

El empleo de software libre en el estudio de la morfología de los paisajes antiguos: el ejemplo del modelado coste-distancia aplicado a la investigación arqueológica.

M. Lage Reis-Correia⁽¹⁾

⁽¹⁾ Fundación Las Médulas, IV Avenida, 2, 24400 Ponferrada (León),
mlage@fundacionlasmedulas.info

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta válida para el estudio de los paisajes antiguos. Los SIG se pueden configurar como un conjunto de medios analíticos útiles para comprender la dimensión espacial de las formaciones sociales y su dinámica histórica. En otras palabras, los SIG posibilitan un acercamiento válido a la racionalidad de las conductas espaciales de una comunidad y a las pautas globales de una sociedad que quedan plasmadas en la morfología de un paisaje.

Atendiendo a la abundante y creciente oferta de programas informáticos que procesan y analizan información espacial, enfocaremos las ventajas que supone la adopción de soluciones libres y de código abierto para la investigación arqueológica de los paisajes. Como ejemplo presentaremos el modelado coste-distancia aplicado a un problema locacional arqueológico: la evaluación de la ubicación de los asentamientos respecto a los recursos disponibles en su entorno. El enfoque experimental ha sido aplicado al poblamiento castreño de la comarca de La Cabrera (León).

Se presentará una descripción detallada de cómo crear tramos isócronos basados en el cálculo de los costes anisótropos inherentes a la locomoción pedestre. Asimismo, la ventaja que supone la adopción del SIG GRASS para la implementación del análisis.

Palabras clave: GRASS, modelado coste-distancia, Arqueología del Paisaje, Cabrera (León).

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) are useful in ancient landscapes study. GIS can offer a wide range of analytical methods which make easier the understanding of the spatial dimension of social formations and its historical dynamics. In other words, GIS are a helpful tool to comprehend the rationality that is inherent to a community's spatial conduct.

There are numerous software solutions that process and analyze spatial information. Nonetheless, in this paper we will focus on the advantages of free and open-source software to the archaeological study of landscapes. As an example, it will be shown how the cost-distance modelling can contribute to an archaeological locational problem: the assessment of sites location according to the natural resources available in their neighbouring. The experimental approach has been applied to Pre-Roman and Roman "castros" in La Cabrera (León).

It will also be detailed how to create isochronic segments based on pedestrian anisotropic costs, and the great benefits of using GRASS GIS to implement this sort of spatial analyses.

Key words: GRASS, cost-distance model, Landscape Archaeology, Cabrera (León).

INTRODUCCIÓN

En esta comunicación enfocaremos un problema locacional en Arqueología: cómo evaluar los recursos existentes y potencialmente explotados en el entorno de un asentamiento. Para ello, partimos de la base que actualmente los SIG, mediante el modelado coste-distancia, generan resultados más satisfactorios que las tradicionales plantillas circulares. Además, señalaremos cómo el empleo del SIG libre GRASS ha supuesto una ventaja a la hora de evaluar distintos "algoritmos de acumulación de costes".

Es importante señalar desde el inicio que el modelado coste-distancia no es el único método capaz de estimar los recursos en el entorno de los asentamientos. Tampoco se puede decir que sea el método que, *a priori*, garantice los mejores resultados. Eso sí, supone un método válido porque permite obtener resultados verosímiles y significativos para la investigación arqueológica.

Del mismo modo, no hemos sido los primeros en emplear este método. El modelado coste-distancia ha sido aplicado en otras ocasiones en investigaciones arqueológicas [2]. No obstante, creemos que este artículo puede resultar útil puesto que es muy difícil encontrar en la bibliografía descripciones detalladas sobre cómo implementarlo paso a paso. Editar sencillamente los resultados obtenidos mediante la aplicación de un método no es suficiente. La descripción de los procedimientos utilizados es imprescindible para evaluar crítica y objetivamente la verosimilitud de los resultados que se generan. No hay métodos perfectos y, el hecho de poder discutir abiertamente los métodos empleados, supone un enorme beneficio para la actividad arqueológica.

En los siguientes apartados se compararán dos procedimientos empleados en el problema locacional: el tradicional, basado en mediciones lineales, y el procedimiento basado en el modelado coste-distancia con superficies de costes anisótropos.

El procedimiento *tradicional*: las mediciones radiales y las plantillas circulares

No cabe aquí explicar detenidamente el marco epistemológico en el que se consolidaron este tipo de análisis locacionales en la investigación arqueológica – algo que ya ha sido ampliamente hecho en otros sitios [3]. Sin embargo, es conveniente explicar muy resumidamente el contexto historiográfico en el que se desarrolló.

En los años 60 y 70 del siglo pasado, se constata en el entorno anglófono una crítica creciente orientada hacia el carácter normativo de las investigaciones arqueológicas de tradición culturalista. En este mismo entorno se empiezan a consolidar los enfoques procesales de la Nueva Arqueología que aspiran a explicar con un “mayor nivel mayor científicidad” el registro arqueológico. Se ve, pues, influenciada por el neopositivismo lógico y la teoría de sistemas, pero también por las teorías neoevolucionistas, ecológico-culturales y funcionalistas.

Es precisamente en este contexto en el que, en 1970, dos investigadores de la denominada “escuela paleo-económica de Cambridge”, C. Vita-Finzi y E. Higgs, fundamentan teórica y metodológicamente un nuevo método para el estudio de las economías prehistóricas (del Paleolítico Superior al Neolítico) en Palestina. Definen un *área de captación* alrededor de un yacimiento para evaluar los recursos disponibles.

Desde entonces, este método se empieza a emplear recurrentemente en Arqueología para definir territorios de explotación de recursos. Se consolida en la bibliografía española como “Análisis de Captación Económica” o “Análisis de Captación de Recursos”. En definitiva, este análisis pretendía demostrar que la disponibilidad de recursos está estrechamente asociada a la elección de la ubicación de un asentamiento y a las actividades económicas de sus habitantes. Evidentemente, esta formulación se fundamenta en el principio del mínimo esfuerzo: cuanto más lejos se encuentra un recurso, menos probabilidad tiene de haber sido explotado.

Sin embargo, el empleo de este método conlleva a un problema de definición de su variable más importante: ¿qué límite se elige para definir el área de captación o el territorio de explotación de recursos? Estos mismos investigadores proponen un radio de 1 hora para las comunidades agrarias. Buscan, con ello, reconocer que la irregularidad del terreno implica un esfuerzo en el desplazamiento y que habría una distancia tope en la que ya no resultaba beneficioso explotar un recurso agrario. La propuesta de estos investigadores reconocía, pues, que la medición en tiempo era más realista que la medición radial. No obstante, esto supondría delimitar territorios teóricos con formas irregulares que dificultaban enormemente la cuantificación de las áreas de los recursos disponibles. Por este motivo, el análisis de la bibliografía desde los años 70 resalta que habitualmente resultaba más cómodo expresar 1 hora de desplazamiento en una plantilla circular con un radio de 5 km, partiendo de la generalización de que el ser humano camina a una velocidad media de 5 km/h. Es evidente que en zonas de orografía irregular los resultados obtenidos eran poco creíbles.

Es por este motivo que consideramos más prudente definir un número mínimo de variables, poniendo a un lado todas aquellas que no implican un aumento de la credibilidad de los resultados.

En primer lugar es importante poder trabajar con Modelos Digitales de Elevación con una resolución razonable. En nuestro estudio no hemos podido disponer de resoluciones inferiores a los 25 m, aunque ésta ya resulta aceptable.

En segundo lugar se debe elegir una fórmula de locomoción pedestre para poder crear las superficies de costes acumulados en el SIG. Existen muchas, aunque a la hora de escoger una es importante atender a dos factores: el tipo de orografía de la zona de estudio (llanura o montaña) y que la fórmula debe definir necesariamente costes anisótropos y no isótropos. Así dicho, nosotros hemos elegido la de Imhof-Tobler [6].

En tercer lugar, hay que disponer de las capas de recursos que se consideren importantes para la investigación. En nuestro caso hemos utilizado el Mapa de Clases Agrológicas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) a escala 1/50.000.

Finalmente, hay que seleccionar los tramos isócronos a definir en el análisis. Aquí, lo más importante a tener en cuenta es la muestra de yacimientos seleccionados y las relaciones espacio-temporales que estimemos entre ellos. No tiene interés efectuar un análisis entre asentamientos que no son coetáneos, puesto que se producirían comparaciones anacrónicas entre yacimientos y, consecuentemente, una lectura distorsionada de los modelos de poblamiento. En nuestro caso hemos estimado tramos de 30' hasta los 120'.

Nuestro estudio se ha basado en una muestra de 10 asentamientos castreños prerromanos y romanos de la comarca de La Cabrera y 1 de la comarca adyacente de la Valdería (ambas en el Sudoeste de la provincia de León).

Para esta investigación hemos tenido la inestimable ventaja de poder contar con la referencia de una investigación anterior, también desarrollada en el marco de la Arqueología del Paisaje [7]. Ésta, al haber empleado un mayor número de análisis a la totalidad de los asentamientos castreños, ha posibilitado la obtención de resultados más concluyentes que, a su vez, han servido para evaluar la adecuación del procedimiento que aquí presentamos.

Finalmente, una vez definido el problema arqueológico y las variables a incorporar en el modelado, hay que elegir el SIG que se usará para efectuar el análisis. En nuestra investigación hemos entendido que el más adecuado era el SIG GRASS (la versión usada fue la 6.2.1). La elección de este SIG libre se debió fundamentalmente a que se acoplaba perfectamente al carácter experimental de la propuesta. Concretamente, ha posibilitado la evaluación de dos "Algoritmos de Acumulación de Costes" (AAC): el AAC que establece un patrón de movimiento basado en 8 celdas (AAC8 – disponible por definición en todos los SIG que posibilitan en cálculo de superficies de costes acumulados) y el AAC que establece un patrón de movimiento basado en 16 celdas (AAC16 – disponible a través del *flag* -k del comando "r.cost" de GRASS).

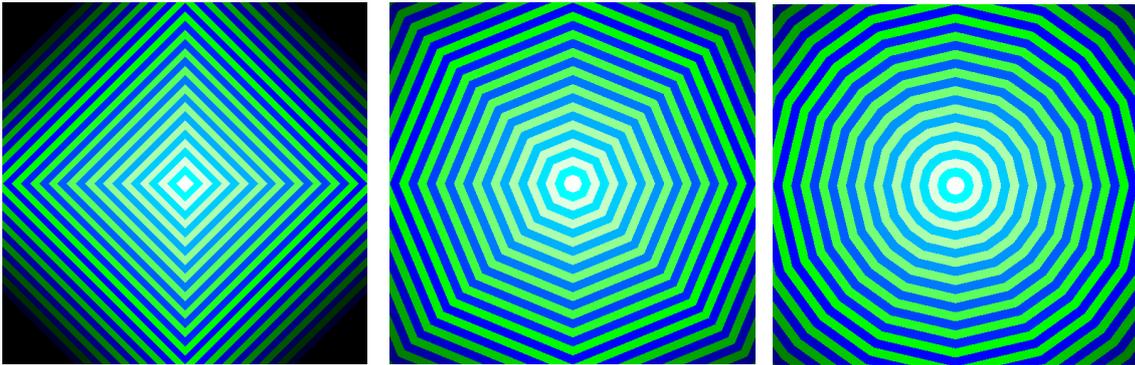


Figura 3: Formas geométricas dibujadas por distintos AAC: izquierda, AAC4; centro, AAC8; derecha, AAC16 [8].

Cuanto mayor es el número de enlaces que el patrón de movimiento establece, menor es la acumulación de error y, por lo tanto, más fino es el resultado final.

Descripción del procedimiento propuesto

El procedimiento se describe según los comandos de GRASS. No obstante, se explicará cada paso, de modo que el procedimiento pueda ser implementado en otros programas.

1. Generación de superficies de fricción y de costes acumulados

En primer lugar se genera un mapa de pendientes a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE). El algoritmo Imhof-Tobler se aplica en base a los valores de fricción de cada celda (en su caso, la pendiente) para estimar la velocidad de la locomoción pedestre.

r.slope.aspect elevation=mapa slope=mapanuevo format=percent

Elevation se refiere al MDE y *slope* al mapa de pendientes.

En segundo lugar se crea una superficie de fricción a partir del algoritmo Imhof-Tobler. La expresión cambia los valores de las pendientes por valores de coste.

r.mapcalc 'mapanuevo=6* exp (-3.5 * abs(mapa / 100 + 0.05))'

El paso siguiente consiste en calcular el tiempo de cruce de celda a partir de la velocidad de cruce de celda, estimada por el algoritmo Imhof-Tobler. Como dicha velocidad se ha expresado en km/h, la unidad del mapa en la expresión algebraica deberá también ser expresada en km. Para ello, se divide la resolución del mapa (originalmente en metros) entre 1000. Después, se divide el valor correspondiente a la resolución espacial del mapa de velocidades (por ejemplo, 0.025, para cálculos en base a resoluciones de 25 m) y se obtiene otro mapa en el que el valor de las celdas expresará el tiempo de cruce de celda, expresado en horas. En definitiva, se obtiene una nueva superficie en la que el valor de coste de cada celda ya no es la velocidad, sino el tiempo que cuesta atravesarla.

r.mapcalc 'mapanuevo=(ewres()/1000)/mapa'

Con el fin de que el análisis sea más cómodo, se pueden convertir los valores de tiempo en horas en tiempo en minutos:

r.mapcalc 'mapanuevo=mapa*60'

El siguiente paso crea una superficie de costes acumulados a partir de un punto que, en el presente caso, representará simbólicamente la ubicación de un asentamiento. Para ello se emplea el comando "r.cost". Éste desencadena un proceso iterativo que reclasifica los valores de superficie según la relación entre celdas que establece el AAC y el valor original de coste de cada celda. En otras palabras, el nuevo valor depende del valor original de la celda, de las celdas vecinas y de las celdas que se encuentren 'detrás' de ella desde el punto de origen. Por eso, cuanto más lejos, más elevado es el valor reclasificado de acumulación de coste. De aquí la diferencia entre un AAC8 y un AAC16.

r.cost -v input=mapa output=nuevomapa coordinate=x,y

2. Generación de polígonos isócronos

El último paso consistiría en definir los polígonos isócronos divididos en tramos de 30' hasta los 120'.

r.contour input=mapa output= mapanuevo maxlevel=120 setp=30

El comando "r.contour" crea los polígonos en capas vectoriales que permitan posteriormente recortar las capas de clases agrológicas y estimar qué clases de suelo aparecen dentro de los tramos isócronos.

Comparación entre las mediciones radiales y los polígonos isócronos

En este apartado presentaremos la comparación de resultados obtenidos a través de plantillas circulares (PC) con los resultados de los polígonos isócronos (PI) creados por el modelado coste-distancia. Se compararán también los resultados obtenidos mediante la aplicación del AAC8 y del AAC16. Los ejemplos presentados corresponden a nuestra área de estudio.

Las comparaciones han tenido en cuenta que los polígonos circulares creados por el SIG no son estrictamente coincidentes con las plantillas circulares empleadas tradicionalmente. La topología creada por el SIG no es un círculo, sino un polígono con 22 lados (generado con un *buffer*). Para un radio de 5 km, el polígono del SIG presenta un área con 7.853,98 ha, menos 103,59 ha que el círculo. No obstante, para los análisis y comparaciones que aquí planteamos se trata de un margen de error perfectamente aceptable.

A continuación presentaremos el caso de dos asentamientos castreños ubicados en situaciones orográficas totalmente distintas: La Peña del Castro (Saceda, Castrillo de Cabrera), en una situación de montaña (tal como los restantes de la comarca de La Cabrera), y el castro de Castrocontrigo (éste ya en la comarca adyacente de la Valdería) en una situación plana.

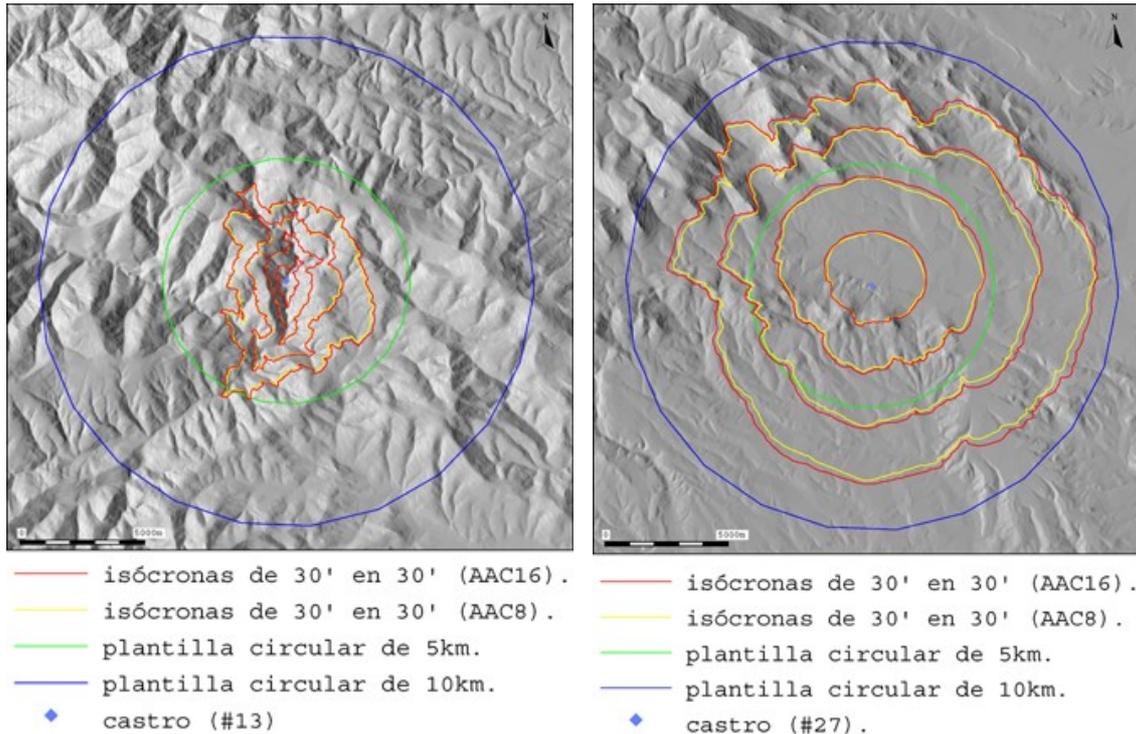


Figura 4: Comparación de polígonos isócronos (AAC8 y AAC16) y plantillas circulares.
Izquierda: La Peña del Castro (Saceda, Castrillo de Cabrera).
Derecha: El Castro (Castrocontrigo)

En el caso de La Peña del Castro, la diferencia entre las PC y los PI-AAC8 oscila entre las 1.842,7 ha (PI de 30' y PC de 2,5 km) y las 27.650,4 ha (PI de 120' y PC de 10 km); en el primer caso el PI ocupa apenas el 4,9% de la superficie de la PC y, en el segundo caso, el PI de 120' ocupa 10,8% de la superficie total de la PC de 10 km. Las diferencias entre los PI-AAC16 y las PC oscila entre las 1.839,7 ha del PI de 30' y las 27.494,1 ha entre el PI de 120' y la PC de 10 km. A su vez, las diferencias entre el PI-AAC8 y el PI-AAC16 oscila entre 3 ha en el caso del PI de 30' y las 156,3 ha en el caso del PI de 120'. Esto significa que, en el presente caso, el PI-AAC8 presenta un área entre un 3% y un 4,5% menos que el PI-AAC16.

Respecto al asentamiento de Castrocontrigo, la diferencia entre los PI-AAC8 y las PC está entre las 816,3 ha para las PI de 30' y las PC de 2,5 km (la primera ocupa el 42,1% de la superficie total de la segunda) y las 12.095,7 ha entre los PI de 120' y las PC de 10 km (el PI ocupa el 39 % de la superficie total de la PC). La diferencia entre los PI-AAC16 y las PC oscila entre las 748,7 ha (PI de 30' y PC de 2,5 km) y las 11.072,2 ha (PI de 120' y PC de 10 km). Finalmente, la diferencia entre los PI-AAC8 y los PI-AAC16 está entre las 67,6 ha de los PI de 30' (el PI-AAC8 ocupa el 94,3% de la superficie total del PI-AAC16) y las 1.023,9 ha de los PI de 120' (el PI-AAC8 ocupa el 94,9% de la superficie total del PI-AAC16).

Así pues, queda demostrado que la diferencia entre las plantilla circulares y los polígonos isócronos aumenta cuanto mayor es la distancia y más acentuada la irregularidad del terreno. Estos dos factores son los que definen también la diferencia entre el coste inherente a los movimientos isótropos y anisótropos. En definitiva, se ha demostrado que, cuanto más coste esté implicado, mayor será la diferencia respecto a las mediciones radiales.

Por otra parte, en entornos de montaña no hay prácticamente diferencias entre el AAC8 y el AAC16, al menos atendiendo a los márgenes de error que consideramos razonables.

Sin embargo, en situaciones de llanura, verificamos la situación contraria. Tal como podemos comprobar en el caso del asentamiento de la Valdería existe una mayor diferencia entre el AAC8 y el AAC16, mientras que la diferencia de ambos respecto a las plantillas circulares disminuye. Es por tanto desaconsejable, en nuestra zona de estudio, La Cabrera, la aplicación de plantillas circulares. Además, el AAC16 produce unos resultados prácticamente iguales que el AAC8.

Queda de este modo demostrada la enorme utilidad del modelado coste-distancia (concretamente a través de su aplicación en GRASS), respecto a las plantillas circulares.

El modelado coste-distancia y los territorios teóricos de explotación

Una vez obtenidos los polígonos isócronos podemos superponerlos a mapas con recursos naturales y evaluar su disponibilidad en el entorno del yacimiento.

A continuación, aplicaremos este método a un asentamiento castreño prerromano (la Corona de Corporales – Corporales, Truchas) y a otro romano (castro de Nogar – Nogar, Castrillo de Cabrera) y ejemplificaremos las evaluaciones típicas que se suele hacer en la investigación arqueológica con este tipo de análisis.

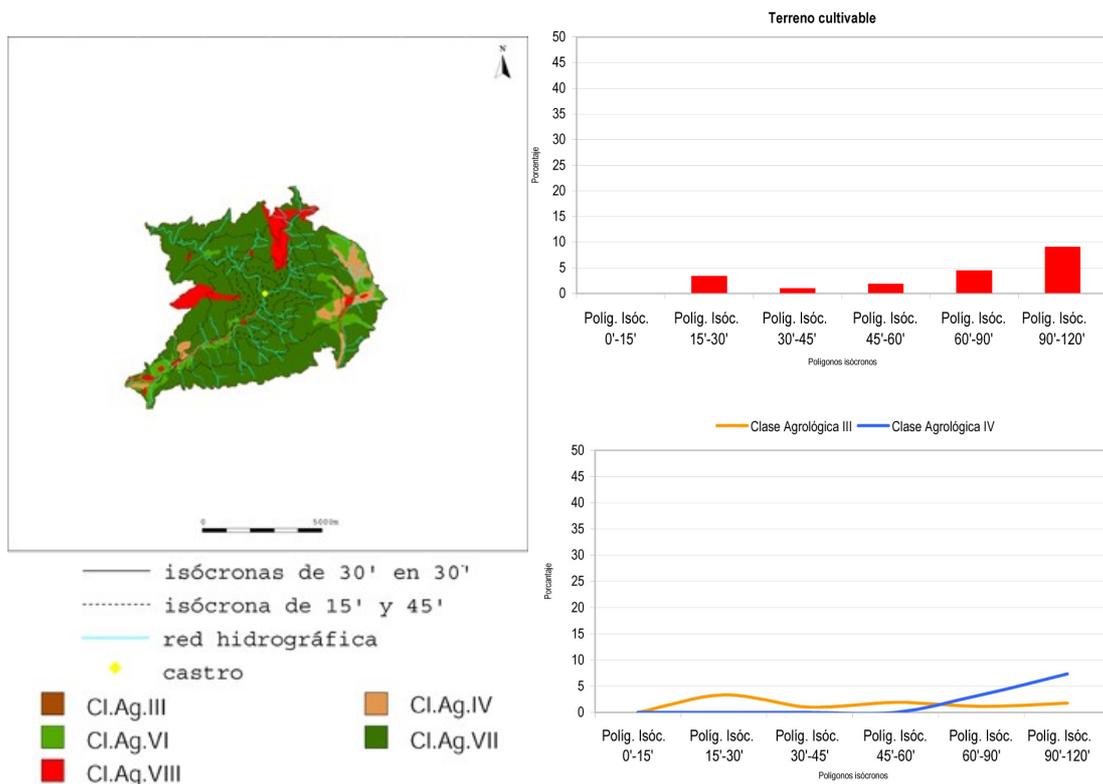


Figura 5: Asentamiento castreño romano (Castro de Nogar – Nogar, Castrillo de Cabrera).
 Izquierda: superposición de los PI-AAC16 al mapa de Clases Agrológicas.
 Derecha arriba: relación entre terreno cultivable y tramos isócronos.
 Derecha abajo: relación entre Clases agrícolas (III y IV) y tramos isócronos.

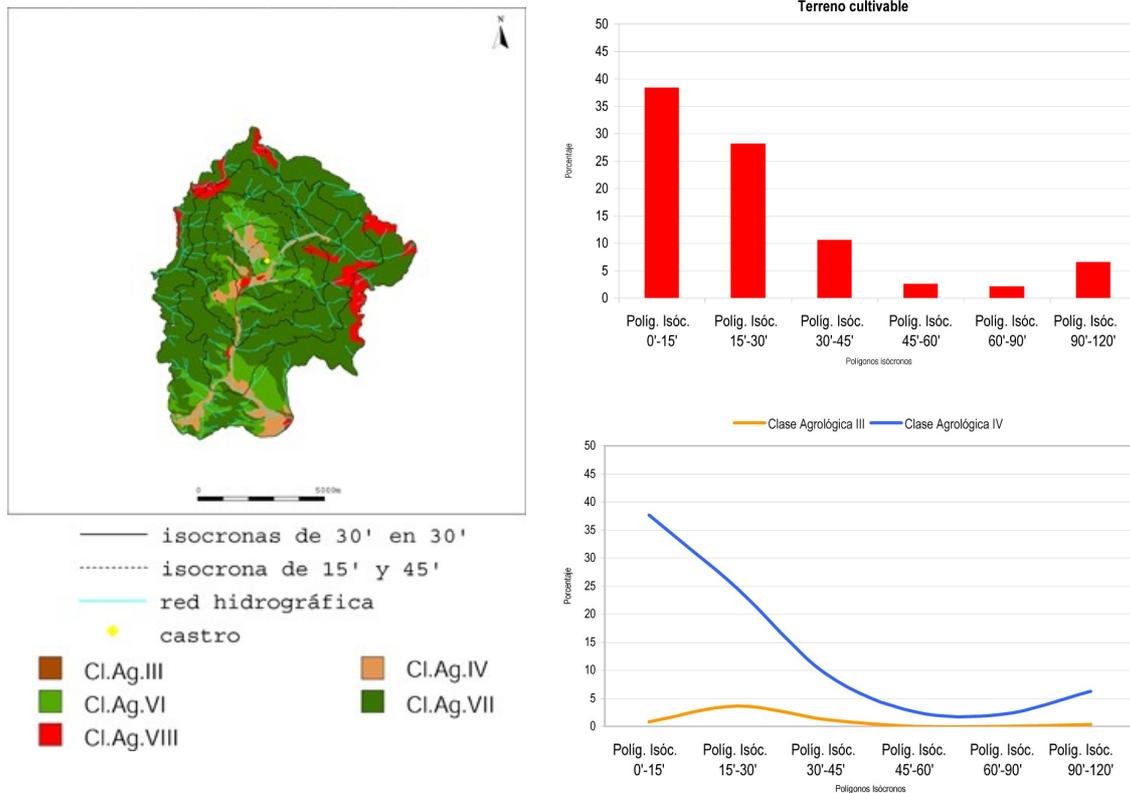


Figura 6: Asentamiento castreño prerromano (La Corona de Corporales – Corporales, Truchas).
 Izquierda: superposición de los PI-AAC16 al mapa de Clases Agrológicas.
 Derecha arriba: relación entre terreno cultivable y tramos isocronos.
 Derecha abajo: relación entre Clases agrológicas (III y IV) y tramos isocronos.

La aplicación de este tipo de análisis locacionales a escala regional posibilita una perspectiva espacio-temporal sobre la relación del poblamiento con los recursos disponibles en época prerromana y romana. En nuestro caso, el análisis nos ha permitido sugerir que, respecto a la disponibilidad de recursos agrarios, existen diferentes estrategias de ubicación.

Los castros prerromanos presentan una clara tendencia de ubicación en aquellos puntos donde se dispone de una mayor cantidad de suelos con potencial agrario. En cambio, en el caso de los castros romanos parece que el acceso a los recursos agrarios no era decisivo. Sabemos que la organización territorial en época romana en esta zona se encuentra estrechamente relacionada con la explotación de otros recursos, concretamente con la actividad minera aurífera y con la infraestructura hidráulica de las explotaciones auríferas de Las Médulas. Estas tendencias son corroboradas por el estudio de referencia de la zona que hemos citado anteriormente. Asimismo, los resultados del modelado coste distancia deben ser articulados con otros tipos de análisis territoriales (en los que también se pueden emplear los SIG, como la evaluación de disponibilidad de otros recursos, análisis de visibilidad e intervisibilidad, etc.) y otras fuentes de documentación histórica. En definitiva, el objetivo es que estos análisis puedan resultar interesantes para la explicación global histórica de las formaciones sociales y de las estructuras territoriales a lo largo del tiempo en esta zona.

CONCLUSIONES

De cara a un problema arqueológico la discusión “SIG propietario” vs. “SIG libre” no es significativa: *a priori* ninguno de ellos garantiza la solución del problema. No obstante, sí es cierto que el hecho de poder disponer de un programa de código abierto supone una ventaja inestimable a la hora de plantear un control de la calidad de los procedimientos técnicos que producen información de interés arqueológico. También permiten efectuar los cambios necesarios en la estructura computacional, de forma que el *software* sea coherente con los objetivos del programa de investigación científica.

Además, respecto al problema locacional arqueológico que hemos enfocado, el SIG libre GRASS ha permitido evaluar dos tipos de AAC, hecho que ha beneficiado enormemente el carácter experimental de nuestro enfoque.

REFERENCIAS

- ◆ [1] Este artículo se basa en el Trabajo de Grado que hemos defendido en Septiembre de 2007, en el marco del programa de doctorado *Del Paisaje al Territorio: usos económicos, ordenaciones espaciales y percepciones políticas (entre la Prehistoria y la Antigüedad Tardía)*, del Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología de la Universidad de Salamanca. Dicho Trabajo de Grado, titulado “El problema del modelado coste-distancia en la investigación arqueológica: enfoque mediante técnicas de SIG y aplicación al estudio del poblamiento prerromano y romano de la comarca de La Cabrera (León)” ha sido dirigido por el Profesor Doctor D. Ángel L. Esparza Arroyo.
- ◆ [2] Ver, por ejemplo, FÁBREGA, P. (2005). “Tiempo para el espacio. Poblamiento y territorio en la Edad del Hierro en la comarca de Ortegá (A Coruña, Galicia)”. *Complutum* 16, pp. 125-148.
GAFFNEY, V.; STANČIČ, Z. (1991). *GIS approaches to regional analysis: A case study of the island of Hvar*, Oxford, Oxbow Books.
GRAU, I. (2006). “Transformaciones culturales y modelos espaciales. Aproximación SIG a los paisajes de la romanización”. En *La Aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje*, GRAU, I. (editos.). San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la Universidad de Alicante, pp. 211-226.
LIMP, F. (1991). “Continuous Cost Movement Models. En *Applications of Space-Age Technology” in Anthropology*, Behrens, E. ; Sever, T. (editos): NASA Technical Reports, pp. 237-250.
MAYORAL, V. (1998). “El estudio del paisaje agrario del período ibérico tardío en el Guadiana Menor (Jaén)”. *Arqueología Espacial* 19-20, pp. 415-28.
PARCERO, C. (2002b). “Using GIS for the historical analysis of archaeological landscapes”. *Archaeological Computing Newsletter* 59, pp. 4-10.
URIARTE, A. (2005). “Arqueología del Paisaje y Sistemas de Información Geográfica: una aplicación en el estudio de las sociedades protohistóricas de la cuenca del Guadiana Menor (Andalucía oriental)”. En CANCELO, C., BLANCO, A.; ESPARZA, A. (editos.), *Encuentro de Jóvenes Investigadores sobre Bronce Final y Edad del Hierro en la Península Ibérica*. Salamanca, Universidad de Salamanca, pp. 603-621.
- ◆ [3] Ver, por ejemplo, GARCÍA, L. 2005. *Introducción al Reconocimiento y Análisis Arqueológico del Territorio*, Barcelona, Editorial Ariel.

IV Jornadas de SIG Libre

- VICENT, J. (1991). "Fundamentos teórico-metodológicos para un programa de investigación arqueo-geográfica". En LÓPEZ, P. (editos.), *El Cambio cultural del IV al II milénios a.C. en la Comarca Noroeste de Murcia*, Madrid, CSIC, pp. 31-117.
- ◆ [4] VITA-FINZI, C.; HIGGS, E. (1970). "Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine: Site Catchement Analysis". En COLES, J. (editos), *Proceedings of the Prehistoric Society*, Cambridge, Cambridge university Press.
 - ◆ [5] VICENT, J. (1991). "Fundamentos teórico-metodológicos para un programa de investigación arqueo-geográfica". En LÓPEZ, P. (editos.), *El Cambio cultural del IV al II milénios a.C. en la Comarca Noroeste de Murcia*, Madrid, CSIC, pp. 31-117.
 - ◆ [6] TOBLER, W. (1993). "Three Presentations on Geographical Analysis and Modeling: 1)Non-Isotropic Modeling; 2)Speculations on the Geometry of Geography; 3)Global Spatial Analysis". *Technical Report 93-1*, Santa Barbara, National Center for Geographic Information and Analysis.
 - ◆ [7] FERNÁNDEZ-POSSE, M.D.; SÁNCHEZ-PALENCIA, F.-J. (1988). *La Corona y el Castro de Corporales II. Campaña de 1983 y prospecciones en Las Valdería y La Cabrera (León). Excavaciones Arqueológicas de España*, 153, Madrid, Dirección General de Bellas Artes y Archivos – Ministerio de Cultura.
SÁNCHEZ-PALENCIA, F.-J.; FERNÁNDEZ-POSSE, M.D. (1985). *La Corona y el Castro de Corporales I, Truchas (León). Campañas de 1978 a 1981. Excavaciones Arqueológicas de España*, 141, Madrid, Dirección General de Bellas Artes y Archivos – Ministerio de Cultura.
 - ◆ [8] BEMMELEN, J.; QUAK, W.; HEKKEN, M.; OOSTEROM, P. (1993). "Vector vs. Raster-based algorithms for cross country movement planning", *Proceedings of Auto Carto 11*, pp. 304-317.