

El sistema defensivo de Villasviejas de Tamuja (Botija, Cáceres): una aplicación de software libre en el análisis de paisajes arqueológicos.

Rebeca Cazorla Martín, Enrique Cerrillo Cuenca, Victorino Mayoral Herrera y José
Ángel Salgado Carmona ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Arqueología (C.S.I.C.- Junta de Extremadura - Consorcio de Mérida)
Plaza de España, 15 06800 Mérida (Badajoz)
rcazorla@iam.csic.es ecerrillo@iam.csic.es vmayoral@iam.csic.es salgado@iam.csic.es

RESUMEN

El análisis de cuencas visuales es una de las aplicaciones de los SIG que más repercusión han tenido en Arqueología. El éxito de su uso está condicionado también por la elección del método de elaboración de los modelos digitales del terreno, bien sea a partir de modelos obtenidos por triangulación o por interpolación (splines, etc). Es ésta una consideración de partida que pretendemos incluir en esta comunicación.

En este trabajo se ha empleado el software GRASS para tratar de comprender diversos aspectos sobre la función del sistema defensivo de un poblado amurallado de la II Edad del Hierro, especialmente módulos adicionales específicamente desarrollados para Arqueología.

Nuestro trabajo se ha centrado esencialmente en las cuencas visuales y en el análisis de prominencia, aunque no hemos querido obviar otras posibilidades como el cálculo de caminos óptimos para comprender los accesos al castro.

Con esta aplicación práctica puede ponerse de relieve la versatilidad de este paquete de software libre frente a otras soluciones que se emplean en el mercado.

Palabras clave: SIG, Arqueología, II Edad del Hierro, cuencas visuales, análisis de prominencia.

ABSTRACT

The analysis of cumulative viewshed is one of the GIS applications which has had a great impact in Archaeology. The success of its use depends on the election of the elaboration method of the DEM, obtaining models either

by triangulation or interpolación (splines). This is one basic premise we try to include in this communication.

In this paper, GRASS software has been used in order to understand diverse aspects about the function of the defensive system of a Late Iron Age hillfort, using also additional commands specifically developed for Archaeology.

This work mainly studies the cumulative viewshed and the prominence analysis, including also other possibilities as the least cost path.

With this practical application we want to point out the versatility of this free software package front to other solutions available.

Key words: GIS, Archaeology, Late Iron Age, cumulative viewshed, prominence analysis.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de Villasviejas del Tamuja

El yacimiento arqueológico de Villasviejas del Tamuja está situado en el municipio de Botija (Cáceres), formando parte de la Comarca Sierra de Montánchez y Tamuja, situada al suroeste de la capital provincial y limitando con a provincia de Badajoz. Se caracteriza esta tierra por la presencia de la Sierra de Montánchez, divisoria de aguas del Tajo y Guadiana, y de la que parten varios regatos que conforman el río Tamuja, que surca la penillanura pizarrosa formando los llamados “riberos” o encajonamientos por la erosión.

Los restos arqueológicos conservados corresponden a un castro o poblado fortificado de la II Edad de Hierro (s. IV a.C. al cambio de Era). Una particularidad de este asentamiento es el que cuenta con dos recintos amurallados independientes, situados cada uno en un pequeño promontorio enmarcados por los meandros encajonados del río Tamuja. El llamado Recinto A, de forma está situado en una península estratégica y de fácil defensa al estar delimitada por el escarpe del río Tamuja y el desnivel producido por el arroyo del Verraco. La zona llana, defendida por dos grandes fosos, permitía un acceso rápido a los recursos prioritarios, como son el agua, los campos de cultivo y la dehesa. El Recinto B se localiza en una pequeña loma al Suroeste del anterior. Su forma es cuadrangular, con una pendiente considerable desde la esquina Suroeste hacia el flanco Norte, que está protegido por el encajonamiento del río. El resto de flancos, excepto el Este, en donde se localiza también el mencionado arroyo del verraco, están reforzados por fosos longitudinales tallados en la pizarra natural.

El entorno del yacimiento se caracteriza por la presencia de una dehesa bien conservada y por los restos de actividades mineras, especialmente activas a finales del S. XIX, aunque su explotación puede remontarse a época romana. Gracias a los análisis palinológicos sabemos que este entorno era similar a finales de la Edad del Hierro, y algunos hallazgos avalan un posible bateo de las aguas del río Tamuja en busca de oro. Por su parte, los grandes escoriales que encontramos en los

alrededores son fruto de la extracción de galenas argentíferas, con las que se producía plata y plomo. Lamentablemente, no hay evidencias directas de su explotación prerromana.

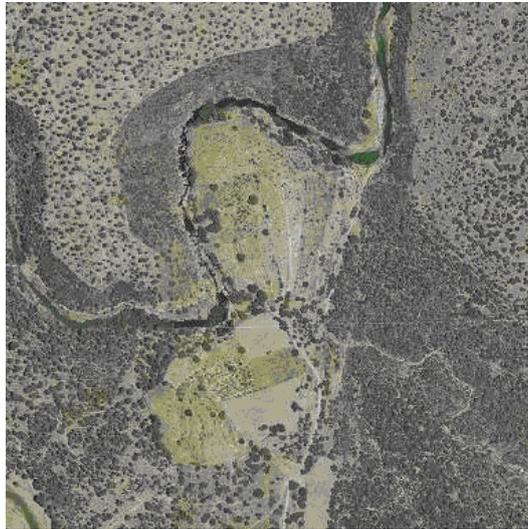


Figura 1: Ortofoto del yacimiento

Las fortificaciones prerromanas: El sistema defensivo del castro

El estudio de las fortificaciones prerromanas en la península ibérica experimenta un momento de gran desarrollo. Durante mucho tiempo el análisis arqueológico de estas estructuras se ha movido en un plano descriptivo y tipológico. Más recientemente han comenzado a formularse propuestas interpretativas acerca de su funcionalidad. En este tipo de trabajos se ha prestado mucha atención a la eficacia defensiva del desarrollo y planificación de las murallas. La identificación de influencias culturales en la adopción de determinadas técnicas y recursos también ha sido objeto de diversos trabajos (Gracia Alonso, 1997, Romeo Marugán, 2002, Moret y Badie, 1998). Otro aspecto que ha captado la atención de los arqueólogos es el de las implicaciones sociales y económicas de la construcción de las defensas. Los requerimientos de organización del trabajo y movilización de recursos humanos y materiales han sido tenidos en cuenta como posibles indicadores de complejidad y desigualdad en la estructura interna de las formaciones sociales (Gracia Alonso, 1998). Pero, más allá de estas consideraciones de carácter estratégico y económico, con el tiempo han ido surgiendo estudios en los que se tenía en cuenta la dimensión simbólica de las fortificaciones como expresión identitaria de las comunidades antiguas (Moret, 1998, Moret, 2001).

La arqueología de la cultura ibérica ha generado una línea de investigación fuertemente consolidada sobre todos estos problemas. Más recientemente los especialistas en la protohistoria de otras áreas peninsulares han comenzado a ocuparse de las estructuras defensivas a partir de presupuestos teóricos y métodos de trabajo renovados. Una buena muestra de ello son las actas del coloquio celebrado en la Casa de Velázquez en 2006 (Berrocal Rangel y Moret, 2007). Respecto al ámbito cultural en el que se inserta el castro de Villasviejas del Tamuja, debe resaltarse la labor desarrollada a través del proyecto de investigación “Las fortificaciones protohistóricas de la Península Ibérica”, dirigido por el Dr. Luís Berrocal-

Rangel. Este autor ha desarrollado técnicas de análisis inspiradas en otras disciplinas para ponderar la relación entre la eficacia defensiva de las fortificaciones y el trabajo invertido en su construcción. También en torno a la dualidad monumentalidad/utilidad funcional de las murallas es preciso citar otras aportaciones como las realizadas por Parceró Oubiña y Pastor Fábrega (Parceró Oubiña y Fábrega Álvarez, e.p) en relación con asentamientos del NO peninsular. Este último es un buen ejemplo del gran potencial de las tecnologías de información geográfica como apoyo en la investigación sobre esta temática.

El sistema defensivo de Villasviejas del Tamuja es diferente en cada uno de sus dos recintos. El Recinto A posee dos tipos de muralla según su ubicación, ya que en las zonas más protegidas por la topografía, especialmente por la caída al río Tamuja, la inversión en trabajo y materiales es menor. Estas zonas poseen una muralla ataludada realizada en pizarra, casi una obra de aterrazamiento, similar a la de otros castros extremeños. Sin embargo, las zonas más débiles del perímetro, tanto la que da a la vaguada del arroyo del Verraco como la que protege el acceso a la península, están protegidas por una potente muralla, también ataludada, realizada en sillería de granito.



Figura 2: Sistema defensivo del castro y planta del Torreón S.E.

Cabe destacar la presencia de dos torres identificadas en la esquina de este recinto. Una de ellas, circular, se ubica en la esquina Suroeste y apenas ha podido ser estudiada al encontrarse muy deteriorada. Por el contrario, en la esquina Sureste, asomándose al arroyo y en línea con la muralla transversal que defiende el acceso, se ubica un gran torreón o bastión cuadrangular. Está realizado por medio de paredes exteriores ataludadas de granito y un relleno interior a base de lajas de pizarra y tierra. Sus límites se conocen casi con exactitud, pero lamentablemente una de sus esquinas se ha perdido por culpa de la erosión y el expolio de sus materiales para servir como base de otras construcciones en las fincas colindantes y en el propio pueblo.

Por su parte, las murallas del Recinto B están todas realizadas en sillares de granito de menor módulo que los del anterior recinto. Las hiladas son más uniformes y los muros apenas tienen talud. También en este perímetro defensivo encontramos

torres defensivas, aunque su estado de conservación es muy malo, ya que han sido intensamente expoliadas. Una de ellas, llamada “La Torruca” o “El Castillejo” se localiza en la esquina Suroeste, en el punto más alto de la colina, y ante ella el foso se detiene unos metros, por lo que tal vez se encuentre protegiendo un acceso. Aunque no se descarta que en el futuro se localicen nuevas torres, la última localizada se ubica en el ángulo Noroeste, y ante ella también se interrumpe el foso.

EL SIG LIBRE Y SU APLICACIÓN EN ARQUEOLOGÍA.

La Arqueología es la disciplina de las Ciencias Humanas que quizás se muestre más permeable a los cambios e innovaciones que ofrecen las Tecnologías de Información Geográfica. Desde mediados de la década de 1990 contamos con las primeras experiencias de aplicación en España, que no son sino una incorporación algo más tardía del desarrollo exitoso que los SIG había tenido sobre todo en los países anglosajones. Pese a que ya es una herramienta suficientemente extendida en nuestro campo, podemos considerar el uso de SIG libre como algo minoritario por parte de los arqueólogos españoles, lo que probablemente se deba a un aprendizaje mucho más costoso que el que ofrecen las soluciones comerciales más convencionales. Las experiencias son ciertamente pocas, salvo alguna excepción que merece la pena remarcar, y ciertamente en el campo de la Arqueología las reuniones sobre software libre se reducen a algunos eventos celebrados en Italia (<http://www.archeogr.unisi.it/asiala/open/index.php>), que no tienen una repercusión suficiente a nivel peninsular, o a la publicación de datos libres de excavación en la red (<http://thehumanjourney.net/>) para su uso e interpretación por parte de otros arqueólogos de la comunidad. Estas iniciativas no se han materializado de una manera concreta en el campo del software, y el único evento que destaca es una distribución específica de Linux, ArcheOS (<http://www.arc-team.com/archeos/wiki/doku.php>), que incluye una plataforma de herramientas SIG, entre ellas GRASS y QGIS.

Otro caso bien distinto es que existan una serie de beneficios en el uso del software libre, que en el caso de nuestro campo de conocimiento no se hayan podido rentabilizar con plenitud. Quizás el nulo coste de las aplicaciones sea la ventaja más evidente, aunque cada vez son más los centros de investigación que incorporan licencias propietarias para sus usuarios, y la dificultad en el acceso a estas herramientas va siendo una cuestión del pasado.

El modelo que parece funcionar en la relación entre Arqueología y software libre es la incorporación de distintos repositorios con scripts o módulos que cubren necesidades específicas del análisis arqueológico del territorio, y que otras aplicaciones propietarias no desarrollan de forma específica. Un elemento positivo es que, gracias al desarrollo de metodologías de análisis del territorio arqueológico, se asiste a un incipiente desarrollo de módulos que son incorporados de manera relativamente rápida a las aplicaciones. Algunos de estos módulos o scripts serán analizados a lo largo del presente trabajo, todos ellos en relación con la aplicación GRASS.

Proceso de Trabajo

Creación del MDE.

La elección de un procedimiento para realizar un modelo digital de elevaciones, MDE en lo sucesivo, es un aspecto básico, y de él depende en gran medida parte del éxito del proyecto. Con ocasión de un trabajo anterior sobre las defensas de Villasviejas (Cazorla y Salgado, e.p.) realizamos una serie de MDE empleando distintas soluciones como la triangulación o la creación de MDE raster a partir de triangulaciones. Este ejercicio nos sirvió para evaluar las variaciones que existen entre los distintos modelos, y decantarnos por la interpolación de elementos vectoriales como la opción más adecuada. En nuestros trabajos recientes nos hemos decantado por producir cada MDE con el comando "v.surf.rst" y datos vectoriales procedentes de un topográfico con escala nominal 1:10000 que facilita la Junta de Extremadura. La información de entrada que introducimos incluye curvas topográficas, puntos de cota y la hidrografía con cotas tridimensionales, que combinadas nos permite realizar un MDE del paisaje que representa tanto los vértices de las entidades topográficas como el desnivel que produce la hidrografía. El resultado es un MDE con una resolución de celda de 5 m/pixel.

Análisis de prominencia.

El denominado "análisis de prominencia" fue descrito por M. Llobera (1996) en un trabajo sobre la exploración topográfica del paisaje en la Prehistoria. Mediante este análisis se categorizan una serie de posiciones (celdas) en función de su preeminencia con respecto a otras dentro de un buffer dado. El cálculo de la prominencia tomando como referencia buffers de distintos tamaños nos permite entender de qué modo "sobresale" topográficamente la instalación de un determinado asentamiento o monumento en el paisaje. Este es quizás uno de los casos más nítidos en el que el SIG libre ha permitido incorporar con mayor rapidez los avances teóricos de la disciplina a la verdadera práctica. En origen se necesitaba una red de ordenadores para realizar un sólo análisis de prominencia topográfica, pero gracias al módulo "r.prominence" de GRASS (desarrollado por Benjamin Ducke; http://www.uni-kiel.de/ufg/ufg_BerDucke.htm), su aplicación es posible realizarla desde un único equipo, eso sí, con un elevado coste de tiempo.

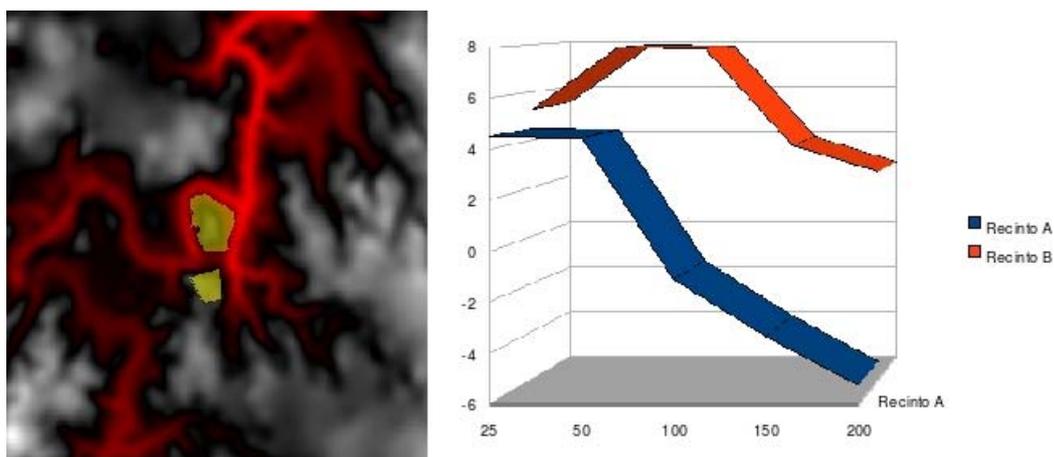


Figura 3: Ejemplo de prominencia en un radio de 150m. y gráfico comparativo de la prominencia media de la superficie de ambos recintos

Teniendo como base el MDE se han realizado diversos análisis de prominencia (empleando para ello el módulo "r.prominence") en radios de 25, 50, 100, 150 y 200

metros. Para ello fueron digitalizados sendos polígonos con las superficies de ambos recintos y se tomó como superficie de cálculo la totalidad de celdas que ocupaban.

Cálculos de visibilidad.

El análisis visual en Arqueología se iniciaba en la década de 1980 de un modo bastante tentativo o únicamente empírico, orientado sobre todo a determinar conexiones visuales entre un determinado grupo de yacimientos, esencialmente fortificaciones. La irrupción de los SIG en este panorama ha generalizado bastante su uso, popularizando el concepto de “cuenca visual” y “cuenca visual acumulada”. Es éste último concepto el que parece tener más repercusión en la aplicaciones actuales de los SIG en Arqueología (García Sanjuán et al. 2006), y se basa en cuantificar el número de veces que una celda es vista desde un grupo de posiciones, generalmente yacimientos. Aunque es una operación que podría realizarse con álgebra de mapas sumando las cuencas visuales de cada localización, M. Lake desarrolló un módulo para las versiones más antiguas de GRASS (“r.cva”) que ha sido actualizado recientemente por B. Ducke. En nuestro caso hemos aplicado ese concepto de cuenca visual acumulada tomando como puntos de observación la planta “rasterizada” de la superficie que ocupa el torreón del recinto A, lo que revelaría la superficie total que se cubre visualmente desde este elemento defensivo y no desde un único punto del mismo.

El objetivo principal de este procedimiento es conocer la visibilidad teórica que tuvo el Torreón del Recinto A, para ello el primer paso fue reconstruir virtualmente la extensión y altura de dicho bastión para calcular la visibilidad acumulada desde toda su superficie teórica. En trabajos anteriores (Cazorla y Salgado, e.p.) ya habíamos calculado la visibilidad acumulada desde cada una de las cuatro esquinas del torreón, realizando dicho cálculo a diferentes alturas hipotéticas a fin de ver si el porcentaje de visibilidad aumentaba o disminuía en relación con dicha altura. Las limitaciones que encontramos en aquellos trabajos a los que aludimos, realizados entonces con software bajo licencia, explican la elección del software GRASS en el presente estudio a fin de explorar sus posibilidades.

La capa vectorial con la superficie reconstruida del torreón se había obtenido a partir de trabajos topográficos previos realizados mediante GPS bifrecuencia, empleado también para la elaboración del levantamiento topográfico del yacimiento.

La rasterización de dicha capa planteó varias dificultades, ya que la resolución de 5 por 5 metros falseaba la extensión real del torreón. Otra dificultad añadida se derivó del cálculo de la altura hipotética que tuvo dicho bastión. Para conocer dicha altura contábamos con la cota del alzado mínimo conservado, correspondiente a la esquina noroeste (278 m.), y la anchura máxima del torreón (18 metros). Con estos datos, hemos planteado como hipótesis que la base del torreón permitiría sostener una estructura de 10 metros, lo que supone añadir 4 metros sobre la altura hoy conservada.

Entendemos que estos errores pueden ser considerados como asumibles ya que el propio MDE empleado es un modelo de alturas y superficies y estos cálculos tratan de ajustar una realidad presente (superficie) o pasada (altura) a dicha modelización. Por lo tanto la superficie y la altura del torreón quedaron integradas en el MDE.

El cálculo de visibilidad propiamente dicho se realizó empleando el módulo “r.cva” de GRASS, definiendo como superficie de observación el resultado de la rasterización

del polígono. Los resultados obtenidos reflejaban una gradación en 13 valores, sin que se observase un cambio relevante salvo en los límites de observación.

En el recinto B realizamos un cálculo de visibilidad simple (“r.los”), seleccionando un único punto de observación procedente del levantamiento del yacimiento, donde sabemos que existía otro torreón.

Caminos óptimos.

El cálculo de impedancia es uno de los más antiguos compañeros de la Arqueología del territorio. A comienzos de la década de 1970, Higgs y Vita-Finzi comenzaron a analizar el área envolvente de ciertos asentamientos para explicar el tipo de recursos naturales que explotaban en superficies que fueran abarcables en una, siempre teórica, hora de camino. El éxito de este planteamiento quedó refrendado por multitud de trabajos posteriores que dedicaron parte de su esfuerzo a definir fórmulas matemáticas que simularan el desplazamiento humano y así calcular el área que un determinado grupo podría cubrir potencialmente en sus desplazamientos. En una etapa “pre-SIG”, surgieron fórmulas como la de Gorenflo y Gale (1990) o la de Gilman y Thornes (1985), junto a otras que de manera más tentativa (Berrocal 1992), trataban de simular el movimiento humano. La generalización de los SIG en Arqueología ha rescatado estas fórmulas y su aplicación resulta corriente a la hora de calcular caminos óptimos en diversos trabajos (Fairén 2006).

GRASS podía realizar superficies de coste tiempo atrás con el módulo “r.cost”, pero en sus versiones más recientes, a partir de la versión 6.2, incorpora un módulo más específico, “r.walk”, que simula el movimiento humano en condiciones contrastadas de un modo empírico. La excelente documentación que acompaña a este módulo, su bibliografía y su capacidad de configuración le convierten ya en una opción más avanzada que el resto de las fórmulas que se emplean en Arqueología, algo que hemos contrastado mediante la comparación directa con las fórmulas comentadas. Su versatilidad radica además en que realiza superficies de costes anisotrópicas, sin que sea necesario introducir una capa de pendientes como superficie de fricción, tal y como se realizaba en otras ocasiones. En su lugar “r.walk” nos permite introducir superficies de fricción y barreras de distinto tipo. Nosotros hemos seleccionado únicamente la hidrografía, otorgándole un valor diez veces superior a las de las condiciones normales de tránsito.

Empleamos el módulo “r.walk” para calcular un mapa de superficies de coste que sirva como base para el trazado de las rutas naturales del yacimiento. Este módulo utiliza la opción del “movimiento del caballo de ajedrez” basado en el principio de Naismith que presenta la ventaja de se trata de una solución que simula el movimiento anisotrópico y ofrece los resultados en segundos.

Se seleccionaron dos coordenadas, una por recinto del yacimiento, para realizar este cálculo; una vez creada la superficie de costes empleamos el módulo de drenaje (“r.drain”) para obtener los accesos naturales óptimos a cada uno de los dos recintos. Aunque este módulo está diseñado para el análisis hidrológico, en concreto para determinar redes de drenaje en un MDE, en este caso lo hemos empleado para hallar caminos óptimos. Se ha introducido en lugar de un modelo de elevación, la superficie de impedancia, con ello se transforman las elevaciones topográficas en segundos y se calcula el acceso al castro en el menor tiempo posible.

Como inicio de los hipotéticos caminos naturales establecimos de forma aleatoria hasta 200 puntos, con el fin de obtener una malla regular que cubriese todo el mapa de costes y de no desechar posibles puntos de origen en cada una de las direcciones.

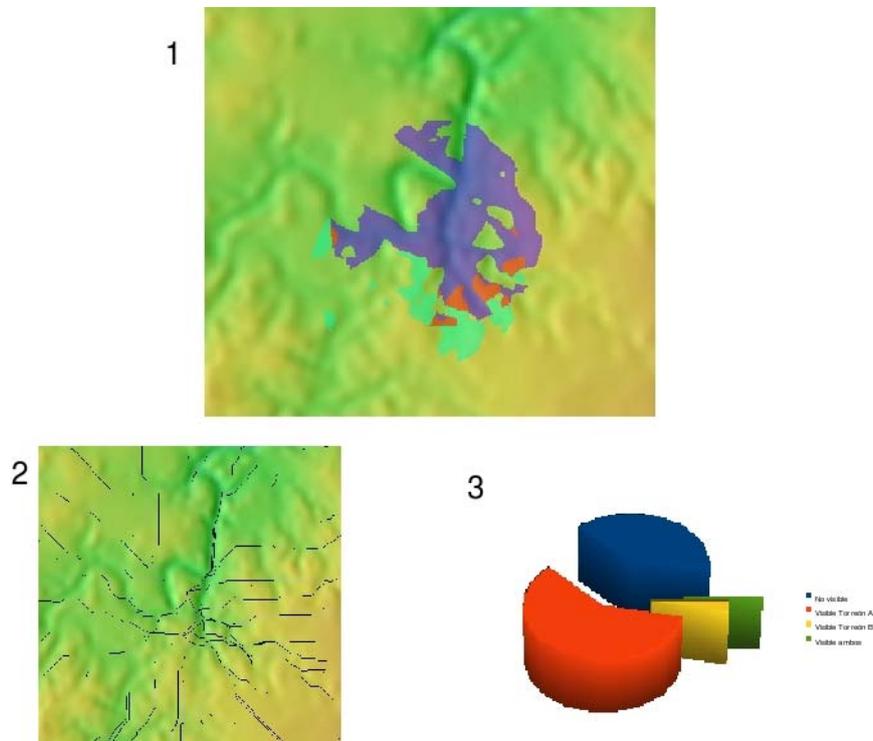


Figura 4: 1) Visibilidad acumulada desde el Torreón del recinto A y B. 2) Caminos óptimos de acceso al castro. 3) Gráfico mostrando los porcentajes de visibilidad (nº de celdas visibles) desde cada uno de los dos torreones por separado, de forma conjunta, y no visible.

Los resultados obtenidos fueron reclasificados (módulo “r.reclass”) estableciéndose 5 niveles en función de la recurrencia de cada celda, donde 1 es el grupo de menor valor y 5 el que presenta más tránsito. A la hora de valorar los resultados, decidimos trabajar únicamente con los tramos de las rutas más transitados, escogiéndose los valores más altos de las mismas.

CONCLUSIONES

Como ya apuntamos en un inicio, una de las ventajas que encontramos en el SIG libre es que, tanto por su estructura como por su filosofía, permite incorporar de manera casi inmediata los avances que se producen en el campo de la teoría y la metodología en Arqueología. En ese sentido es fundamental la colaboración de los usuarios en el desarrollo de los diversos “add-ons”, porque, al igual que sucede en otros campos, van creando una aplicación cada vez más funcional y que satisface las necesidades reales de los usuarios.

El caso que hemos analizado pretende ilustrar este hecho. A partir de un yacimiento ya excavado, con una larga trayectoria de investigación, nuestra intención es fijarnos en el paisaje que lo envuelve y valorar, de manera parcial, algunos

aspectos de su sistema defensivo. El conjunto de herramientas que proporciona GRASS nos ha facilitado un entorno más versátil para llevar a cabo los análisis de cuencas visuales, prominencia y caminos óptimos, con una inversión de tiempo considerablemente menor que la que emplearía una solución propietaria. En su defecto, debemos señalar que, sin una buena documentación del proceso que emplean los módulos, sus resultados deben tenerse en cuenta en la interpretación arqueológica.

En el presente trabajo hemos tenido en cuenta únicamente dos torreones de un sistema defensivo muy complejo tanto constructiva como simbólicamente, y con algunas cuestiones abiertas como es la sincronía entre ambos recintos. Aun así, podemos comentar de manera breve los resultados obtenidos.

El Recinto A de Villasviejas comparte con otros sitios próximos un modelo de asentamientos fortificados de "ribero" caracterizado por su posición en un paisaje definido por el encajonamiento de la red fluvial y la poca preeminencia topográfica de las localizaciones. Este modelo es particular de la zona extremeño-alentejana y contrasta con la elección de hábitats en lugares elevados del paisaje con cualidades estratégicas más acentuadas que encontramos en la mayor parte de la Península. Gracias al análisis de prominencia realizado para cada una de las superficies de los dos recintos hemos podido establecer de un modo objetivo las conclusiones propuestas en los trabajos de campo. Así, la topografía original del Recinto A queda relativamente oculta en un radio de 100 metros, por lo que sólo es una referencia en las zonas más próximas al poblado. Por el contrario, el Recinto B alcanza su máximo nivel de prominencia medio en ese radio. Por tanto, a pesar de la proximidad, las decisiones locaciones para establecer el espacio habitado y sus defensas son notablemente diferentes para ambos recintos. Igualmente, dada la proximidad de ambas fortificaciones, podemos plantear un dominio, por lo menos topográfico, del Recinto B sobre el A. Esta peculiaridad podría ahondar en una cuestión como es el establecimiento diacrónico de ambos asentamientos, ya que podríamos pensar que se optó deliberadamente por la posición dominante del Recinto B al estar ya habitado el castro de ribero, hipótesis pendiente de ser demostrada o refutada a través de una intervención arqueológica que aporte una estratigrafía concluyente.

Otro de los objetivos era relacionar factores como la visibilidad con los caminos naturales de acceso al castro, tratando de obtener y extraer así conclusiones de carácter histórico como puede ser la utilidad del sistema defensivo con que contaba el castro, o los factores que motivaron la ubicación de determinados elementos como el torreón en ese punto y no en otro.

Un modo eficiente de relacionar los accesos naturales hacia el castro con el control defensivo de sus elementos, es cruzar los caminos óptimos obtenidos con las cuencas visuales de ambos torreones, y así obtener el número de veces que cada celda del camino es vista desde estos puntos. Debemos recalcar que se trata de un análisis preliminar que sólo tiene en cuenta dos torres de un sistema defensivo más numeroso, y que por tanto las conclusiones que se obtienen no caracterizan en absoluto toda la capacidad defensiva del castro. El resultado inicial, es que el torreón del recinto A controla perfectamente la mayor parte de los accesos al castro, y de manera muy especial los que se concentran hacia la mitad este, mientras que el dominio del torreón del recinto B sobre los accesos naturales es mucho más limitado. Un simple recuento de las celdas de los caminos óptimos pone de manifiesto que el torreón A tiene unas capacidades de control de caminos bastante elevadas, pero que sólo una celda es compartida con la cuenca visual del torreón B, con lo que

inicialmente podríamos hablar de una complementariedad en la situación de ambos elementos en el paisaje.

El principal resultado en este estudio es el haber podido comprobar como la mayor inversión de trabajo realizada en la muralla de ambos recintos, el torreón sureste del Recinto A, tuvo una planificación en base al control visual del entorno inmediato y de las vías de acceso, y por tanto dentro del alcance de las armas arrojadas de la época. A pesar de encontrarse en un punto deprimido de la topografía y en el recinto menos prominente logra controlar más zonas que la torre situada en el punto más alto del recinto más sobresaliente. Así mismo, partiendo de la reciprocidad de la cuenca visual, es decir, que es visto desde tantos puntos como controla, podemos deducir que serviría además como punto de referencia en el paisaje.

Este trabajo constituye una primera aproximación a una línea de investigación que entendemos puede aportar resultados de cierta relevancia en los estudios sobre el poblamiento protohistórico, y en la que pretendemos continuar trabajando en el futuro. El software libre es un aliado decisivo en este tipo de estudios y la colaboración de todos los usuarios una base imprescindible.

REFERENCIAS

- ◆ ALVAREZ SANCHÍS, J.R. (1999) *“Los vettones”*. Real Academia de la Historia. Madrid.
- ◆ ÁLVAREZ SANCHÍS, J.R. (2003) *“Los señores del ganado. Arqueología de los pueblos prerromanos en el Occidente de Iberia”*. Madrid.
- ◆ BERROCAL-RAGEL, L. (1992) *Los pueblos célticos del Suroeste de la Península Ibérica*, Madrid, Editorial Complutense.
- ◆ BERROCAL RANGEL, L. & MORET, P. (Eds.) (2007) *Paisajes fortificados de la Edad del Hierro: las murallas protohistóricas de la Meseta en su contexto europeo*, Madrid, Real Academia de la Historia.
- ◆ FAIRÉN JIMÉNEZ, S. (2004): "¿Se hace camino al andar? Influencia de las variables medioambientales y culturales en el cálculo de caminos óptimos mediante SIG". *Trabajos de Prehistoria*, 61(2): 25-40.
- ◆ GARCÍA SANJUÁN, L., METCALFE-WOOD, S., RIVERA JIMÉNEZ, T. Y WHEATLEY, D. W. 2006: "Análisis de pautas de visibilidad en la distribución de monumentos megalíticos de Sierra Morena Occidental". En GRAU MIRA, I. (Ed.) *La aplicación de los SIG en la arqueología del paisaje*. Alicante; 181-200.
- ◆ GILMAN, A. Y THORNES, J. B. (1985) *Land-use and Prehistory in south-east of Spain*. Londres.
- ◆ GONZÁLEZ CORDERO, A.; ALVARADO GONZALO, M. de; BARROSO GUTIÉRREZ, F. (1988): *“Esculturas zoomorfas de la provincia de Cáceres”*. Anas, I. Mérida.
- ◆ GORENFLO L., GALE N. (1990) "Mapping regional settlement in information space", *Journal of Anthropological Archaeology*, 9: 240-274.
- ◆ GRACIA ALONSO, F. (1997) Poliorcética griega y fortificaciones ibéricas. IN GARCÍA CASTRO, J. A., ANTONA DEL VAL, V. & AZCUE BREA, L. (Eds.) *La guerra en la antigüedad: Una aproximación al origen de los ejércitos en Hispania. [Exposición], Madrid, 29 de abril - 29 de junio 1997*.
- ◆ GRACIA ALONSO, F. (1998) Arquitectura y poder en las estructuras de poblamiento ibéricas: Esfuerzo de trabajo y corveas. *Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*.

- ◆ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, F. (1994): "La necrópolis de "El Romazal". Plasenzuela (Cáceres)". *Homenaje a J. M^a. Blázquez. Vol. II. Madrid.*
- ◆ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, F.; RODRÍGUEZ LÓPEZ, D.; SÁNCHEZ SÁNCHEZ, M^a. A. (1989): *Excavaciones en el Castro de Villasviejas del Tamuja (Botija, Cáceres). Mérida.*
- ◆ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, F.; GALÁN DOMINGO, E. (1996): *La necrópolis de El Mercadillo, (Botija). Extremadura Arqueológica, VI. Mérida.*
- ◆ LLOBERA, M. (1996) "Exploring the topography of mind: GIS, social space and archaeology", *Antiquity* 70 (269): 612-622.
- ◆ MARTÍN BRAVO, A. M^a. (1999): *Los Orígenes de Lusitania. El I Milenio a. C. en la Alta Extremadura. Real Academia de la Historia. Madrid*
- ◆ MORET, P. (1998) Rostros de Piedra: sobre la racionalidad del proyecto arquitectónico de las fortificaciones urbanas ibéricas. *Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia.*
- ◆ MORET, P. (2001) Del buen uso de las murallas ibéricas. *Gladius: estudios sobre armas antiguas, armamento, arte militar y vida cultural en Oriente y Occidente.*
- ◆ MORET, P. & BADIE, A. (1998) Metrología y arquitectura modular en el puerto de La Picola (Santa Pola, Alicante) al final del siglo V a. C. *Archivo español de arqueología.*
- ◆ ONGIL VALENTÍN, M.I. (1991) *Villasviejas del Tamuja (Botija, Cáceres). El poblado (1985-1990). I Jornadas de Prehistoria y Arqueología en Extremadura (1986-1990). Extremadura Arqueológica, II. Mérida-Cáceres.*
- ◆ PARCERO OUBIÑA, C. & FÁBREGA ÁLVAREZ, P. (e.p) Criterios locacionales para asentamientos fortificados: valoración de los componentes defensivos y monumentales a través de SIG. *V Simposio Internacional de Arqueología de Mérida: "Sistemas de Información Geográfica y Análisis Arqueológico del Territorio". Mérida.*
- ◆ ROMEO MARUGÁN, F. (2002) Las fortificaciones ibéricas del valle medio del Ebro y el problema de los influjos mediterráneos. IN MORET, P. & QUESADA SANZ, F. (Eds.) *La guerra en el mundo ibérico y celtibérico (ss. VI-II a. de C.) : Seminario celebrado en la Casa de Velázquez (Marzo de 1996).*
- ◆ SÁNCHEZ MORENO, E. (2000): *Vetones: historia y arqueología de un pueblo prerromano. Madrid.*