a análise máis detallada posibilitaría identificar se –dentro desas áreas concretas– as rochas con gravuras ocupan puntos destacados na paisaxe local.



**Figura 4.** Detalles dos mapas de: A). Prominencia topográfica (1000 metros); B). Prominencia topográfica (100 metros). C). Potencialidade arqueolóxica.

Pola súa parte, a prominencia visual (Fig. 3) se calculou mediante un dos diversos métodos descritos por M. Llobera (Llobera 2006; 2007), consistente en computar a visibilidade acumulada dunha serie de puntos aleatoriamente distribuídos ó longo da área de estudio, co fin de poder identificar aquelas áreas da paisaxe que son percibidas con maior frecuencia. Así, no caso que nos ocupa, a variable “*visibilidade absoluta*” foi calculada a partir das análises de visibilidade acumulada dun total de 1000 puntos, distribuídos en 10 series de 100 puntos establecidos ao chou.

Así pois e en definitiva, se plantearon unha serie de 10 variables independentes (Táboa I) que poderían ter efectos de primeira orde sobre a intensidade da distribución espacial do fenómeno rupestre de Porto do Son.

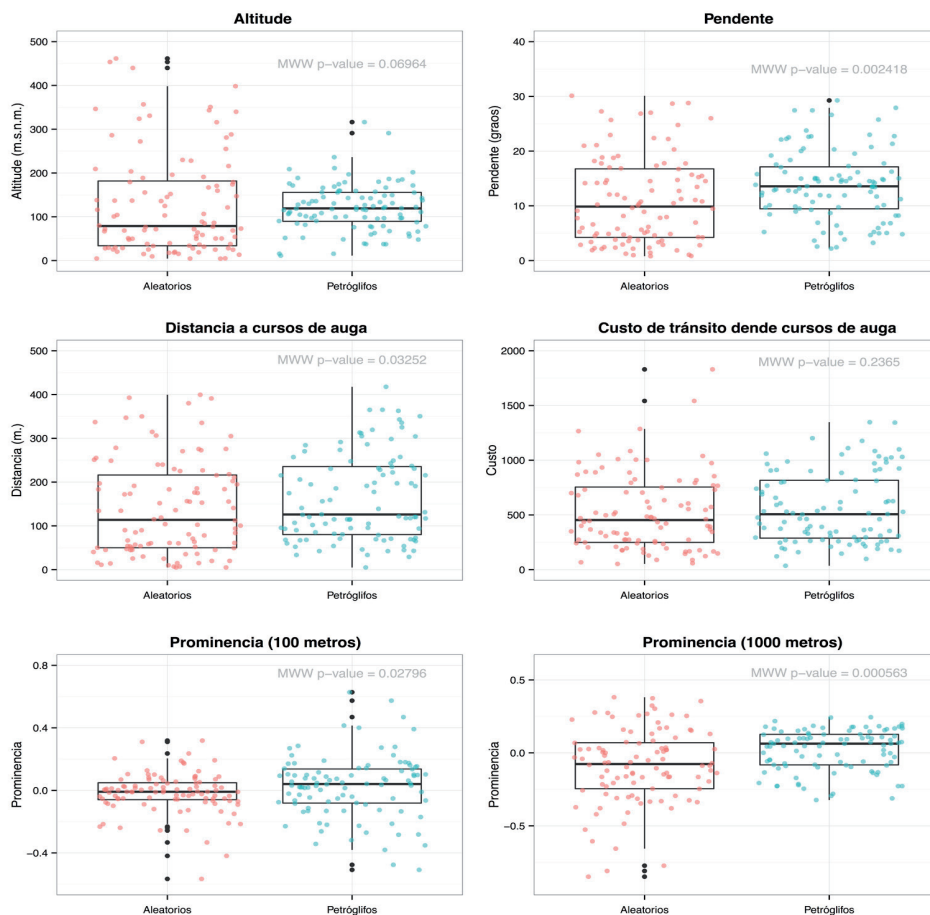
Un bo método para determinar se ditas variables independentes tiveron ou non algún tipo de influencia na distribución espacial da arte rupestre da área de estudio é o da elaboración dun modelo de potencialidade arqueolóxica, tamén denominado modelo predictivo (Bevan et al., 2013). Na Arqueoloxía, o modelado predictivo é unha técnica que permite predicir a localización teórica de xacementos arqueolóxicos nunha área determinada en base ás características observadas nos xacementos das áreas circundantes (Kholer e Parker, 1986; Fernández, 2009). Se as variables independentes analizadas contribúen á construción dun modelo cunha alta capacidade predictiva, entón poderá asumirse que influíron de algún xeito na localización da arte rupestre da área de estudio e, polo tanto, que puideron constituírse como variables de primeira orde con efectos na intensidade deste proceso.

Para a realización do modelo de potencialidade arqueolóxica, se dividíu a poboación dos 165 petróglifos do Concello de Porto do Son en dous subgrupos: un primeiro composto por 115 estacións –que servíu de base para a análise– e un segundo grupo conformado por 50 rochas, que se estableceu coma o grupo de control sobre o cal testar a validez do modelo xerado. O primeiro grupo foi posteriormente reducido a un total de 100 estacións, logo de eliminar aqueles xacementos que exhibían valores atípicos extremos ou cuxa localización presentaba algunha dúbida. Para a comparación cos xacementos arqueolóxicos, se reuniu unha poboación de “non-sitios”, composta –así mesmo– por 100 puntos situados aleatoriamente ó longo da área de estudio por medio do comando *v.random* de GRASS.

Acto seguido, se rexistraron os valores de cada unha das variables independentes consideradas nas localizacións tanto dos petróglifos como dos puntos aleatorios ou “non-sitios” para o seu posterior tratamento en R. Este se iniciou cunha análise da correlación estatística das devanditas variables, co fin de evidenciar posibles problemas de multicolinealidade. A existencia deste problema era presumible no caso de certas variables que –dadas as súas características– estaban fortemente relacionadas entre sí. Así, por exemplo, se comprobou a existencia dunha correlación positiva moi importante (0.9057694) entre as variables “*Distancia dende o curso de auga máis próximo*” e “*Custo de tránsito dende o curso de auga máis próximo*”, polo que esta última foi eliminada do modelo. A maiores, tamén se constatou a existencia de correlacións significativas entre variables como “*Prominencia a Media Escala*” e –novamente– “*Distancia dende o curso de auga*”

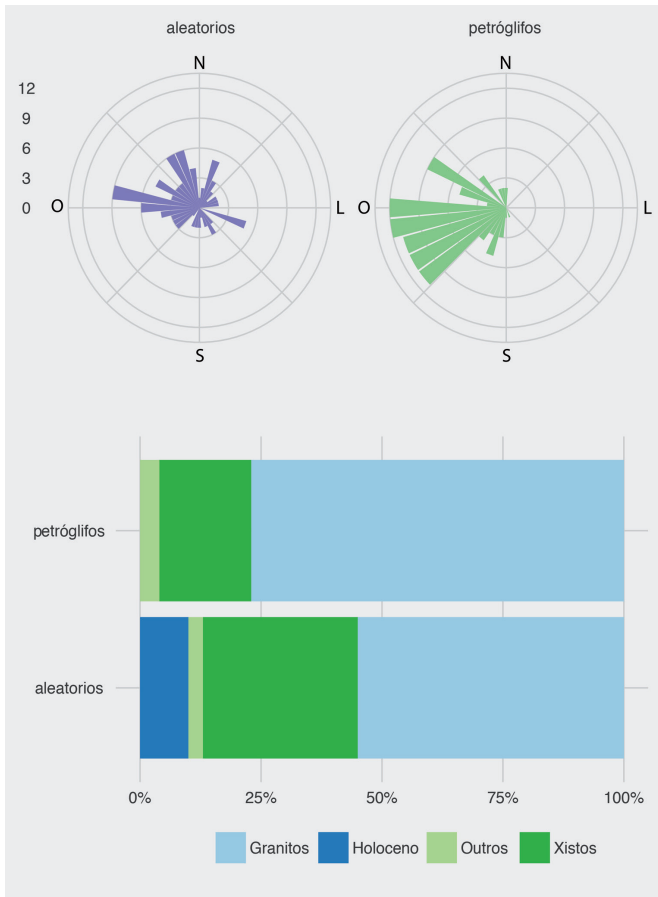
*máis próximo*”; porén, esta vez a correlación non era tan forte (0.5793494) como para facer necesaria a súa eliminación do modelo.

A posteriori e co obxectivo de evitar a sobreparametrización do modelo, se tentou reducir o número de variables independentes, desbotando aquelas que non tivesen xogado un papel significativo na explicación da localización dos petróglifos da área de estudo. Para isto se tentou determinar a existencia de diferenzas estatisticamente significativas en canto ás distintas variables analizadas entre as poboacións de petróglifos e de “non-sitios” (Fig. 5 e 6). A lóxica detrás deste proceder era a de que aquelas variables que non presentasen diferenzas entre os puntos nos que se emprazan os petróglifos e calquera outra ubicación escollida aleatoriamente non terían, en consecuencia, ningún potencial á hora de explicar parámetros específicos de localización da arte rupestre.



**Figura 5.** Diferenzas entre a poboación de petróglifos e a de puntos aleatoriamente distribuídos en canto a algunhas das variables analizadas durante a determinación dos efectos das características de primeira orde.





**Figura 6.** Diferencias entre a poboación de petróglifos e a de puntos aleatoriamente distribuídos en canto á orientación de pendentes e a xeoloxía da contorna.

Para levar a cabo esta análise se recurriu ó test non paramétrico de Mann–Whitney–Wilcoxon (MWW). Aínda que o método máis frecuentemente empregado neste paso é o da regresión univariada (Bevan et al., 2013), o certo é que tamén existen outras achegas que utilizaron métodos similares ó aquí aplicado, como a  $\chi^2$  de Pearson (Carrer, 2013). A MWW permitiu comprobar como dúas das dez variables tidas en conta orixinalmente (“Intensidade Potencial de Tránsito” e “Custo de tránsito dende o curso de auga máis próximo”) non presentaban unha diferenza estatística significativa entre os petróglifos e as localizacións aleatorias, podendo aventurarse –polo tanto– que estas non xogan un papel relevante na explicación da distribución da arte rupestre sonense e, en consecuencia, foron eliminadas da construción do modelo. Un caso especial o supuxo a variable “Altitude”, xa que –malia non existiren diferenzas estatísticas significativas entre a poboación arqueolóxica e a aleatoria– o seu *p-value* se situou cerca do umbral de rexeitamento da hipótese nula (0.05), polo que nos decidimos a incluíla no modelo igualmente.

Tras determinar aquelas variables independentes que podían resultar significativas á hora de explicar a localización dos petróglifos de Porto do Son, se procedeu á súa análise mediante a creación dun Modelo de Regresión Xeralizado (*Generalized Regression Model* ou GLM). O uso da regresión lineal e a regresión loxística para a realización de modelos predictivos está moi extendida na Arqueoloxía, existindo numerosos exemplos da súa aplicación en diversos contextos cronolóxicos e espaciais. O lector poderá atopar interesante –por proximidade xeográfica– o estudio realizado por J. Fernández (Fernández, 2010) sobre as fortificacións medievais asturianas ou o achegamento levado a cabo por F. Carrer (Carrer, 2013) sobre o asentamento gandeiro nos Alpes Italianos, para o cal dito autor se valeu –ó igual que nós– de GRASS GIS e R.

O GLM permitiu reducir aínda máis as variables independentes estatisticamente significativas, de tal xeito que só cinco delas – “*Altitude*”, “*Xeoloxía*”, “*Pendente*”, “*Orientación da ladeira*” e “*Prominencia a Media Escala*” – foron finalmente incluídas na realización do mapa de potencialidade arqueolóxica. Este levouse a cabo en GRASS mediante *r.mapcalc*, empregando para elo os valores obtidos no Modelo creado en R. O resultado consiste nun mapa (Fig. 4 C) no que se recollen as probabilidades teóricas (expresadas en forma de porcentaxe) de atopar novos petróglifos en un determinado lugar en base ás características compartidas entre este e aqueles lugares das áreas circundantes nos que xa se detectara arte rupestre.

Para testar a validez do modelo predictivo, comprobamos cuántos petróglifos da poboación control (composta, recordemos, por 50 estacións) se atopaban en aquelas áreas que o modelo designaba como posuidoras dunha teórica maior potencialidade arqueolóxica. O resultado indicou que un total de 33 dos 50 petróglifos se localizaban en áreas cuns valores iguais ou superiores ó 70%. Xa que logo, o modelo acadou un valor de 0.73 no denominado como *Kvamme's Gain value* (Kvamme, 1988), destinado a medir a precisión dos modelos predictivos en Arqueoloxía, bastante por riba do 0.50 xeralmente establecido coma o umbral inferior a partir do cal ditos modelos poden ser aceptables.

Así pois, as análises estatísticas permitíronnos identificar cinco variables concretas (Táboa I) das que existen evidencias que puideron ter efectos de primeira orde sobre a intensidade amosada pola distribución espacial da arte rupestre do Concello de Porto do Son. Ditas variables foron: a altitude sobre o nivel do mar, a xeoloxía circundante, a inclinación e a orientación da pendente e a prominencia topográfica a media escala.

## 6. TENTANDO DETECTAR OS EFECTOS DAS CARACTERÍSTICAS DE SEGUNDA ORDE

Unha vez determinadas aquelas variables de primeira orde que explicarían –ó menos en parte– a falta de homoxeneidade na distribución espacial da arte rupestre de Porto do Son, podemos avanzar un pouco máis na nosa análise. Para iso, retornaremos ós tests de Aleatoriedade Espacial Completa que foron descritos no apartado 4 e, máis concretamente, á *Función L de Ripley* (Fig. 2 D).

Os resultados da *Función L* poden ser empregados tanto para propósitos exploratorios como inferenciais (Baddeley, 2010). Dado que o valor estimado de  $L(r)$  (Fig. 2 D; liña vermella intermitente e o seu intervalo de confianza) pode ser considerado como equivalente á expresión gráfica dun proceso de Aleatoriedade Espacial Completa, a súa comparación con unha distribución real de puntos (Fig. 2 D, liña negra) pode utilizarse para inferir se esta última resulta ou non aleatoria. Con este propósito é co que a *Función L* foi empregada no apartado 4.

En canto á súa utilidade exploratoria, a *Función L* pode usarse para detectar a existencia de relacións de “dependencia” entre os puntos que conforman un proceso, revelando –por exemplo– se estes tenden a agruparse ou ben a distribuírse regularmente (Baddeley, 2010; Bivand et al., 2013); é dicir, a *Función L* pode detectar posibles efectos de segunda orde nun proceso determinado. Así, os resultados do test realizado no apartado 4 amosaban como a arte rupestre sonense presentaba uns valores  $L(r)$  superiores ós esperados nunha distribución froito do azar, suxerindo polo tanto que os petróglifos tenden a localizarse agrupadamente en todas as escalas de análise, tanto nas de detalle (< 500 m.) como nas máis xerais.

No entanto, esta versión “estándar” do test da *Función L* empregado no apartado 4, aínda que útil para detectar a CSR, adolece de certas limitacións que complican o seu uso con fins exploratorios sobre poboacións con unha distribución non homoxénea, como é o caso do conxunto de petróglifos de Porto do Son. Nestes casos resulta máis apropiado empregar a versión non homoxénea do test da *Función L* (Bivand et al., 2013), que permite a súa “calibración” mediante o uso de estimacións das intensidades dun proceso determinado. Nós recurrimos para tal calibración ó mapa de potencialidade arqueolóxica descrito no apartado anterior e baseado nas variables de primeira orde identificadas estatisticamente (para unha aproximación semellante, véxase Bevan et al., 2013).

O resultado (Fig. 7) amosa uns resultados bastante distintos ós obtidos mediante a versión estándar do test, observándose como os petróglifos adoptan unha distribución agrupada só a unha escala de detalle, en torno ós primeiros douscentos metros (aquela parte do tramo onde a distribución real –liña negra– presenta uns valores lixeiramente superiores ós da distribución teórica –liña vermella discontinua–). A partir desa distancia, as rochas gravadas amosan unha distribución netamente regular ou uniforme, especialmente a partir dos 1500 metros.

Este tipo de distribución semella estar máis acorde coa impresión que se deriva tras unha ollada ó mapa xeral de localización da arte rupestre na área de estudio (Fig. 1) no cal os petróglifos parecen conformar clústeres que resultan evidentes especialmente cando éstos se analizan en detalle, mentres que a distribución deste fenómeno se torna máis regular cando se reduce o foco de análise. Debe terse en conta, non obstante, que a amplitude do intervalo de confianza dos valores teóricos obtidos polo test de *Función L* evidencia que a representatividade dos resultados é bastante discreta, probablemente indicando a verosímil existencia de outras variables que terían afectado á distribución da arte rupestre, pero que non foron consideradas no presente traballo.

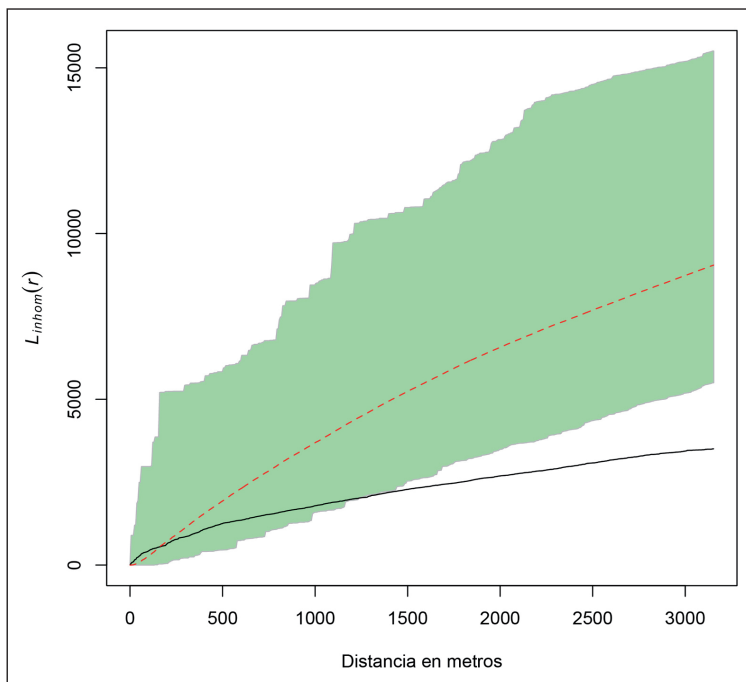
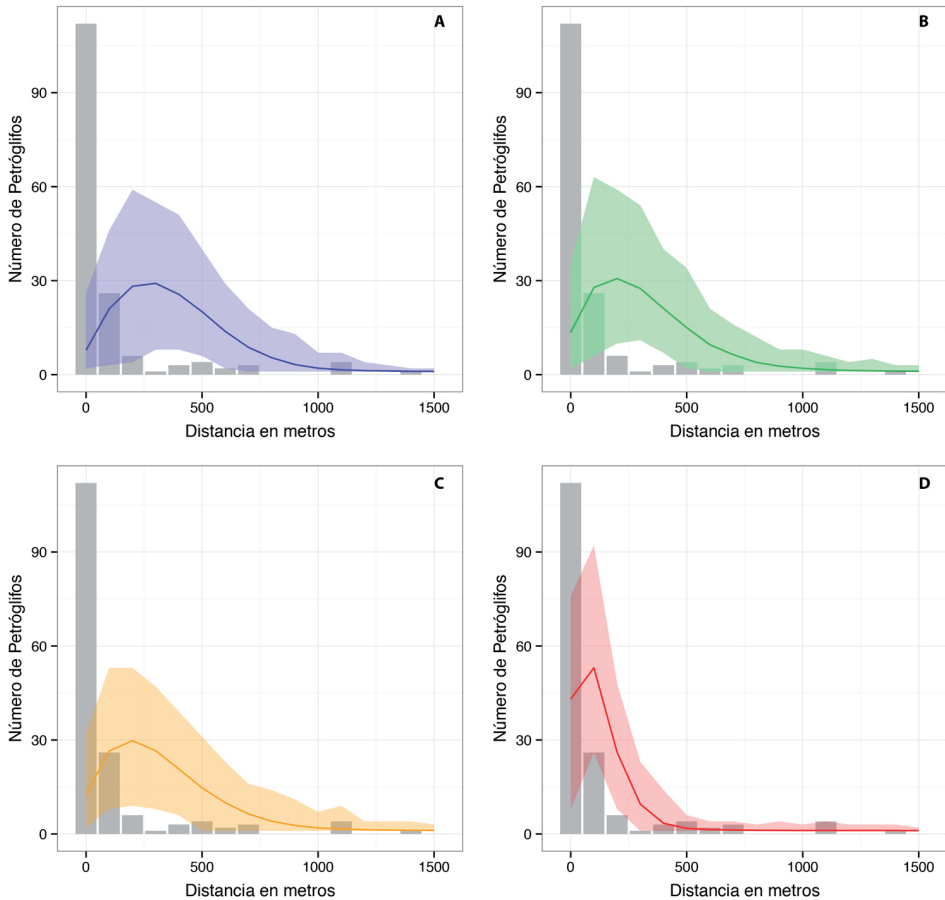


Figura 7. Test non homoxéneo da Función  $L$  de Ripley.

Con todas as precaucións derivadas da problemática que acabamos de mencionar, podemos aventurar a posibilidade de que esta tendencia cara unha concentración de petróglifos nas escalas de maior detalle (menos de 200 metros) que semella derivarse dos resultados do test da *Función L* sexa, tamén en parte, o resultado do impacto dos efectos de segunda orde; en concreto, da existencia de algún proceso de “atracción” que faría que a presenza de gravados nunha zona determinada tivese “fomentado” a execución de novas gravuras.

Para testar esta posibilidade se levou a cabo o test do “*veciño máis próximo*” (*nearest neighbor*) sobre os petróglifos da área de estudo (Fig. 8, histograma), para logo comparalo cos resultados da mesma análise realizados sobre unha poboación de 999 simulacións de Monte Carlo con puntos aleatoriamente distribuídos (Fig. 8, gráficos de liñas superpostos).

A distribución das distancias dos *veciños máis próximos* amosada polos petróglifos evidencia unha clara concentración dos valores en torno ós primeiros 100 metros de distancia (coherente cos resultados do test da *Función L*). A súa posterior comparación cos resultados das simulacións con unha distribución puramente aleatoria (Fig. 8 A), aínda que meramente baseada nun cotexo dos resultados gráficos de ambas análíticas, suxire rexeitar que dito pico se deba ó azar.



**Figura 8.** Test do “veciño máis próximo”. Valores observados na distribución dos petróglifos da zona de estudo (histograma) fronte ós valores xerados mediante simulación (gráfico de liñas): A) Distribución completamente aleatoria; B) Distribución condicionada en función do mapa de potencialidade arqueolóxica; C) Distribución condicionada en función do mapa de potencialidade arqueolóxica e máis do “*mapa de atracción*”, valor intermedio; D) Distribución condicionada en función do mapa de potencialidade arqueolóxica e máis do “*mapa de atracción*”, valor moi forte.

O seguinte paso foi comprobar se tal concentración podía deberse, en cambio, ó impacto das características de primeira orde. Para isto se realizou una nova ronda de simulacións, esta vez forzando ós puntos xerados a respectar, na súa distribución, o mapa de potencialidade producido no apartado 5 a partir das variables de primeira orde. Os resultados da comparación gráfica (Fig. 8 B), aínda que cunha distribución lixeiramente máis aproximada á observada nos petróglifos, continuaban errando á hora de reproducir un comportamento similar ó detectado na realidade.

En resumo, os resultados obtidos até o de agora suxiren que nen o azar nen as variables de primeira orde poden explicar satisfactoriamente a concentración arredor dos 100 metros que se observa nas distancias do test do “*veciño máis próximo*” realizado sobre os petróglifos de Porto do Son. En consecuencia, a explicación máis plausible para esa tendencia gregaria sería: a) a acción engadida de variables de primeira orde non contempladas no presente traballo; ou b) o impacto de características de segunda orde.

Co fin de corroborar a credibilidade da segunda hipótese, se ideou un “*mapa de atracción*” que simulase o posible efecto das características de segunda orde sobre o entorno dos petróglifos. Para iso, se crearon sendos mapas *buffer* de 100 metros de radio arredor de cada petróglifo, os cales se dotaron –respectivamente– con un “*valor de atracción*” intermedio e moi forte. Acto seguido se procedeu a realizar sendas rondas de simulacións, nas cales se forzou ós puntos xerados a que respetasen non só as variables de primeira orde descritas no apartado 5 senón tamén a estes novos “*mapas de atracción*” simulando o efecto potencial das características de segunda orde.

Os resultados evidencian como, mentres unha atracción moderada (Fig. 8 C) apenas ten efecto sobre a distribución xeral dos puntos simulados, o impacto dunha atracción moi forte entre os puntos permite obter uns resultados até certo punto similares ós observados na gráfica da distribución real dos petróglifos (Fig. 8 D).

Así pois, os resultados destas análises suxiren que a concentración de “*veciños máis próximos*” en torno ós primeiros 100 metros de distancia que se observa nos petróglifos de Porto do Son non sería froito do azar e tampouco, aparentemente, resultado de variables externas (de primeira orde) contempladas na nosa análise. A dicir verdade, o único proceso que permite explicar unha concentración bastante semellante á observada na realidade resulta de contemplar o efecto das características de segunda orde sobre a poboación de petróglifos; en concreto, a existencia dun forte proceso de atracción entre os propios petróglifos, suxerindo que a presenza de rochas gravadas nun determinado lugar incrementaría de xeito significativo a probabilidade de que novos petróglifos se ubicaran nas inmediacións.

## 7. CONCLUSIONES

Por medio do uso conxunto de GRASS GIS e R, levamos a cabo unha análise da distribución espacial da arte rupestre ao aire libre do Concello de Porto do Son que nos permitiu evidenciar que este fenómeno non presenta un carácter homoxéneo nen unha intensidade contínua ó longo da área de estudo. A análise das posibles causas desta ausencia de homoxeneidade nos levou a tentar definir –en primeiro lugar– aquelas variables externas que puideron ter efectos de primeira orde sobre a distribución espacial do proceso analizado. Mediante o recurso á modelos de potencialidade arqueolóxica, se conseguíu determinar que a altitude sobre o nivel do mar, a xeoloxía circundante, a inclinación e a orientación das pendentes nas que se atopan os petróglifos, xunto coa prominencia topo-

gráfica a media escala (1000 metros) semellan xogar un papel de certa relevancia á hora de explicar a localización preferencial da arte rupestre en determinados puntos da área de estudio.

Posteriormente, e por medio do emprego de modelos estatísticos baseados no método de Monte Carlo, se tentaron identificar os efectos que, sobre a distribución espacial dos petróglifos sonenses, terían as características de segunda orde. Os tests da *Función L de Ripley* e dos *veciños máis próximos* permitiron identificar unha tendencia da arte rupestre a presentar unha distribución agrupada cando esta é analizada nunha escala de detalle (menos de 200 metros). A improbabilidade de que dita concentración sexa froito do azar ou da acción das variables de primeira orde consideradas na nosa análise, plantean –por un lado– a posibilidade de que existan variables de primeira orde que non figuran no noso modelo, pero que terían sido igualmente importantes á hora de explicar a distinta intensidade na presenza dos petróglifos. Ó mesmo tempo, existen posibilidades de que dita concentración sexa explicada polo efecto das características de segunda orde, en concreto pola existencia dunha dependencia entre os puntos, materializada na forma dunha forte atracción entre as estacións de arte rupestre pola cal a presenza de rochas gravadas nun determinado lugar podería ter aumentado significativamente a probabilidade de que novos petróglifos se ubicaran nas súas proximidades.

Aínda que as análises presentadas neste traballo supoñen pouco máis que unha aproximación inicial que debe ser completada e mellorada sustancialmente no futuro, os resultados acadados serven para amosar o potencial que as ferramentas SIX e a estatística espacial poden ter na súa aplicación á arqueoloxía e, en concreto, ó estudio da arte rupestre ao aire libre da nosa comunidade.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baddeley, A. J. (2010): *Analysing spatial point patterns in R*. Perth: CSIRO and University of Western Australia.
- Baddeley, A. e Turner, R. (2005). spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. *Journal of Statistical Software* 12(6), 1-42. URL <http://www.jstatsoft.org/v12/i06/>.
- Bevan, A.; Crema, E.R.; Li, X.; Palmisano, A. (2013): «Intensities, Interactions and Uncertainties: some new approaches to archaeological distributions», in A. Bevan e M. Lane (eds.) *Computational approaches to archaeological spaces*. Institute of Archaeology Publications. Walnut Creek, California: Left Coast Press, pp. 27-52
- Bivand, R. (2014). spgrass6: Interface between GRASS 6 and R. R package version 0.8-6.
- Bivand, R. (2015). rgrass7: Interface Between GRASS 7 Geographical Information System and R. R package version 0.1-0. <http://CRAN.R-project.org/package=rgrass7>
- Bivand, R.S., Pebesma, E.; Gómez-Rubio, V. (2013): *Applied spatial data analysis with R*. Nova York: Springer.
- Bivand, R. e Lewin-Koh, N. (2015). maptools: tools for reading and handling spatial objects. R package version 0.8-36. <http://CRAN.R-project.org/package=maptools>
- Bradley, R. (1997): *Rock art and the Prehistory of Atlantic Europe*. Londres: Routledge.
- Bradley, R.; Criado Boado, F.; Fábregas Valcarce, R. (1994): «Los petroglifos como forma de apropiación del espacio: algunos ejemplos gallegos», *Trabajos de Prehistoria*, 51 (2), pp. 159-168.
- Carrer, F. (2013): «An ethnoarchaeological inductive model for predicting archaeological site location. A case-study of pastoral settlement patterns in the Val Di Fiemme and Val Di Sole (Trentino, Italian Alps) », *Journal of Anthropological Archaeology* 32 (1), pp. 54-62.
- Concheiro Coello, A.; Gil Agra, M.D. (1994): «Una nueva zona de arte rupestre al aire libre en el NW: la Península del Barbanza», *Espacio, Tiempo Y Forma, Serie I, Prehistoria y Arquelogia* 7, pp. 129-151.
- Fábregas Valcarce, R., Martínez-Cortizas, A.; Blanco Chao, R.; Chesworth, W. (2003): «Environmental change and social dynamics in the Second–Third Millennium BC in NW Iberia», *Journal of Archaeological Science* 30 (7), pp. 859-871.
- Fábregas Valcarce, R.; Rodríguez Rellán, C. (2012a): «A arte rupestre do Norte da Península do Barbanza», in R. Fábregas Valcarce e C. Rodríguez Rellán (eds.) *A arte rupestre no Norte do Barbanza*. Santiago de Compostela: Andavira Editora, pp. 61-84.
- Fábregas Valcarce, R.; Rodríguez Rellán, C. (2012b): «O tempo dos petróglifos», in R. Fábregas Valcarce e C. Rodríguez Rellán (eds.) *A arte rupestre no Norte do Barbanza*. Santiago de Compostela: Andavira Editora, pp. 85-108.
- Fábregas Valcarce, R.; Rodríguez Rellán, C., Rodríguez Álvarez, E. (2008): «Naturaleza y distribución espacial de los grabados rupestres del Norte de la Península do Bar-



- banza (A Coruña)», *Espacio, Tiempo y Forma. Serie I. Prehistoria y Arqueología*, 1, pp. 191-208.
- Fábregas Valcarce, R. e Rodríguez-Rellán, C. (2015): «Walking on the stones of years. Some remarks on the North-West Iberian Rock Art», in P. Skoglund, J. Ling e U. Bertilsson (eds.) *Picturing the Bronze Age. Swedish Rock Art Series*, Vol. 3, Oxford: Oxbow Books, pp. 47-63.
- Fernández Cacho, S. (2009): «Bases conceptuales y metodológicas de los modelos predictivos en Arqueología», *E-Ph Cuadernos*, 1, pp. 8-32.
- Fernández Fernández, J. (2010): «Modelos predictivos y SIG. Algunos ejemplos de su aplicación en Arqueología: Los asentamientos fortificados del Valle del Tubia (Asturias, España)», *Mapping*, 140, pp. 76-82.
- Gaffney, V.; Leusen, V. (1995): «Postscript—GIS, environmental determinism and Archaeology: A parallel text», in G. R. Lock, Z. Stancic (eds.) *Archaeology and Geographic Information Systems: A European perspective*. Nova York: Taylor and Francis, pp. 367-382.
- Gil Agra, M. D.; Concheiro Coello, A. (1993): «A estación de grabados rupestres ao aire libre de ‘Braña das Pozas’ (Porto Do Son, A Coruña) », *Minius*, 2-3, pp. 7-15.
- Gutián Castromil, J.; Gutián Rivera, J. (2001): *Arte rupestre do Barbanza: análise iconográfica e estilística de 99 petroglifos*. Noia: Toxosoutos.
- Hijmans, R. J. (2015). raster: Geographic data analysis and modeling. R package version 2.4-15. <http://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Kholer, T. A.; Parker, S.C. (1986): «Predictive models for archaeological resource location», in M. B. Schiffer (ed.) *Advances in archaeological method and theory*, 9, Nova York: Academic Press, pp. 397-452.
- Kvamme, K.L. (1988): «Development and testing of quantitative models», in J.W. Judge, L. Sebastian (eds.) *Quantifying the present and predicting the past: theory, method, and application of archaeological predictive modeling*. Denver: US Department of the Interior, Bureau of Land Management Service Center, pp. 325-428.
- Llobera, M. (2001): «Building past landscape perception with GIS : understanding topographic prominence», *Journal of Archaeological Science*, 28, pp. 1005-1014.
- Llobera, M. (2006): «What you see is what you get? Genesis and hierarchy in visualscapes», in T. L. Evans e P. Daly (eds.) *Digital Archaeology. Bridging method and theory*. Oxford: Routledge, pp.132-151
- Llobera, M. (2007): «Reconstructing visual landscapes», *World Archaeology* 39 (1), pp. 51-69.
- Mariño del Río, M. (2000): *Petroglifos de Porto do Son*. Porto do Son: Concello de Porto do Son.
- Mlekuz, D. (2004): «Listening to landscapes: modelling past soundscapes in GIS», *Internet Archaeology*, 16. doi:<http://dx.doi.org/10.11141/ia.16.6>.
- Pebesma, E.J. e Bivand, R.S. 2005. Classes and methods for spatial data in R. R News 5 (2), <http://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.

- Peña Santos, A. de la; Rey García, J.M. (2001): *Petroglifos de Galicia*. A Coruña: Vía Láctea
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Rennell, R. (2012): «Landscape, experience and GIS: exploring the potential for methodological dialogue», *Journal of Archaeological Method and Theory* 19 (4), pp. 510-525.
- Rey Castiñeira, J.; Soto Barreiro, M.J. (1996): «Una metodología de estudio para petroglifos: resultados en Laxe da Sartaña», *Gallaecia*, 14-15, pp. 197-221.
- Rodríguez Álvarez, E. (2012): «Os petróglifos do Barbanza dende unha perspectiva espacial», in R. Fábregas Valcarce e C. Rodríguez Rellán (eds.) *A arte rupestre no Norte do Barbanza*. Santiago de Compostela: Andavira Editora, pp. 119-134.
- Rodríguez Rellán, C.; Gorgoso López, L.; Fábregas Valcarce, R. (2008): «O conxunto de petróglifos de Campo da Uz (Sta. María de Areas, Antas de Ulla) e as vías de tránsito cara o interior lucense», *Gallaecia*, 27, pp. 35-61.
- Rodríguez-Rellán, C.; Fábregas Valcarce, R. (2015): «The exploitation of local lithic resources during the Late Prehistory of Northwest Iberian Peninsula», *Lithic Technology*, 40 (2), pp. 147-168.
- Santos Estévez, M. (2008): «A new proposal for the chronology of Atlantic Rock Art in Galicia (NW Iberian Peninsula) », in G. Nash e G. Children (eds.) *The archaeology of semiotics and the social order of things*. BAR International Series 1833. Oxford: Archaeopress, pp. 141-152.
- Soto Barreiro, M.J.; Rey Castiñeira, J. (1994): «Unha metodoloxía de estudio para petroglifos: resultado en Laxe da Sartaña», *Braña*, 1 (V), pp. 49-72.
- Tilley, C. (1994): *A phenomenology of landscape. Place, paths and monuments. Social change*. Oxford: Berg.
- Tilley, C. (2004): *The materiality of stone: explorations in landscape phenomenology 1*. Nova York: Berg.
- Villoch Vázquez, V. (1995): «Monumentos y petroglifos: la construcción del espacio en las sociedades constructoras de túmulos del Noroeste Peninsular», *Trabajos de Prehistoria*, 52 (1), pp. 39-55.
- Wheatley, D. (2000): «Spatial technology and archaeological theory revisited», in K. Lockyear, J.T. Sly e V. Mihailescu-Birliba (eds.) *CAA '96—Computer applications and quantitative methods in Archaeology*. Oxford: Archaeopress, pp. 123-132.