

Arqueología computacional del territorio. Métodos y técnicas
para estudiar decisiones humanas en paisajes pretéritos



ARQUEOLOGÍA COMPUTACIONAL DEL TERRITORIO

Métodos y técnicas para estudiar
decisiones humanas en paisajes
pretéritos

Miguel Carrero-Pazos

ARCHAEOPRESS ARCHAEOLOGY



ARCHAEOPRESS PUBLISHING LTD
Summertown Pavilion
18-24 Middle Way
Summertown
Oxford OX2 7LG
www.archaeopress.com

ISBN 978-1-80327-632-8
ISBN 978-1-80327-633-5 (e-Pdf)

© Miguel Carrero-Pazos and Archaeopress 2023

Cover: Diseño de la portada por Diego Rodríguez Robredo.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

This book is available direct from Archaeopress or from our website www.archaeopress.com

A Andrew Bevan y Mark Lake,
Enrico Crema, Quentin Bourgeois
y Carlos Rellán

Este trabajo ha sido realizado gracias al plan postdoctoral I2C – Xunta de Galicia (Universidade de Santiago de Compostela) y el programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea, acuerdo de subvención nº 886793, Marie Skłodowska-Curie IF-EF-ST 2019, *MegaScapes* (University College London)



Índice

Presentación	ii
Agradecimientos	vi
Primera parte: Teoría y métodos en Arqueología computacional del territorio y paisaje	
Capítulo 1. Prospección arqueológica remota y la “revolución” del LiDAR	1
1.1. El cambio de siglo. Estrategias adaptadas a una renovación tecnológica	2
1.2. El despegue de la tecnología: la teledetección y cartografía digital	3
1.3. La tecnología LiDAR y su uso en Arqueología	8
1.3.1. El tratamiento de los datos LiDAR	10
1.3.2. Creación de un Modelo Digital del Terreno a partir de datos LiDAR	12
1.3.3. Técnicas de visualización microtopográficas	14
1.3.4. Comparación y discusión de los resultados analíticos	19
Capítulo 2. Arqueología del territorio y paisaje a través de los Sistemas de Información Geográfica	22
2.1. Las investigaciones con Sistemas de Información Geográfica y estadística espacial ..	22
2.2. Un camino pedregoso: las críticas del postprocesualismo y el determinismo ambiental...	27
2.3. Cuestiones técnicas de inicio sobre los SIG	28
Capítulo 3. Modelos computacionales, distribuciones, patrones y procesos de puntos	33
3.1. Modelos computacionales en Arqueología.....	33
3.2. Cuantificación y estadística espacial	34
3.2.1. Una historiografía difusa	34
3.2.2. Análisis de datos exploratorio	36
3.2.3. Inferencia estadística.....	37
3.2.4. Hacia una mayor significación: la Aleatoriedad Espacial Completa y la Simulación de Monte Carlo.....	38
3.3. Análisis espacial de patrones de puntos	40
3.3.1. Un ejemplo práctico no arqueológico.....	42
3.3.2. Métodos de análisis	43
3.3.3. Principales problemas en el análisis espacial	52
3.4. El análisis locacional	53
Segunda parte: Modelando decisiones humanas en paisajes pretéritos	
Capítulo 4. Aproximaciones con Sistemas de Información Geográfica y estadística espacial para el estudio de patrones geográficos	57
4.1. Propiedades y efectos de primer orden. Las variables medioambientales	57
4.1.1. Factores de primer orden.....	60
4.2. Modelado predictivo	69
Capítulo 5. Simulación estadística para el estudio de patrones culturales	79
5.1. Factores de segundo orden. La interacción entre los puntos	79

Tercera parte: Ciencia abierta en Arqueología. Casos de estudio

Capítulo 6. Ciencia arqueológica en acceso abierto y transparente	83
6.1. Acceso abierto a las investigaciones y datos arqueológicos	84
6.2. Métodos en abierto, transparentes y reproducibles	86
6.3. Una apuesta por el uso de <i>R Statistics</i> en Arqueología	89
Capítulo 7. Caso práctico. Modelos de procesos de puntos para el estudio del Megalitismo de A Serra do Barbanza (Noroeste de la Península Ibérica)	91
7.1. El fenómeno tumular y megalítico del Barbanza	92
7.2. Construcción de las covariables	95
7.3. Formalización y discusión de los modelos	99
7.4. Compartir la investigación. Almacenamiento, publicación en línea, y lenguaje <i>RMarkdown</i>	101
Capítulo 8. Caso práctico. Patrones de localización en el poblamiento de la Edad del Hierro de Galicia (Noroeste de la Península Ibérica)	107
8.1. Introducción, área de estudio y datos arqueológicos	108
8.2. Construcción de las covariables	110
8.3. Estudio de la distribución de los castros: la intensidad espacial	114
8.4. Patrones y efectos de primer orden: la importancia de las variables medioambientales	116
8.5. Patrones y efectos de segundo orden. Midiendo la territorialidad	120
8.6. Conclusiones	121
Cuarta parte: Reflexiones finales	
Capítulo 9. Un futuro para la Arqueología computacional del territorio y paisaje: SIG de código libre y simulación estadística	123
Índice de figuras	125
Índice de tablas	129
Bibliografía	130

Presentación

La Arqueología se encuentra hoy plenamente inserta en la era informática y digital. Este proceso, común al conjunto de las Ciencias, está suponiendo una importante renovación metodológica de la disciplina, hecho que se materializa en el surgimiento de nuevas líneas de trabajo que auguran futuros prometedores.

En los últimos años, la ciencia arqueológica viene haciendo frente a un auténtico aluvión de datos llegados de proyectos de investigación presentes y pasados: es el Big Data. Los métodos de computación juegan, en este panorama, un papel clave. La existencia de proyectos que abarcan períodos históricos con cronologías amplias, regiones supranacionales o incluso porciones enteras del globo es, hoy, la normalidad. Instituciones políticas actuales, como la Unión Europea, financian cada vez más este tipo de investigaciones ambiciosas. Se trata del famoso slogan *high risk, high gain*: el migracionismo en la Prehistoria, la extinción de los neandertales y la llegada del ser humano anatómicamente moderno, la propagación del cultivo del arroz en Asia o la expansión del fenómeno megalítico europeo son, entre muchos, proyectos que utilizan una perspectiva “top-down”, analizando miles de datos de regiones amplias del planeta con métodos y técnicas diversas.

Proyectos como los citados son ejemplos también de cómo la interdisciplinariedad es, en la actualidad, una característica básica y necesaria de todo equipo de investigación. Estamos en un momento crucial para la arqueogenética, la bioarqueología, la arqueología satelital o la arqueología computacional, disciplina, esta última, sobre la que versa este libro. Ninguna de las citadas son campos de trabajo nuevos, sino que cuentan con una dilatada historia. Es patente, sin embargo, que hoy todas disfrutan de un proceso de renovación que está permitiendo la reformulación de preguntas históricas pasadas, junto al planteamiento de otras nuevas que antes eran inabarcables o impensables.

La hiperespecialización del investigador también es señal de que la disciplina arqueológica continúa evolucionando. En la actualidad es frecuente encontrar, por ejemplo, a arqueólogos e historiadores de formación especializados en la aplicación de técnicas informáticas sin importar el período histórico. La situación a la inversa también es común, con informáticos o físicos de formación que desarrollan su carrera por entero en la Arqueología. Todo ello es síntoma de la madurez que muestra nuestra disciplina, que proporciona a los investigadores múltiples caminos a seguir a la vez que la enriquecen.

Por otro lado, y como parte de una tendencia generalizada en la Ciencia moderna, la Arqueología está sumándose, aunque quizás a paso lento, a un proceso de transparencia y apertura en toda su estructura. Las investigaciones que suelen calificarse como “opacas”, en las que no se comparten los datos arqueológicos utilizados o no se describen con detalle los métodos de análisis, están cediendo terreno ante aquellas investigaciones que sí lo hacen. Se trata de hacer que el conocimiento científico sea fácilmente localizable, accesible, interoperable y reutilizable, principios que definen la iniciativa FAIR.¹ De hecho, el papel de instituciones de investigación supranacionales, como la *European Research Commission* (ERC), en promocionar una investigación pública, en abierto, y transparente, está siendo clave para esta transformación. No poco se está haciendo en este sentido, pues cualquier proyecto de investigación financiado por este organismo debe tener un plan de publicación *open access*, con lo que son quizás las viejas mentalidades de los investigadores, a veces proteccionistas, las que deben cambiar. Una ciencia social como es la Arqueología debe promover, ante todo, el acceso público a la información, tanto la primaria (datos en bruto procedentes de excavaciones, prospecciones, etc.), como de los métodos y técnicas utilizados en las investigaciones y publicaciones.

Con este telón de fondo, la Arqueología computacional, también llamada *Arqueo-informática* es, sin lugar a duda, una de las subdisciplinas arqueológicas con mayor desarrollo en los últimos años, a la par de la revolución informática y digital.

Este libro ha sido diseñado, ante todo, para el investigador y estudiante de Historia y Arqueología que busque iniciarse o complementar su formación con la aplicación de métodos y técnicas computacionales, en concreto aquellas relacionadas con el estudio y evolución de territorios y paisajes culturales pretéritos. Se suma, de esta forma, a una larga lista de monografías y artículos de investigación que evidencian que las técnicas informáticas y estadísticas son una parte fundamental en la ciencia arqueológica actual.

El texto que sigue confiere un protagonismo esencial a las explicaciones metodológicas. Estas son el principal objetivo y ocupan la mayor parte de un discurso que se ha simplificado al máximo, al tiempo que no se olvida el planteamiento de casuísticas arqueológicas específicas.

La estructura del libro responde a una lectura desde lo teórico hacia lo práctico, y lo simple a lo complejo. De esta forma, el texto se torna ejemplo, en forma y contenido, de cómo encarar un estudio en Arqueología del territorio y paisaje con herramientas computacionales, con dos casos prácticos que pueden ser utilizados y adaptados fácilmente por los estudiantes e investigadores en sus casuísticas particulares. Dicha estructura es muestra, también, de la evolución del autor como arqueólogo especializado en el uso de estas herramientas.

Formado en la Universidad de Santiago de Compostela, en el seno del grupo de estudios megalíticos dirigido por el profesor Antón A. Rodríguez Casal, participó en campañas de prospección arqueológica como parte del equipo de campo, en las que pudo aprender los métodos tradicionales de registro como la cartografía en papel, el uso del GPS o la fotografía aérea más tarde, hasta el análisis de los resultados de campo con herramientas de teledetección.

¹ <https://www.go-fair.org/go-fair-initiative/>

PRESENTACIÓN

Técnicas que le han permitido conocer, de primera mano y en profundidad, los entresijos de una actividad arqueológica fundamental, como es la prospección.

Desde aquí, el uso de los Sistemas de Información Geográfica para contrastar hipótesis sobre la localización de los megalitos gallegos, tema de su tesis doctoral, le ha llevado, en los últimos años, a centrarse en la modelización y simulación estadística de los paisajes megalíticos atlánticos, a través del uso de la programación estadística con *R Statistics*.

La primera parte del libro está dedicada a la adquisición de datos y aspectos teóricos. El capítulo 1 expone los principales avances en prospección arqueológica de los últimos años. Se ofrece una breve puesta al día de esta subdisciplina, que nos lleva a considerar los últimos trabajos en teledetección o las visualizaciones derivadas del uso de la tecnología LiDAR.

El capítulo 2 aborda el marco teórico de la Arqueología del territorio y paisaje a través del uso de los Sistemas de Información Geográfica. Se evidencia que los SIG han sido herramientas de gran relevancia para la Arqueología desde sus primeras aplicaciones, no sólo desde el punto de vista metodológico sino también epistemológico. Esta evolución ha sido tal que un camino pedregoso, con importantes debates en torno a los límites y posibilidades del conocimiento generado con estas herramientas, que llegan incluso hasta la más reciente actualidad.

Una de las líneas de investigación donde los SIG han supuesto un auténtico punto de inflexión ha sido la Arqueología espacial y, siendo específicos, lo que respecta a la *locational analysis*: estudiar las razones, criterios y decisiones tomadas por las sociedades pretéritas a la hora de construir, por ejemplo, sus asentamientos o monumentos funerarios. Estas cuestiones se abordan en el capítulo 3, haciendo hincapié en que las modernas técnicas estadísticas de simulación están permitiendo la renovación de los métodos hacia nuevos caminos analíticos que, sin lugar a duda, permiten salvar algunos de los problemas y entresijos técnicos más clásicos. Nuevas vías de trabajo que parecen discurrir hacia el uso de la programación estadística en conjunción con los SIG de código libre.

La segunda parte del libro se concreta en explicaciones metodológicas para el análisis y modelización de variables geográficas y culturales con Sistemas de Información Geográfica, su caracterización mediante estadística multivariante y modelado predictivo, y su estudio con análisis de patrones de puntos. Así, los capítulos 4 y 5 proporcionan claves para llevar a cabo estudios sobre la localización de sitios arqueológicos a partir de modelos interpretativos desarrollados por la historiografía, su factorización con herramientas SIG y su análisis mediante modelado predictivo y patrones espaciales de puntos.

La tercera y última parte está dedicada a la ciencia en abierto, transparente y reproducible, temas de suma importancia en la actualidad. El capítulo 6 proporciona explicaciones generales orientadas a entender el por qué debemos realizar investigaciones arqueológicas en abierto, huyendo de mentalidades proteccionistas que no hacen otra cosa que frenar el desarrollo y expansión del conocimiento, al tiempo que reducen su democratización.

En el capítulo 7 se expone un caso práctico en el que se estudian ciertos patrones de localización de los conjuntos megalíticos de As Chans de Barbanza (Galicia, Noroeste de la Península Ibérica), ejemplificando cómo puede realizarse investigación transparente y reproducible

mediante el uso de *R Statistics* y *Rmarkdown*. Se adjuntan, a través de un repositorio con acceso público, todos los datos utilizados en dicha investigación.

El capítulo 8 se ocupa de un segundo caso práctico. Se analiza el poblamiento castreño de la Edad del Hierro del Noroeste peninsular a través del estudio de una selección de castros localizados en tres comarcas gallegas. Se propone el análisis de ciertas variables físicas y orográficas junto al uso de la simulación de patrones de puntos para aproximarnos a la posible territorialidad existente entre estos asentamientos.

El capítulo 9 proporciona unas reflexiones finales acerca de la Arqueología computacional del territorio y paisaje, el uso de software libre e investigaciones reproducibles. Se trata de dejar patente la necesidad de crear trabajos transparentes que puedan ser utilizados, adaptados o replicados por cualquiera. Sólo con ello podremos generar un auténtico conocimiento científico compartido, que no entienda de fronteras administrativas, económicas, lobbies de mercado o el mero azar.

Apostemos por una ciencia arqueológica transparente, en abierto y reproducible, una Arqueología para el siglo XXI.

Agradecimientos

Este libro ha pasado por muchos estados desde que comenzó a ser pergeñado hace ya unos cuantos años. En ese proceso de corregir errores, rehacer capítulos y reorientar partes diversas jugó un papel fundamental mi carrera postdoctoral. Las bases están, sin embargo, en mi tesis doctoral y como tal debe agradecimiento a los profesores Antón A. Rodríguez Casal y Marcos Martín-Torres. El primero supo orientarme desde mis tiempos de estudiante y el segundo me abrió un futuro académico acogéndome en uno de los departamentos de arqueología más importantes del mundo, como es el Instituto de Arqueología de la *University College London*, del que, con privilegio y en años posteriores, pude formar parte en calidad de investigador del programa postdoctoral europeo *Marie Skłodowska-Curie*.

En la UCL tuve la ocasión de trabajar con los profesores Andrew Bevan y Mark Lake, referentes en Arqueología computacional. Quienes conozcan sus trabajos notarán su evidente influencia en las páginas que siguen. Las anotaciones que pude tomar de sus clases del *MSc Computational Archaeology: GIS, Data Science and Complexity*, uno de los másteres más punteros en el campo de la Arqueología computacional, son, en parte, el germen de varios capítulos de este libro.

Por otra parte, un contrato postdoctoral del gobierno autonómico de la Xunta de Galicia (Plan 12C) en la Universidad de Santiago de Compostela, me brindó la oportunidad de trabajar durante varios años en el extranjero, en concreto, con Quentin Bourgeois en la Universidad de Leiden (Países Bajos) y con Enrico Crema en la Universidad de Cambridge (Reino Unido). Ambas estancias de investigación fueron claves para mi formación porque me permitieron acceder a conocimientos avanzados tanto en Sistemas de Información Geográfica como en simulación estadística con *R*. Realizar el curso *From Data to Interpretation*, impartido por el segundo en el *McDonald Institute for Archaeological Research* de la Universidad de Cambridge supuso un verdadero punto de inflexión, ya que me permitió acceder al interesante campo de la estadística bayesiana.

Mención importante también para los profesores Germán Delibes de Castro, Ramón Fábregas Valcarce y Javier Fernández Eraso, cuyas sugerencias, apuntes y objeciones a mi texto doctoral supusieron una importante masa crítica para el trabajo que sigue.

Finalmente, me gustaría dejar constancia del agradecimiento a quienes desde un principio dedicaron tiempo a mi formación, bien a través de cursos, charlas, bien a través de discusiones sobre la potencialidad de las herramientas informáticas en el campo arqueológico. Muchas

MIGUEL CARRERO-PAZOS

de esas conversaciones han supuesto la reformulación, más de una vez, de alguno de los capítulos que siguen. Me refiero, sin importar el orden, a Emiliana Romaní, Carlos Díaz, Carlos Rellán, Benito Vilas, Alia Vázquez, Miguel Busto, David Espinosa, Fernando Rodríguez del Cueto, Marco de la Rasilla, Francesc Conesa, Hèctor Orengo, Elías López Romero, Francisco Cebreiro, Mikel Díaz, César Parceró y Pastor Fábrega. Por último, también a Clara Benítez, que vio madurar este libro muy de cerca.

En Santiago de Compostela, primavera de 2023

Miguel Carrero-Pazos

Universidade de Santiago de Compostela