

“CUENCAS VISUALES BORROSAS” DE SEPULCROS MEGALÍTICOS. UNA APLICACIÓN AL CONJUNTO DE MEGALITOS DEL ENTORNO DE ALCONÉTAR.

“FUZZY VIEWSHEDS” FROM MEGALITHIC BURIALS. AN APPLICATION TO THE SITES FROM ALCONÉTAR
SURROUNDINGS.

Enrique Cerrillo Cuenca (1)

Raquel Liceras Garrido (2)

Resumen:

Este artículo presenta y discute una metodología para evaluar las cuencas visuales de megalitos. Nuestra propuesta se basa en la aplicación de dos algoritmos: el índice de prominencia o percentil de elevación y las cuencas visuales borrosas modificadas para considerar el tamaño del objeto observado. A partir de estos algoritmos hemos caracterizado la visibilidad de sepulcros megalíticos en una región del Tajo interior durante el IV y III milenio cal BC, para tratar de comprender este aspecto parcial de la localización de los sepulcros en el paisaje.

Palabras Claves: paisaje, cuencas visuales, SIG, megalitismo, cuenca interior del Tajo

Abstract:

This paper discusses a methodology for evaluating the viewshed of megalithic sites. Our proposal is grounded on the application of two algorithms: the prominence index or percentile of elevation, and the fuzzy viewshed modified for accounting the size of the observed object. Through these algorithms, we have characterised the visual panorama of megalithic burials from an area of the inner Tagus basin during the 4th and 3rd millennium cal BC. Our aim is to understand if viewsheds were a partial criteria that determined the location of megaliths in landscape.

Keywords: landscape, viewsheds, GIS, megalithic burials, inner basin of Tagus River

(1) Doctor en Prehistoria. Email: enrique.cerrillocuenca@gmail.com

(2) Investigadora del programa FPU, Dpto. de Prehistoria, Universidad Complutense. Email: rliceras@ucm.es

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las cuencas visuales es una de las aplicaciones de los sistemas de información geográfica (SIG, en lo sucesivo) que más impacto ha tenido en las aproximaciones a los paisajes megalíticos europeos, sobre todo durante la década del 2000, cuando algunos trabajos abordaron esta cuestión con excelentes casos de estudio en Inglaterra (Llobera 2003) o los Países Bajos (Bourgeois 2013), por ejemplo. En la Península Ibérica, la trascendencia de esta aplicación concreta de los SIG no ha sido menor, contando con casos de estudios abundantes en paisajes prehistóricos (Cerrillo Cuenca 2011a; Fairén 2006; García *et al.* 2006; Lancharro y Bueno 2015; López-Romero 2007; Murrieta Flores 2014), generalmente megalitos o pinturas rupestres la publicación de estudios específicos sobre la aplicación de las cuencas visuales en Arqueología, como lo fue el trabajo pionero de M. Zamora (2006).

Los análisis de visibilidad no están exentos de problemas, especialmente en lo que se refiere en su aplicación al estudio de paisajes arqueológicos con razonamientos que podemos encontrar desarrollados en cualquier trabajo que analice esta cuestión (e.g. Wheatley y Gillings 2002). En el momento actual, y hablando en líneas muy generales, podría mencionarse una cierta “pérdida de la inocencia”, que ha llevado a sentar posiciones cada vez más críticas en torno a las interpretaciones derivadas de los resultados obtenidos en los análisis de visibilidad. Las razones están lejos de ser unívocas, pero podríamos citar entre ellas, las dificultades existentes en modelar la complejidad del

soporte físico de los paisajes arqueológicos, lo que no se reduce únicamente a términos de detalle topográfico, sino a la presencia de elementos como la vegetación que envuelve a los sitios (Llobera 2007). Ello ha fomentado el diseño de análisis más robustos (Bernadini *et al.* 2013) o la búsqueda de formas de validación estadística de los resultados mediante test no paramétricos (García *et al.* 2006).

Uno de los aspectos en los que se ha incidido, ha consistido en evaluar el grado de certeza con el que determinados hitos en el paisaje podrían ser vistos por las comunidades que los gestaron, y en ello influye indudablemente el tamaño del elemento cultural observado. La utilización de criterios de corrección teniendo en cuenta la distancia a la cual un elemento concreto puede ser observado, siguiendo pautas establecidas previamente (Higuchi 1983), se han empleado frecuentemente en el análisis de paisajes prehistóricos (Cerrillo Cuenca 2011a), pero presentan limitaciones. Un trabajo de Ogburn (2006), publicado hace más de una década, combinaba la lógica borrosa con el cálculo de cuencas visuales para determinar la probabilidad de que un elemento pudiera ser visto en el territorio desde distintas distancias, valorando además el tamaño del objeto observado. La propuesta metodológica, pese a ser considerada como útil por algunos autores que han analizado la visibilidad de monumentos megalíticos (López-Romero 2007), no ha contado con aplicaciones a casos arqueológicos hasta los últimos años (Cerrillo Cuenca *et al.* 2015). El motivo específico de ese retraso en la aplicación puede estar quizás influido por una cierta complejidad en la aplicación del algoritmo, que, en el mejor de los

casos, requiere de cierta programación informática para su ejecución.

Reflexiones similares podríamos realizar sobre el llamado "percentil de elevación" (Wilson y Gallant 2000) o "cálculo de prominencia" (Llobera 2001), destinado a estimar el porcentaje de posiciones que se localizan topográficamente por debajo de una ubicación topográfica concreta (Llobera 2001: 1007). Nuevamente, su uso ha sido más bien esporádico en el estudio de los paisajes megalíticos (Cerrillo Cuenca 2011a; DeReu *et al.* 2011).

La combinación de ambas técnicas, visibilidad y prominencia, se ha ensayado en otros casos de estudio (Bernardini *et al.* 2013) y aquí, presentamos una propuesta para el estudio de los paisajes prehistóricos del Tajo interior en la que hemos realizado un análisis de los sitios localizados en el entorno de Alconétar. Este caso de estudio ya cuenta con una propuesta previa más centrada en discernir cuestiones sobre la visibilidad de los megalitos desde los puntos de paso en el paisaje (Cerrillo Cuenca 2011a) y en este trabajo pretendemos enriquecerla con la aplicación de las cuencas visuales borrosas. Hay una razón añadida, ya que el número de sepulcros megalíticos se ha incrementado tras nuestros trabajos recientes (Cerrillo Cuenca *et al.* 2015), tanto en el área específica de la necrópolis como en otras unidades geográficas de sus inmediaciones. Por otro lado, estos mismos trabajos han permitido aclarar la cronología de algunos sepulcros, con lo que el análisis de los datos y su interpretación gana en interés.

En el caso específico de este sector del Tajo existen además propuestas previas sobre la integración entre megalitos y paisaje, que valoran tanto el peso que tiene el componente geológico en la elección de los sitios (Oliveira 1998; Scarre *et al.* 2011), como el topográfico en la organización de espacios funerarios y espacios gráficos con la vocación de establecer un modelo predictivo (Bueno *et al.* 2008). Además de estas propuestas, y de la nuestra de Alconétar, E. López-Romero (2007) propuso, a partir del cálculo de visibilidades, un análisis de estrategias visuales en la zona del Sever, donde determinó el peso que las líneas de agua y las localizaciones prominentes tendrían en la elección de las localizaciones de los túmulos. Finalmente, para el caso concreto de Alconétar, Martín y Galán (2000) publicaron una simulación de la visibilidad de los dólmenes de Guadancil 1 y 2, que pretendía únicamente de forma heurística comprender su inserción en el paisaje.

El papel de los megalitos como puntos visuales de control en los pasos (vados, etc.) ha sido otra de las premisas que en el Tajo interior ha abordado la investigación desde la década de 1990 (Bueno 1991; Galán y Martín 1991-1992), que venía precedida, solo en cierto sentido, por un debate sobre el vínculo entre megalitos y vías pecuarias que se inició en la Península Ibérica a finales de la década de 1970 y comienzos de la de 1980 (Chapman 1979, Davidson 1980, Higgs 1976, Walker 1983). Es desde luego, una relación que se ha tratado de explorar a la hora de analizar la inserción de los megalitos en el paisaje en otros ámbitos geográficos (Criado y Vaquero 1993; Criado y Villoch 2000: 1999).

Hoy en día, y sin salir de esa escala regional del Tajo interior, podemos reconocer sin temor a equivocarnos que las estrategias de implantación de los megalitos no responden a motivaciones unívocas, sino que distintos criterios pudieron influir en su elección, como los usos del suelo (Bueno 2000) o, quizás, planteando la cuestión de la localización de un modo más determinista, por la disponibilidad de materia prima para la construcción de los sepulcros.

Mediante este trabajo, pretendemos evaluar la aplicabilidad de la metodología a casos de estudio como son los sepulcros megalíticos y, por otro lado, estimar el teórico peso que distintas estrategias de exposición visual que los monumentos pudieron tener a la hora de formarlos. Para ello, hemos escogido no sólo la necrópolis de Alconétar, sino monumentos que, de forma aislada o agrupada, hemos ido documentando mediante prospección e interpretación de datos LiDAR en las inmediaciones de este sector del Tajo interior.

2. EL CONJUNTO DE SEPULCROS DE GUADANCIL Y SUS INMEDIACIONES: UN RÁPIDO PANORAMA

Analizamos en este trabajo la visibilidad de 30 monumentos dispersos por un amplio entorno de la cuenca del Tajo extremeño en la provincia de Cáceres, donde la necrópolis megalítica de Guadancil conforma el grueso de los monumentos estudiados, y el resto forma agrupaciones de menor densidad o son monumentos aislados en el paisaje, buena parte de ellos, inéditos. La documentación

de megalitos en el entorno de Alconétar es el producto de un trabajo dilatado, que arranca con los primeros trabajos realizados por Jerónimo de San-de (Cerrillo Cuenca 2016a) y que continúa a lo largo del siglo del XX con aportaciones destacables a la investigación de este paisaje concreto (Bueno 1994; Bueno y Balbín 1992; Leisner y Leisner 1959; Mérida 1920). En la última década, los trabajos de campo se han intensificado en la zona con nuevas estrategias de documentación y análisis (Cerrillo Cuenca 2011b; Cerrillo Cuenca 2016b; Cerrillo Cuenca y Sanjosé 2013) que han permitido incrementar de forma significativa el número de sepulcros que componen la necrópolis (Cerrillo Cuenca 2011a; Cerrillo Cuenca *et al.* 2015), pero también de otros situados en sus inmediaciones y generalmente en conexión con áreas de poblamiento (Cerrillo Cuenca *et al.* 2014) e incluso con una estela antropomorfa (Bueno *et al.* 2011).

En el área de Alconétar se han documentado una veintena de sepulcros (Figura 1), de los cuales su estado de preservación no es siempre óptimo, lo que en algunos casos no deja de plantear dudas sobre la seguridad con la que podemos interpretar algunos túmulos. En la figura 1 se muestran varios de los túmulos documentados tanto mediante prospección como excavación en el entorno del valle de Guadancil. Remitimos a las publicaciones realizadas sobre la necrópolis (Cerrillo Cuenca 2011b; 2016a; Cerrillo Cuenca *et al.* 2013; Cerrillo Cuenca *et al.* 2015) para una descripción algo más pormenorizada de cada sepulcro. No obstante, quisiéramos señalar que las cronologías que podemos utilizar para enmarcar el uso de la necrópolis abarcan desde el IV milenio cal BC, si nos atenemos

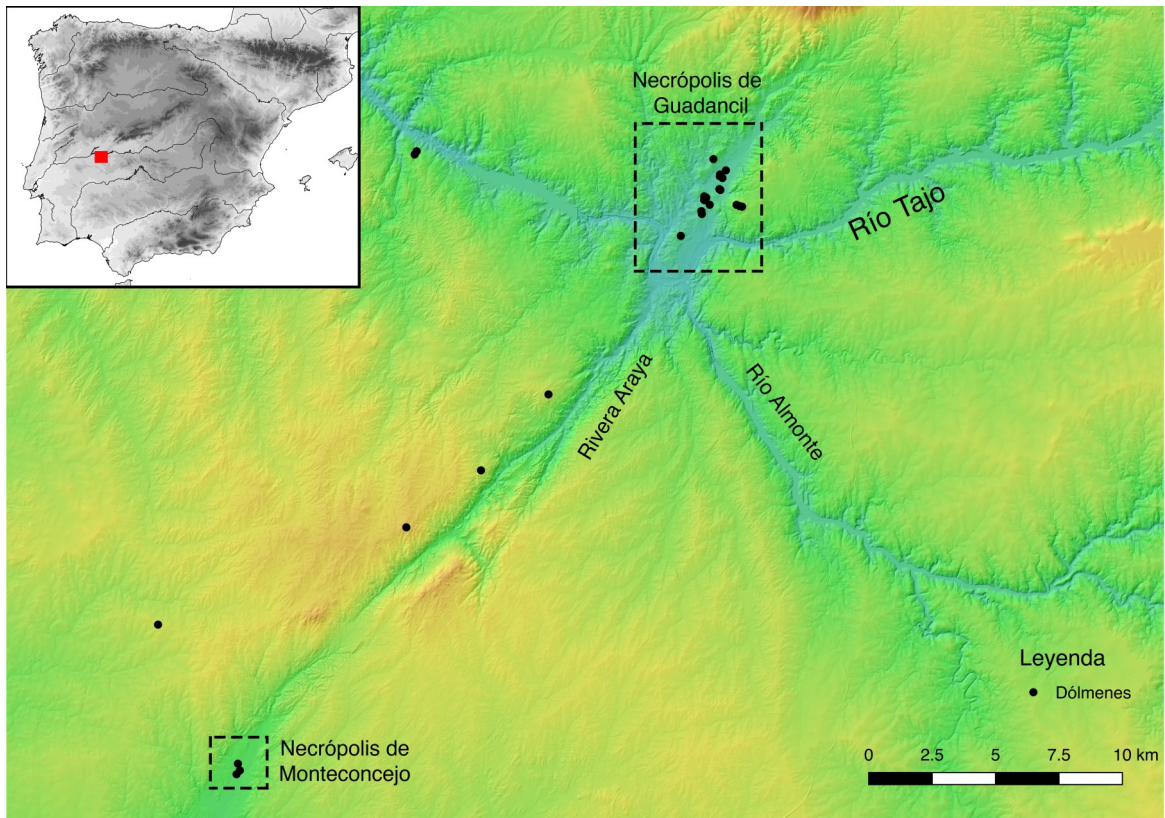


Figura 1. Zona de estudio y su localización en la Península Ibérica

a la cronología de Guadancil 3 (Cerrillo Cuenca *et al.* 2015), hasta época campaniforme, una vez que tenemos constatada la presencia de fragmentos cerámicos de estos vasos en el sepulcro (Cerrillo Cuenca 2016a). Aunque, probablemente el desarrollo de la necrópolis haya sido más importante durante el periodo que abarca desde finales del IV milenio cal BC y gran parte del III cal BC, ateniéndonos a un criterio bastante relativo como es el de las colecciones de materiales disponibles (Cerrillo Cuenca 2016a). El conjunto de las arquitecturas funerarias, para las que hay una razonable diversidad de tipologías formales, está realizado en pizarras. La figura 2 muestra algunos de los sitios documentados en la necrópolis, mientras que la figura 3 presenta la topografía actual del valle durante un periodo de sequía y el Cerro Garrote, el más prominente de la zona, que forma parte de la agregación de sepulcros.

Para completar el listado de sitios empleados en el análisis, en las riveras del Tajo, mediante prospección, hemos localizado túmulos de pequeño tamaño relacionados con hábitats y abrigo con pinturas rupestres, cuya documentación era uno de los principales objetivos del proyecto desarrollado (Cerrillo Cuenca 2011b).

Hacia el suroeste, y siguiendo la delimitación de la falla Alentejo-Massané, se localizan algunos túmulos más. Son de especial interés los del área de Monteconcejo, que presentan una posición topográfica muy similar a los de Guadancil 1 y 2, en lo que parece ser una repetición del mismo modelo de apropiación del paisaje (Figura 4). Es decir, dos grandes túmulos, Monteconcejo 1 y 2, que ocupan una posición central de la falla. Por otra parte, su posición les confiere un lugar de interés, que les conecta con las grandes a

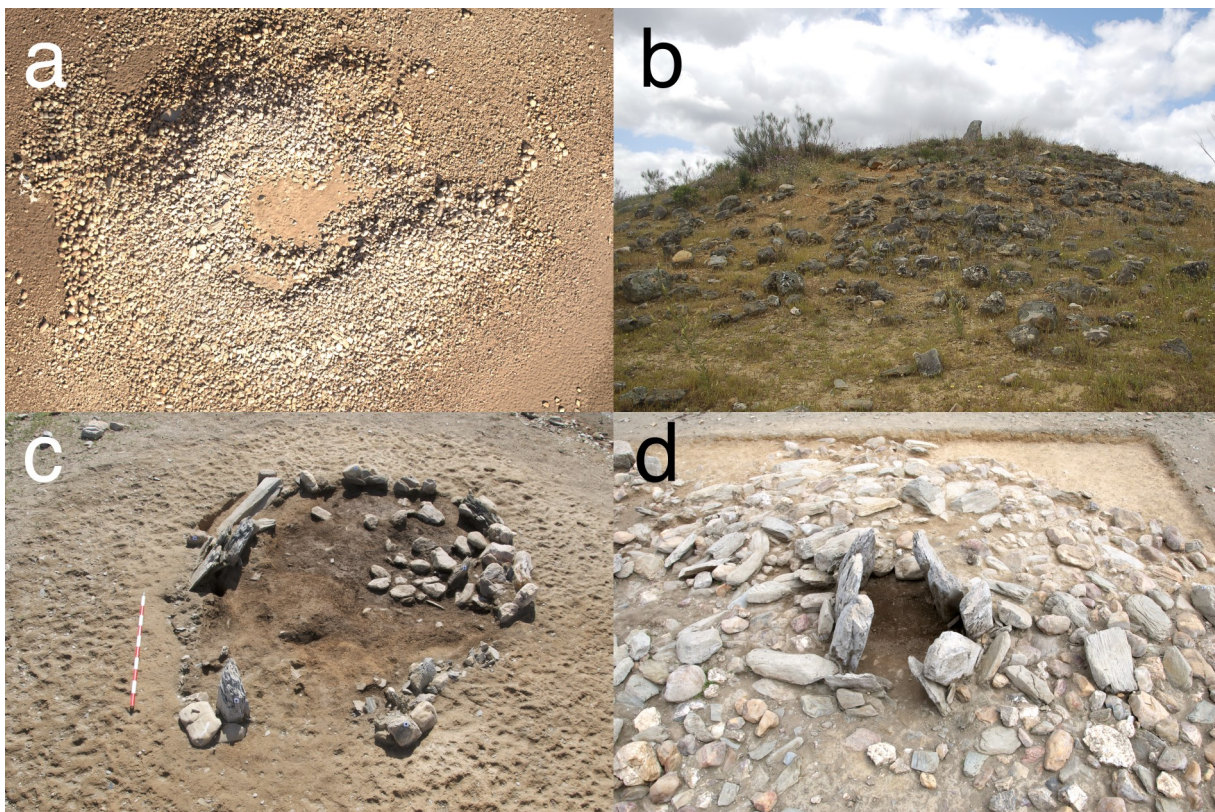


Figura 2. Algunos de los dólmenes estudiados. A) Guadancil 1 (foto aérea), B) Garrote 2, C) Guadancil 5, D) Guadancil 3



Figura 3. Fotografías aéreas del entorno del valle de Guadancil. A) Valle del río Guadancil, B) Elevación topográfica del Cerro Garrote.

grupaciones de dólmenes del oeste de la provincia de Cáceres, como la de Alcántara (Bueno *et al.* 1998, Bueno *et al.* 1999), pero además, y a través de la falla, con la sierra de San Pedro, donde la documentación de megalitos goza de una dilatada historia (Almagro Basch 1959, 1965; Bueno 2000; Leisner y Leisner 1959; Mérida 1914; Rivero de la Higuera 1968) y donde precisamente empezamos a contar

con nuevos ejemplares detectados (Cerrillo Cuenca 2016b). La extensión de los análisis propuestos hacia este núcleo permitiría comprender mejor las tendencias de la elección de los sitios en función de las cuencas visuales en un espacio más amplio conectado con el área meridional de la Cuenca del Guadiana.

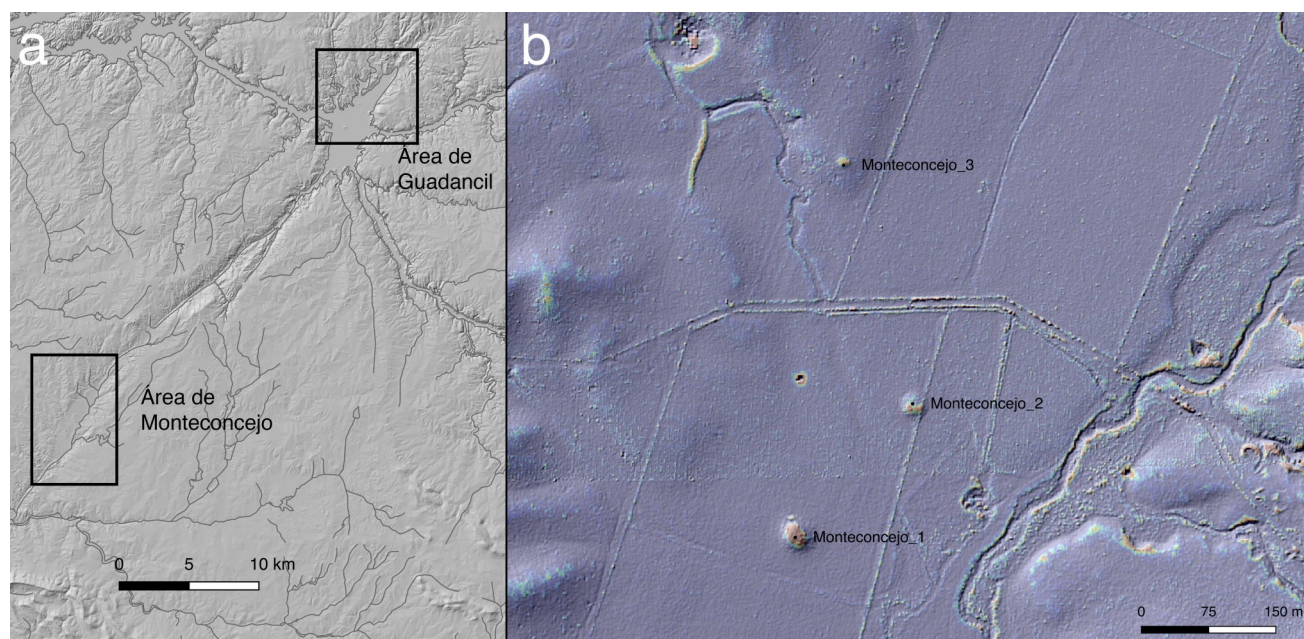


Figura 4. Localización de los dólmenes de Monteconcejo en LiDAR. A) Situación de las necrópolis de Guadancil y Monteconcejo, B) Sombreado del modelo digital obtenido de los datos LiDAR con superposición de un raster creado mediante LRM.

Nombre	Tamaño (m)	Preservación	Descripción básica	Bibliografía
Casa del cubano 1	8	Mala	Restos constructivos	Cerrillo Cuenca 2011b
Casa del cubano 2	8	Mala	Restos constructivos	Cerrillo Cuenca 2011b
Casa del cubano 3	8	Mala	Restos constructivos	Cerrillo Cuenca 2011b
Casa del cubano 4	8	Mala	Restos constructivos	Cerrillo Cuenca 2011b
Cerro de la Horca	17	Buena	Túmulo preservado	Cerrillo Cuenca 2011b
Garrote 1	12	Buena	Dolmen de corredor	Leisner y Leisner 1959, Bueno 1994
Garrote 2	10	Buena	Dolmen de corredor	Leisner y Leisner 1959, Bueno 1994
Garrote 3	8	Muy mala	Mala preservación	Inédito
Guadancil 1	25	Buena	Dolmen de corredor	Leisner y Leisner 1959, Mérida 1920, Bueno 2000, Cerrillo Cuenca 2016a
Guadancil 10	10	Mala	Túmulo preservado	Inédito
Guadancil 11	12	Muy mala	Anillo perimetral	Inédito
Guadancil 2	25	Muy mala	Mala preservación	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 3	7	Buena	Cámara simple	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 4	7	Aceptable	Túmulo preservado	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 5	15	Muy mala	Dolmen de corredor	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 6	8	Mala	Mala preservación	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 7	8	Mala	Mala preservación	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 8	8	Mala	Mala preservación	Cerrillo Cuenca 2011b
Guadancil 9	8	Mala	Mala preservación	Cerrillo Cuenca 2011b
Holanda	10	Mala	Restos de túmulo	Inédito
Las Minas	10	Muy mala	Restos de túmulo	Inédito
Miguela	8	Buena	Túmulo preservado	Inédito
Monteconcejo 1	30	Muy buena	Túmulo preservado	Inédito
Monteconcejo 2	20	Muy buena	Túmulo preservado	Inédito
Monteconcejo 3	6	Buena	Túmulo preservado	Inédito
Palomera	6	Aceptable	Cámara simple	Inédito
Rehana 1	6	Aceptable	Cámara simple	Inédito
Rehana 2	8	Buena	Túmulo preservado	Inédito
Vadollano	6	Aceptable	Túmulo preservado	Inédito
El Vaqueril	15	Buena	Dolmen de corredor	Inédito

Tabla 1. Listado de sitios y descripción básica

3. METODOLOGÍA

3.1 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES UTILIZADO

El Modelo Digital de Elevaciones empleado (Figura 4) tenía unas dimensiones, algo considerables, de 35 x 55 km, y cubría unos 1925 km². Su resolución espacial es la propia del MDT-PNOA ofrecido por el Instituto Geográfico Nacional, es decir, 5 m. Contamos con la salvedad de que para el área inundada por el embalse de Alcántara sustituimos los valores de elevación por los obtenidos con una restitución del llamado vuelo americano (Cerrillo Cuenca 2011a; Cerrillo Cuenca y Sanjosé 2013), de manera que la topografía original del entorno de Alconétar quedara reflejada en el modelo. En este caso, la resolución era de 10 metros pixel.

3.2 CUENCAS VISUALES BORROSAS

Las cuencas visuales borrosas fueron calculadas siguiendo el algoritmo propuesto por Ogburn (2006), que modifica las cuencas visuales borrosas que fueron enunciadas en su día, y por vez primera, por Fisher (1992) y posteriormente reproducidas en otros trabajos (Crocetta *et al.* 1998; Anile *et al.* 2003). Una argumentación detallada del método y de su motivación puede encontrarse en el trabajo de Ogburn (2006). En esencia, la propuesta de Ogburn (2006: 408) consiste en combinar el cálculo de visibilidad con una “función de decaimiento de la distancia”, como ya propuso Fisher (1992). De esta forma, se generan grados de pertenencia a un conjunto, que reflejan mejor la realidad de las condiciones de visibilidad ante la salida binaria clásica,

“visible/no visible”, que ofrecen los cálculos de visibilidad al uso (Ogburn 2006:408). Así mediante el cálculo de la visibilidad borrosa, se obtiene un ráster donde la visibilidad se establece en un intervalo de 0 a 1, donde 0 es “no visible” y 1 “claramente visible” (Ogburn 2006: 408), introduciéndose de este modo un matiz probabilístico que resulta más adecuado para la interpretación de las cuencas visuales en Arqueología.

La modificación del algoritmo propuesta por Ogburn (2006: 409-410) tiene en cuenta además un criterio que parece esencial en el análisis de la visibilidad de elementos culturales (monumentos, sepulcros, etc.), como es el tamaño del objeto observado, mejora que resulta muy conveniente a la hora de entender la inserción de los megalitos en el paisaje. En este análisis, se aplicó la fórmula propuesta por Ogburn (2006) al conjunto de sitios de la tabla 1, lo que conllevaba estimar el tamaño de los sepulcros. Por ello, se consideró el diámetro del túmulo como la medida idónea para atribuir del tamaño a cada sitio. Estas medidas normalmente se registraron en campo durante nuestros trabajos de prospección y de excavación, mientras que para otros casos estimamos la superficie a partir de sombreados analíticos creados a partir de Modelos Digitales del Terreno derivados de datos LiDAR (Figura 4).

Para la implementación de este cálculo se diseñó un script programado en Python, que utilizando las funcionalidades del software GRASS GIS, fue calculando de forma secuencial la cuenca visual borrosa de cada sepulcro megalítico, y aplicando el algoritmo propuesto por Ogburn de forma

recurrente. Para agilizar los cálculos, se empleó la infraestructura de cálculo del Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas (CETA), dependiente del CIEMAT. Este centro cuenta con una infraestructura HPC (*High Performance Computing*), que permite distribuir operaciones de cálculo en distintos nodos, lo que reduce considerablemente el tiempo de cálculo para cada una de las cuencas visuales.

3.3. CÁLCULOS DE PERCENTIL DE ELEVACIÓN O PROMINENCIA

El cálculo de prominencia fue enunciado por Llobera (2001) hace más de tres lustros, y su aplicación se ha visto limitada en Arqueología por distintas razones. En primer lugar, porque su cálculo requería de un considerable consumo de recursos informáticos, y en segundo lugar por la necesidad, una vez más, de tener que programar el algoritmo. En realidad, este análisis forma parte de una familia amplia (Wilson y Gallant 2000) de “herramientas” para evaluar una determinada posición topográfica respecto al entorno, como han señalado otros autores (DeReu *et al.* 2011). Sin embargo, en Arqueología se han empleado otras soluciones de menor coste computacional como el cálculo de la media tipificada, propuesto por Parceroy y Fábrega (2006), que permite una interpretación similar de la topografía de los sitios.

En este caso, decidimos implementar el cálculo de la prominencia topográfica o “percentil de elevación”, si empleamos la terminología de Wilson y Gallant (2000), a partir de un script realizado en el lenguaje de programación Python.

La ventaja de este procedimiento es que al convertir el Modelo Digital de Elevaciones a una matriz numérica de Numpy (Van der Walt *et al.* 2011), podemos agilizar los cálculos mediante el empleo de herramientas específicas de cuantificación de celdas que incorpora Numpy. Por otra parte, antes que generar un mapa ráster con la información de la prominencia, los cálculos fueron ejecutados para un solo punto que representa el centro de cada túmulo. Al igual que en el caso anterior, los cálculos fueron realizados en la infraestructura del CETA-CIEMAT, simplificando una vez más de manera extraordinaria el tiempo invertido en el cálculo. Además, el análisis se realizó sobre el entorno de los sitios, en lugar de para el ráster de elevación completo, lo que permitió agilizar significativamente los procesos de este índice topográfico.

Este script básicamente aplicaba la fórmula propuesta por Wilson y Gallant (2000) y devolvía para cada localización, sepulcro, un valor en el rango de 1 y -1, donde el valor menor del intervalo representa la posición topográfica más deprimida del entorno del sitio y el mayor la más elevada. Para ello, fue necesario normalizar los resultados del cálculo original al rango indicado, permitiendo efectuar una comparación entre los distintos sitios analizados. De esta forma, es posible conocer de forma expresa si un sepulcro busca deliberadamente las posiciones más prominentes en el territorio o si por el contrario es un rasgo completamente accesorio. Como bien sugirió Llobera (2001), el cálculo de la prominencia debe hallarse en distintos radios para comprender cuál es el comportamiento del sitio en una escala estrictamente local, de la topografía inmediata al

sepulcro, y en un contexto regional más amplio. Con este fin realizamos este cálculo con 18 valores distintos de radios, que cubrían desde 100 a 5000 metros. Un radio superior se ha demostrado algo ineficaz, pues puede reflejar la influencia que las variaciones acusadas de otras entidades geomorfológicas tienen sobre las variaciones de este índice.

3.4 OTROS ANÁLISIS

Con el objetivo de caracterizar la inserción de los megalitos en el paisaje empleamos dos técnicas adicionales: el cálculo del perfil del horizonte para cada localización y la clasificación de formas del terreno. Como una aproximación al estudio de casos individuales, obtuvimos el perfil del horizonte mediante el módulo de GRASS GIS "r.horizon", específicamente diseñado para este fin. La clasificación de formas del terreno ayuda a comprender, de forma complementaria la prominencia, el tipo de unidad topográfica en que se insertan los sitios, para ello utilizamos la metodología propuesta por Weiss (2001), que implementamos en un script de Python, y que hemos utilizado en otras propuestas recientes (Licerias *et al.* e.p).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nos servimos de las figuras 5 y 6 para explicar los resultados de la metodología empleada. En ella hemos utilizado dos tipos de dólmenes: uno situado en el fondo del valle (Guadancil 1) y otro en una posición topográfica prominente (Garrote 1). La figura 5c muestra las líneas de horizonte de ambos sepulcros y el grado de elevación por encima

del plano del terreno en que se encuentran los obstáculos topográficos que determinan la línea del horizonte. Mientras que para Garrote 1 no existen apenas limitaciones visuales, para Guadancil 1, las elevaciones de las inmediaciones impiden la visibilidad, que queda proyectada hacia la línea que la dirección que traza el valle en la topografía.

La figura 5a muestra los valores de prominencia para ambos sepulcros. Para Garrote 1, se aprecia como su localización es bastante prominente a escala local, y como a medida que consideramos un radio mayor se convierte en un punto verdaderamente prominente en el paisaje. Sucede al contrario con Guadancil 1, una localización localmente poco prominente, que en una caracterización topográfica de mayor escala quedaría definida como un área deprimida, con valores negativos para el cálculo del percentil de elevación. Si consideramos los resultados de la visibilidad borrosa (Figura 5b), donde además entra en juego el tamaño de los túmulos, podemos apreciar que el área desde el que se aprecian con nitidez ambos sepulcros es similar (valor 1 para la visibilidad borrosa), mientras que, para valores de visibilidad borrosa menores, el área desde que los sitios son probablemente visibles es mayor para Garrote 1 que para Guadancil 1, resultados que son concordantes con la posición prominente que ocupa el primero en la topografía.

Finalmente, en la figura 6 se muestra la comparación de las cuencas visuales borrosas de ambos monumentos, que hemos mantenido como ejemplo. La figura 6a muestra la cuenca visual borrosa de Garrote 1, mientras que la 6c

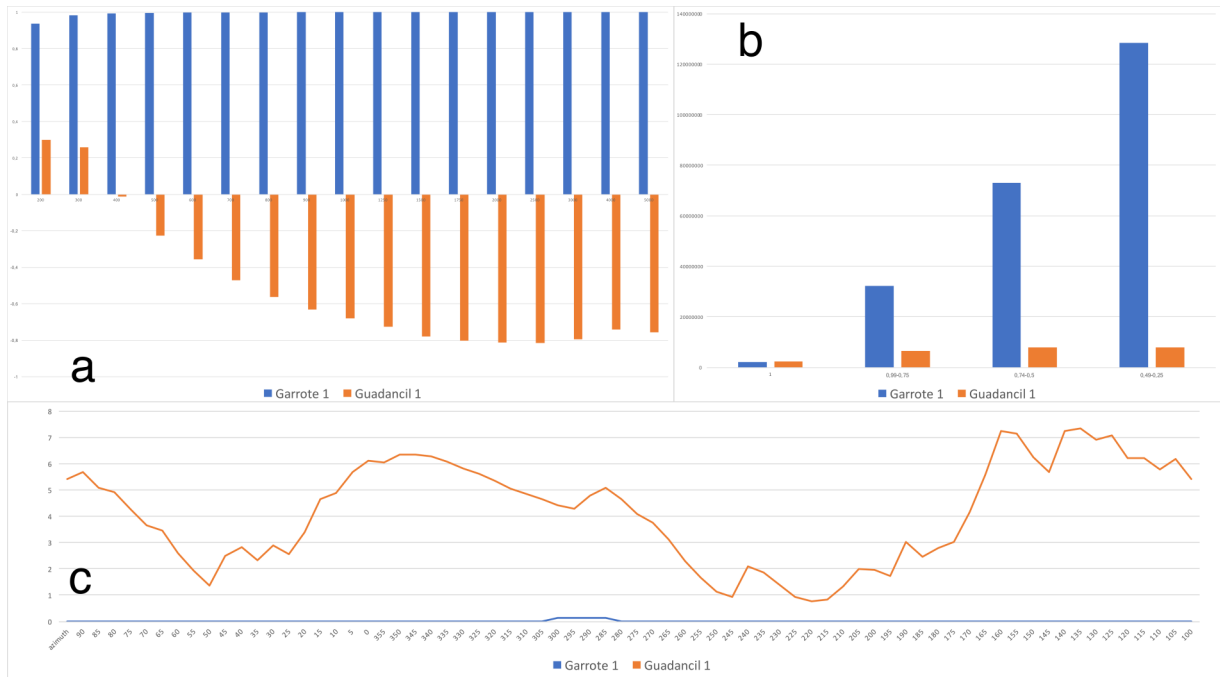


Figura 5. Gráficas de ejemplo para explicar los resultados de la visibilidad borrosa y la prominencia, se toman los casos de estudio de Garrote 1 y Guadancil 2. A) Variaciones de la prominencia en distintos radios. B) Valores de visibilidad borrosa en distintos rangos. C) Comparación de las líneas del horizonte.

Estadístico	Mínimo	Máximo	Media	Varianza (n-1)	Desviación típica (n-1)
200	-0,363	0,994	0,385	0,196	0,443
300	-0,494	0,998	0,36	0,234	0,484
400	-0,495	0,992	0,334	0,271	0,521
500	-0,48	0,996	0,29	0,3	0,548
600	-0,573	0,997	0,271	0,316	0,562
700	-0,633	0,998	0,275	0,324	0,569
800	-0,666	0,999	0,275	0,338	0,582
900	-0,691	0,999	0,264	0,357	0,598
1000	-0,719	0,999	0,248	0,378	0,615
1250	-0,75	0,999	0,229	0,395	0,628
1500	-0,804	1	0,184	0,415	0,644
1750	-0,831	1	0,135	0,416	0,645
2000	-0,844	1	0,086	0,408	0,639
3000	-0,842	1	0,045	0,395	0,629
4000	-0,834	1	-0,021	0,371	0,609
5000	-0,783	1	-0,089	0,351	0,592

Tabla 2. Estadísticos descriptivos básicos del percentil de elevación

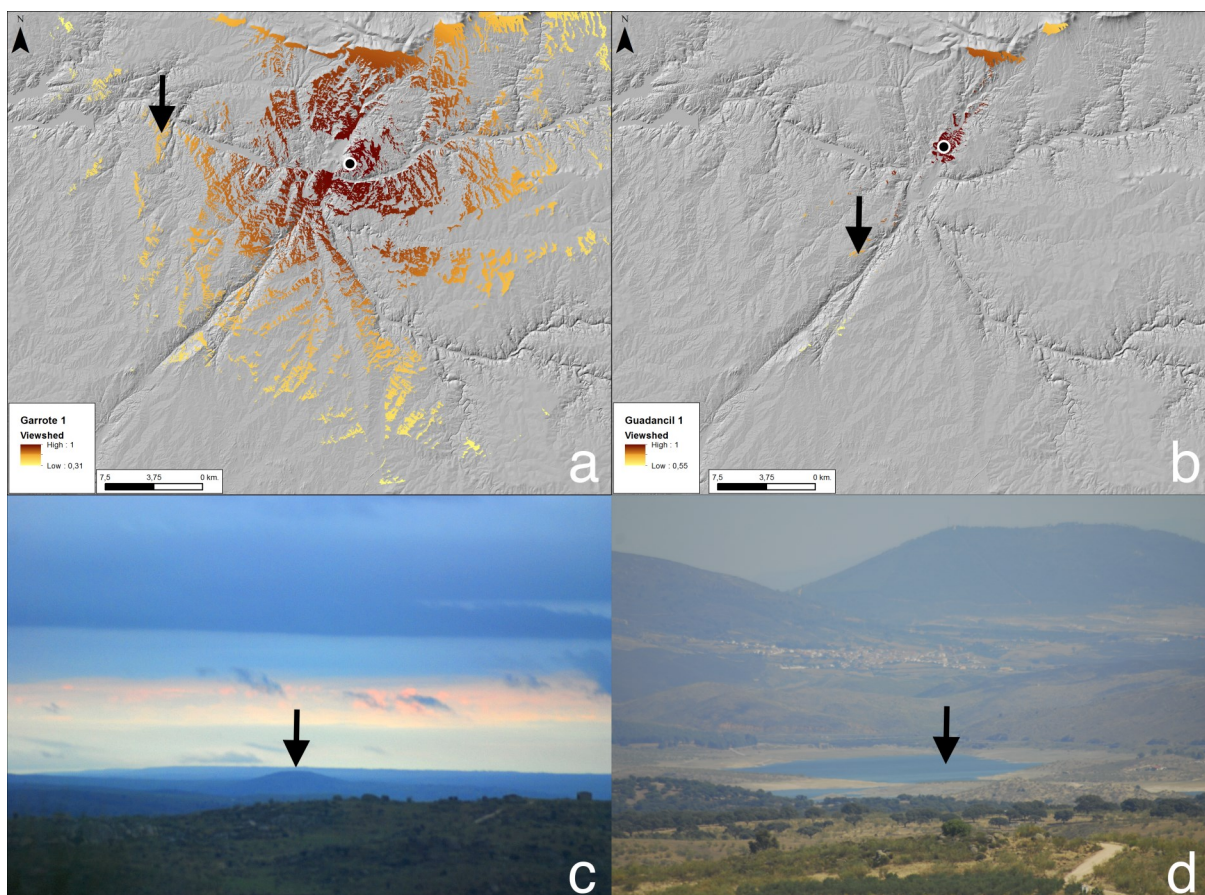


Figura 6. Comparación de las cuencas visuales borrosas de los sitios de Garrote 1 y Guadancil, donde se aprecia que pese a la visibilidad es físicamente posible los túmulos no se identifican. A) cuenca visual borrosa de Garrote 1, la flecha indica el lugar de toma de la imagen C, B) cuenca visual borrosa de Guadancil 1, la flecha indica el lugar de toma de la imagen D, C) Cerro del Garrote visto en la distancia (distancia focal de la fotografía equivalente a 202 mm en formato 35mm), D) el área de Guadancil 1, inundada, vista en la distancia (distancia focal de la fotografía equivalente a 450 mm en formato 35mm)

muestra cómo se percibe el sitio desde varios kilómetros de distancia, en los que la entidad topográfica es visible, pero no se percibe el contorno del túmulo y sus detalles, no en vano, el índice de visibilidad borrosa es bajo. Las figuras 6b y 6d, reproducen el mismo sistema para Guadancil 1, donde se observaría a grandes rasgos que el área es visible desde la distancia, aunque con pocas probabilidades lo sería el túmulo.

Desde luego un análisis "caso por caso" de los datos reporta muy poca información adicional a la que se puede registrar con una información directa en campo. Es, en cambio, el análisis de la

información numérica el que puede ayudar en la detección de regularidades e irregularidades y, sobre todo, colaborar en la interpretación de tendencias, si las hubiera. En la tabla 2 se presentan los descriptivos estadísticos básicos para el percentil de elevación. Como es de esperar, la desviación estándar sufre un ligero incremento a medida que consideramos un mayor radio de cálculo, que implican variaciones más acusadas en la topografía. En cualquier caso, los valores expresados en la tabla 2 indican que la mayor parte de los monumentos están localizados en zonas llanas o ligeramente prominentes para los radios más cortos (200-300 m), mientras que hacia los 2500 m radio la media

Sitio	1	0,99-0,75	0,74-0,5	0,49-0,25	0,25-0
Casa del cubano 1	0,16	0,95	0,63	1,15	0,24
Casa del cubano 2	0,04	0,67	0,46	0,89	0,18
Casa del cubano 3	0,04	0,66	0,46	0,89	0,18
Casa del cubano 4	0,05	0,66	0,44	0,79	0,08
Cerro de la Horca	0,16	1,82	0,98	0,20	0,00
Garrote 1	0,11	3,06	4,01	5,52	4,76
Garrote 2	0,11	1,57	1,95	3,88	4,26
Garrote 3	0,03	1,87	2,14	4,72	8,69
Guadancil 1	0,15	0,49	0,15	0,00	0,00
Guadancil 10	0,05	0,27	0,15	0,54	0,09
Guadancil 11	0,14	0,16	0,36	0,15	0,01
Guadancil 2	0,16	0,55	0,15	0,00	0,00
Guadancil 3	0,09	0,10	0,04	0,36	0,04
Guadancil 4	0,09	0,11	0,04	0,38	0,03
Guadancil 5	0,12	0,19	0,34	0,11	0,00
Guadancil 6	0,04	0,30	0,08	0,56	0,13
Guadancil 7	0,05	0,29	0,08	0,57	0,13
Guadancil 8	0,05	0,22	0,06	0,46	0,12
Guadancil 9	0,05	0,22	0,06	0,46	0,12
Holanda	0,08	0,84	0,13	0,33	7,26
Las Minas	0,10	0,41	0,32	0,18	0,10
Miguela	0,02	0,35	0,23	0,30	7,04
Monteconcejo 1	0,18	0,50	0,00	0,00	0,00
Monteconcejo 2	0,17	0,46	0,00	0,00	0,00
Monteconcejo 3	0,15	0,42	0,00	0,00	0,00
Palomera	0,01	0,26	0,06	0,17	3,49
Rehana 1	0,02	0,13	0,03	0,11	0,18
Rehana 2	0,07	0,42	0,37	0,11	1,00
Vadollano	0,12	0,64	0,40	0,47	0,94
Vaqueril	0,13	1,93	0,61	0,07	0,23

Tabla 3. Listado de sitios y el área desde la que es visto (expresada en km²) y en distintos intervalos de visibilidad

de monumentos ya se sitúan en espacios topográficamente deprimidos.

La figura 7 presenta gráficas de frecuencia relativa del percentil de elevaciones para distintos intervalos. De la lectura conjunta se deriva que en todos los casos existe algún sepulcro situado en las posiciones topográficas más prominentes, y esa

misma tendencia ya observada a la pérdida de prominencia de los sepulcros a medida que aumenta el radio del cálculo. De ello podemos deducir que explícitamente existen monumentos con una clara intención de ocupar los espacios más prominentes del territorio, si bien en términos generales la mayor parte de los sepulcros buscan una exposición visual bastante más restringida, en

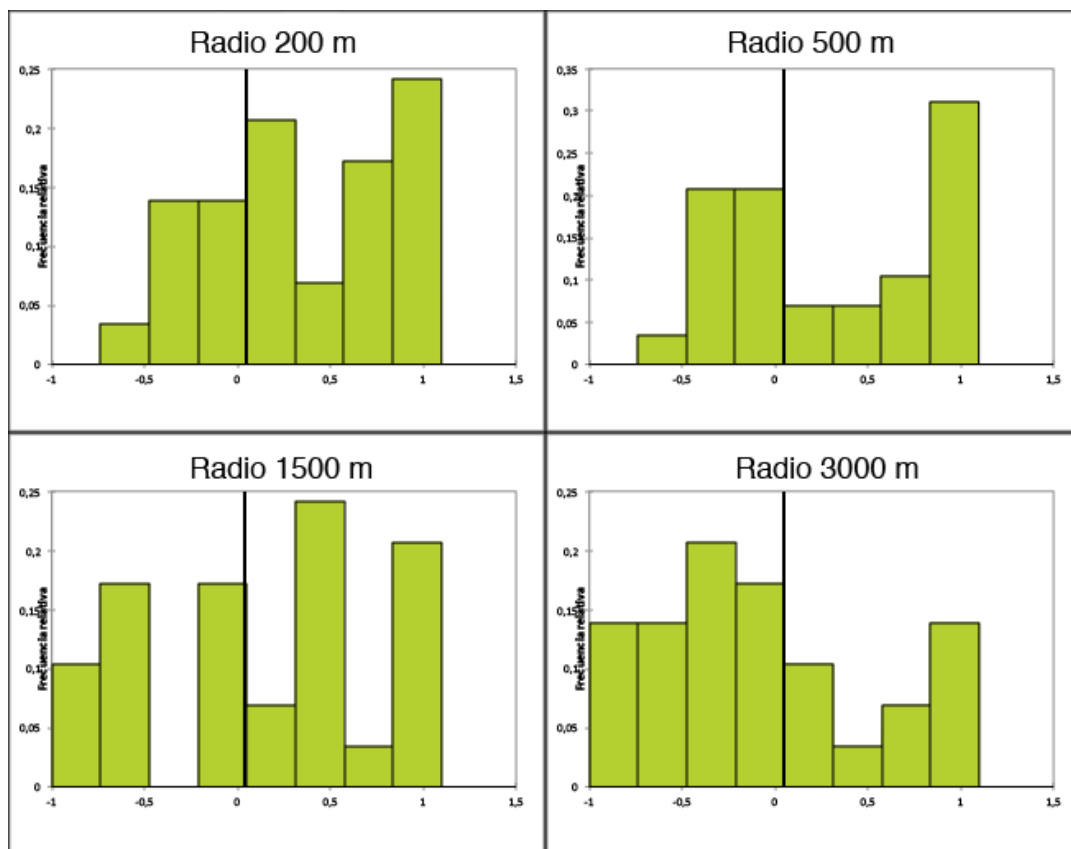


Figura 7. Gráficas de frecuencia relativa de los valores de prominencia

topografías bien acotadas que dejan de ser prominentes en radios cortos.

No obstante, es el análisis de las cuencas visuales borrosas lo que mejor puede describir la inserción de los monumentos en el paisaje. La aplicación de este método nos permite calibrar el grado en el que el monumento es visible en dos radios (Ogburn 2006): b_1 , en el que el túmulo sería totalmente visible, y b_2 , en el que se produciría una pérdida gradual de la nitidez con la distancia. Este es un procedimiento que nos permite una calibración mucho más real de la visibilidad de estos emplazamientos y, sobre todo, nos ayuda a discernir hasta qué punto las masas tumulares tienen capacidad para articularse como puntos de referencia en el paisaje. La tabla 2 sintetiza toda la informa-

ción de los cálculos en 5 intervalos y el área en km^2 de cada radio. Asumimos que en todas las celdas del ráster englobadas en el intervalo 1, la visibilidad del sitio es segura (b_1). En el resto (b_2), ya existe la posibilidad de que la visibilidad no sea siempre nítida, por lo que los hemos reclasificado en 4 intervalos: 0,99-0,75, 0,74-0,5, 0,49-0,25, y 0,24-0,01. Estos intervalos podrían equivaler respectivamente a las siguientes categorías nominales relacionadas con la nitidez de la visibilidad: "bastante probable", "probable", "algo probable" y "poco probable".

Pretendemos cuantificar y evaluar las cuencas visuales con estos rangos, teniendo siempre en cuenta que al considerar valores más bajos de visibilidad borrosa aumentan en paralelo

la distancia y, por tanto, el área considerada. El análisis permite observar que las visibilidades en los intervalos donde es más probable (1 y 0,99-0,75), la superficie de la cuenca visual es muy variable, quizás algo más acusada en los túmulos de mayor tamaño, como Guadancil 1 y 2 y Monteconcejo 1 y 2. Por ello, se aprecia un incremento de los valores en los túmulos más prominentes, como los del cerro Garrote en el intervalo 0,99-0,75, que se explica bien por su instalación en elevaciones topográficas. En ese mismo intervalo, los dólmenes de mayor tamaño muestran aún una cuenca visual algo mayor que la del resto de los monumentos, que generalmente presentan una reducción del espacio visible.

En el intervalo 0,75-0,5, hay todavía posibilidades de percepción nítida. Los dólmenes de mayor tamaño han visto ya reducida o prácticamente mermada su cuenca visual, lo cual indicaría que de existir una intencionalidad a la hora de enfatizar los túmulos en el paisaje sólo sería posible en distancias realmente reducidas. De hecho, en los sucesivos intervalos su visibilidad es poco nítida o nula. En los monumentos más prominentes, el tamaño de la visibilidad se mantiene e incluso disminuye. Mientras que en el resto de intervalos, 0,49-0,25 y 0,24-0 se produce de forma generalizada una disminución de las cuencas visuales, excepto para los sitios más prominentes, en los que ya probablemente no se perciben en detalle los túmulos.

Finalmente, para terminar de diferenciar tendencias, realizamos un análisis de k-medias. Este análisis (Lloyd 1982) agrupa los casos indivi-

duales, sepulcros en este caso, en un número definido de grupos en función del valor medio del conjunto de variables que los definen. Las variables escogidas en el análisis fueron los 18 rangos de prominencia y los 5 de visibilidad borrosa, que el análisis de k-medias agrupó en un número predefinido por nosotros de 5 clases. Los resultados, que precisan de interpretación adicional, están recogidos en las tablas 4 y 5. Además, hemos comparado estas clases con una clasificación de la topografía teniendo en cuenta la atribución a las formas del relieve sugerida por Weiss (2001), como ya indicamos con anterioridad. De esta forma obtenemos dos clases que podremos comparar: 1) las obtenidas mediante el k-medias que representan la exposición visual de los sitios, y 2) las relativas al tipo de entidad topográfica que ocupan.

La figura 8 explica de forma visual cada clase topográfica. Una primera clase del k-medias agrupa a aquellos sitios con una visibilidad en todos los rangos y cierta prominencia en el paisaje, generalmente ubicados en zonas llanas o pequeñas sierras elevadas. La clase 2 corresponde a los dólmenes del Cerro Garrote emplazados en lo alto de un cerro testigo (Figura 3b), cuyas características visuales son muy específicas del sitio. La clase 3 agrupa perfectamente a los dólmenes situados en el fondo de valle, tanto en Guadancil como Monteconcejo. Tendrían una baja prominencia en radios cortos y quedarían en una posición deprimida de fondo de valle, restringiendo su visibilidad y nitidez a esa topografía, lo que le confiere cuencas visuales muy limitadas. Todos ellos pertenecen a la clase 4 de la clasificación topográfica de Weiss (2001), es decir, a valles en forma de U, a

Clase	1	2	3	4	5
Objetos	8	3	9	7	3
Varianza intracase	1,304	8,514	0,557	0,710	6,958
Distancia mínima al centroide	0,588	2,088	0,508	0,403	1,518
Distancia media al centroide	1,001	2,356	0,691	0,691	2,075
Distancia máxima al centroide	1,588	2,858	0,915	1,515	2,872
	Casa del cubano 1	Garrote 1	Guadancil 1	Guadancil 10	Holanda
	Casa del cubano 2	Garrote 2	Guadancil 11	Guadancil 6	Miguela
	Casa del cubano 3	Garrote 3	Guadancil 2	Guadancil 7	Palomera
	Casa del cubano 4		Guadancil 3	Guadancil 8	
	Cerro de la Horca		Guadancil 4	Guadancil 9	
	Rehana 2		Guadancil 5	Las Minas	
	Vadollano		Monteconcejo 1	Rehana 1	
	Vaqueril		Monteconcejo 2		
			Monteconcejo 3		

Tabla 4. Resultados de la clasificación de los sitios en función de las 5 clases de visibilidad y las 18 de prominencia

excepción de Monteconcejo 1, cuyo tamaño de túmulo es apreciable en el MDT y el algoritmo lo clasifica como un cerro en el valle, y Monteconcejo 3, donde la construcción del túmulo se sirve de una elevación (clase topográfica 9). La clase 4 del k-medias agrupa a los dólmenes que cierran el valle de Guadancil y además el de Rehana 1. Corresponden a distintas topografías, pero dominan las zonas llanas, algo más prominentes que las anteriores, si bien con cuencas visuales de calidades y extensiones similares. Finalmente, la clase 5 agrupa a monumentos dispersos en el territorio no muy visibles en el entorno próximo a ellos, pero con una cuenca visual extensa en los rangos de visibilidad borrosa menos nítidos y más lejanos (0,50-0), donde los túmulos ya no serían perceptibles. La clase 5 del k-medias ocuparía, por lo tanto, las zonas elevadas de la falla de Alentejo-Massané, en el tramo que conecta las necrópolis de Guadancil y

Monteconcejo.

Resulta interesante apuntar que, en términos generales, las propias entidades topográficas de las clases 7 y 10 de Weiss, mesas y elevaciones, gozarían de cierta visibilidad en los intervalos más bajos de visibilidad borrosa que los megalitos instalados en ellas (Figura 6c). Ello quizás estaría revelando una cierta estrategia de definición específica de estas entidades, cuestión que, desde luego, tiene una contrastación más difícil, y sólo el hallazgo de una pauta recurrente podría aclarar. Para ello, se necesitaría contar con una muestra mayor y más diversificada.

La temporalidad en la construcción de los monumentos megalíticos continúa siendo la principal limitación a la hora de comprender si existieron tendencias específicas en la elección de

Observación	Clase	Distancia al centroide	Topografía (Weiss 2001)
Casa del cubano 1	1	0,692	5
Casa del cubano 2	1	0,701	5
Casa del cubano 3	1	0,716	5
Casa del cubano 4	1	0,588	5
Cerro de la Horca	1	1,145	10
Rehana 2	1	1,551	10
Vadollano	1	1,029	10
Vaqueril	1	1,588	10
Garrote 1	2	2,122	7
Garrote 2	2	2,088	10
Garrote 3	2	2,858	10
Guadancil 1	3	0,529	4
Guadancil 11	3	0,594	4
Guadancil 2	3	0,888	4
Guadancil 3	3	0,915	4
Guadancil 4	3	0,738	4
Guadancil 5	3	0,727	4
Monteconcejo 1	3	0,69	9
Monteconcejo 2	3	0,508	4
Monteconcejo 3	3	0,626	9
Guadancil 10	4	0,446	6
Guadancil 6	4	0,403	5
Guadancil 7	4	0,456	5
Guadancil 8	4	0,75	5
Guadancil 9	4	0,75	5
Las Minas	4	1,515	7
Rehana 1	4	0,518	5
Holanda	5	1,833	10
Miguela	5	1,518	10
Palomera	5	2,872	6

Tabla 5. Comparación entre las clases obtenidas en el análisis de k-medias y las clases topográficas, con indicación de las distancias al centroide obtenidas en el k-medias.

las entidades topográficas que ocupan los sepulcros. El único monumento datable en los inicios del IV milenio cal BC, Guadancil 3 (Cerrillo Cuenca *et al.* 2015, ocupa una posición de partida poco prominente y muestra una visibilidad manifiestamente limitada, pero esta caracterización no implica que ésta sea la pauta más recurrente de la visibilidad de los monumentos más tempranos de la necrópolis, pues aparentemente continuarán instalándose sepulcros en áreas contiguas y con condiciones topográficas y visuales semejantes. Por tanto, no es en absoluto extraño que la composición de las necrópolis y los territorios se hubieran transformado en el amplio decurso en el que podrían haberse construido y transformado los dólmenes, alertándonos de los criterios específicos que se esconderían detrás de cada sitio concreto en relación con su paisaje circundante.

5. CONCLUSIONES

La detección de nuevos sitios en el área de Alconétar varía la imagen que teníamos hasta hace apenas unos años de monumentos aislados en el paisaje en el interior del Tajo. Junto a ellos, la detección de varias áreas de hábitat (Cerrillo Cuenca 2011b; Cerrillo Cuenca *et al.* 2014) confirma la potencial densidad demográfica de este entorno, que obliga a reconsiderar la tradicional visión, varias veces anotada, de un espacio poco poblado en el que los megalitos jugarían un papel vertebrador del paisaje. El incremento de ambas manifestaciones, sepulcros y hábitats, presagia ya que la morfología de la ocupación del paisaje de este sector geográfico durante el Neolítico y el Calcolítico

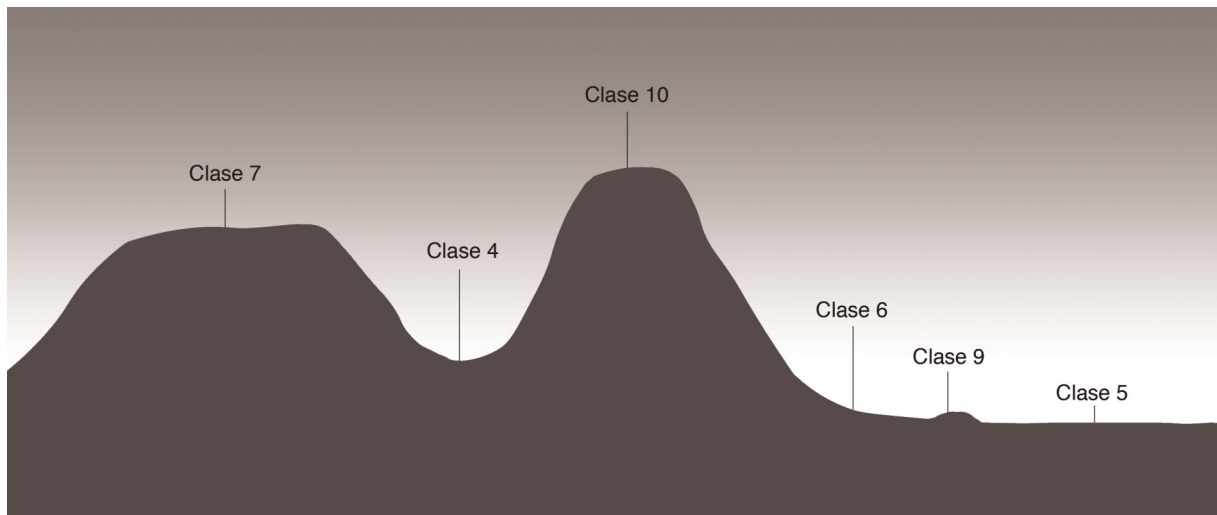


Figura 8. Croquis que muestra de forma visual cada una de las clases topográficas obtenidas, según Weiss (2001).

pudo responder a motivaciones diversas, y hemos tratado de indagar en un aspecto muy parcial de éstas, completando las ya iniciadas (Cerrillo Cuenca 2011a) con una nueva propuesta metodológica. Pese a lo expresivo de los resultados obtenidos no debe olvidarse que hemos analizado un aspecto parcial de la implantación de los dólmenes en el paisaje, y que la evaluación de otros criterios de localización geográfica no debe dejarse de lado.

El análisis de los datos presentados relativiza el papel estructurante que se ha atribuido a la inserción de los monumentos megalíticos en el paisaje. Se sugiere, en definitiva, que la visibilidad de los sitios debió ser restringida, pese al gran tamaño de algunos de los túmulos estudiados. En cualquier caso, los datos parecen reflejar múltiples tendencias que se perciben a simple vista: la ocupación de espacios de vega topográficamente deprimidos y en paralelo relieves elevados y prominentes. En líneas generales (Figura 9), el mayor grado de nitidez visual se observa en el espacio que ocupan, tanto el fondo de valle de Guadancil como el de Monteconcejo, y las laderas de las mayores

elevaciones, dos ámbitos con tipos de paisaje y potenciales usos bien diferenciados.

Hoy sabemos que la agregación de sepulcros, al menos en Guadancil, se realizó en un dilatado periodo de tiempo, lo que lo convierte en una suerte de territorio regido por un componente tradicional, como han propuesto otros autores para el propio valle del Tajo (Bueno *et al.* 2008). La apropiación ideológica del paso del Tajo, con el que la necrópolis de Guadancil estaba conectada, pudo jugar un papel relevante en su establecimiento, pero además el control de las zonas de vega, fértiles y escasas en el Tajo, como reclamaría también el nuevo caso de Monteconcejo. Las estrategias de visibilidad de los sepulcros en ambas necrópolis parecen ir destinadas a realzar los monumentos de mayores dimensiones, como hemos argumentado, aunque sólo en su espacio inmediato.

Frente a ellos, un grupo más reducido de túmulos se instala en áreas definidas como topográficamente prominentes, y que presentan una

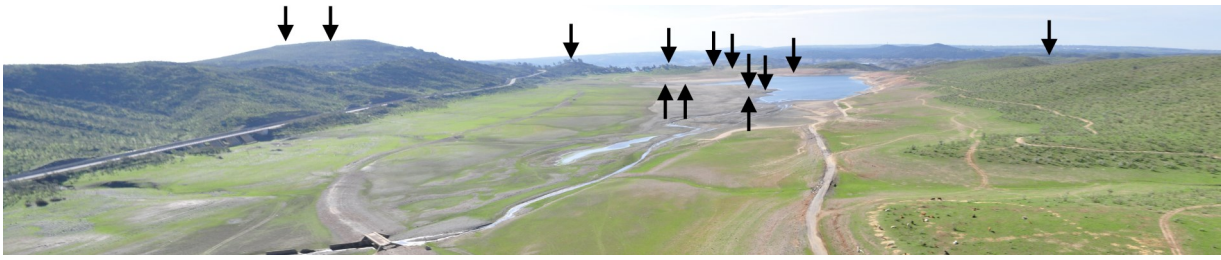


Figura 9. Panorámica del valle de Guadancil, generada mediante fotografía aérea, con indicación de la posición de algunos de los sepulcros.

cuenca de visibilidad de mayor extensión, aunque de desigual nitidez en su desarrollo. La búsqueda de espacios destacados puede estar relacionada con la exposición visual, pero también con formas más específicas de apropiación del paisaje, que buscan dotar de contenido semántico a elementos topográficos destacables en el paisaje, como el caso del cerro Garrote.

Alcanzar a comprender las motivaciones sociales que existen detrás de determinados criterios de visualización de los megalitos es, por otra parte, complejo si no entendemos y profundizamos el contexto específico que se esconde detrás de cada monumento. En el caso de la necrópolis de Guadancil, y no del conjunto de dólmenes analizados, y pese a que la agregación de monumentos pueda articular y dar forma en el paisaje a algún tipo de relación de parentescos, que en cualquier caso es de muy difícil contrastación. En cualquier caso, no podemos evitar concluir que la densidad de hábitats documentados en el territorio parece sugerir que estos espacios de necrópolis pudieron albergar sólo una parte reducida de la población. Por otra parte, sería muy prematuro establecer relaciones causales entre el tamaño de los túmulos y la movilización de fuerza de trabajo para su construcción, y desde luego en relación a los criterios de visibilidad observados.

Los resultados de la metodología aquí presentada muestran una aproximación a los análisis de la visibilidad en conjuntos megalíticos, basados en dos algoritmos de caracterización de la prominencia topográfica y de la visibilidad borrosa modificada para evaluar el tamaño de los objetos. La fracción muestral presentada en este trabajo es reducida si consideramos el elevado número de sepulcros que existen en un ámbito geográfico más amplio, a los que podría aplicarse la metodología aquí descrita con el objetivo de detectar pautas de distinta naturaleza. Esta, sin duda, es una línea de trabajo que podemos considerar en futuro, gracias también al trabajo de automatización de los algoritmos comentados y del soporte de cálculo necesario. Por otra parte, el análisis estadístico de los datos confirma la capacidad analítica de la propuesta de trabajo aquí presentada, que deberá emplear herramientas heurísticas y de clasificación más potentes.

AGRADECIMIENTOS

Parte de la actividad aquí realizada fue posible gracias a la concesión de un proyecto del Plan Regional de Investigación de la Junta de Extremadura (PR109Co58, La formación de un paisaje de paso: el vado de Alconétar), que fue dirigido por uno de

los firmantes (ECC) desde el Instituto de Arqueología – Mérida.

Este trabajo se ha llevado a cabo haciendo uso de la infraestructura de computación facilitada por el Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas (CETA-CIEMAT), financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). El CETA-CIEMAT pertenece al CIEMAT y al Gobierno de España.

BIBLIOGRAFÍA

- Almagro Basch, M. 1959: Excavaciones en el sepulcro de corredor megalítico de Lácara, Mérida (Badajoz). *Revista de Estudios Extremeños* XV (2): 249-314.
- Almagro Basch, M. 1965: *Los dos dólmenes de la "Dehesa de la Muela", la Roca de la Sierra (Badajoz)*. Trabajos de Prehistoria 16. CSIC. Madrid.
- Anile, M.A., Furno, P., Gallo, G. y Massolo, A. 2003: A fuzzy approach to visibility maps creation over digital terrains. *Fuzzy Sets and Systems* 135: 63-80.
- Bernardini, W., Barnash, A., Kumler, M, y Wong, M. 2013: Quantifying visual prominence in social landscapes. *Journal of Archaeological Science* 40: 3946-3954.
- Bueno, P. 1991: *Megalitos en la Meseta Sur: los Dólmenes de Azután y La Estrella (Toledo)*. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Madrid.
- Bueno, P. 1994: La necrópolis de Santiago de Alcántara (Cáceres). Una hipótesis de interpretación para los sepulcros de pequeño tamaño del megalitismo occidental. *Boletín del Seminario de estudios de Arte y Arqueología* 60: 25-104.
- Bueno, P. 2000: El espacio de la muerte en los grupos neolíticos y calcolíticos de la Extremadura española: las arquitecturas megalíticas. En F. J. Jiménez y J.J. Enríquez, (eds.): *El megalitismo en Extremadura (Homenaje a Elías Diéguez Luengo)*. Extremadura Arqueológica 8. Junta de Extremadura. Mérida: 35-80.
- Bueno, P. y Balbín, R. 1992: L'art mégalithique dans la Péninsule Ibérique. Une vue d'ensemble". *L'Anthropologie*, 96(2-3): 499-572.
- Bueno, P.; Balbín, R. y Barroso, R. 2008: Models of integration of rock art and megalith builders in the in the International Tagus" En P. Bueno, Balbín, R. y Barroso, R. (eds.): *Graphical Markers and Megalith Builders in the International Tagus, Iberian Peninsula*. British Archaeological Reports S1765. Archaeopress. Oxford: 5-15.
- Bueno, P., Balbín, R., Barroso, R., Aldecoa, A., y Casado, A. B. 1998: Dólmenes en la cuenca del Tajo: restauración y consolidación de megalitos en Alcántara (Cáceres). *Trabajos de Prehistoria* 55 (1): 171-183.
- Bueno, P., Balbín, R., Barroso, R., Casado, A. B., y Aldecoa, A. (1999): Proyecto de excavación y restauración de megalitos en Alcántara (Cáceres). Segunda campaña. *Trabajos de Prehistoria* 56 (1): 131-146.

- Bueno, P.; Balbín, R.; Barroso, R.; Cerrillo Cuenca, E.; González Cordero, A.; Prada, A. 2011: Megaliths and Stellae in the River Tagus Interior: Santiago de Alcántara, Alconétar y Cañamero (Cáceres, Spain). En P., Bueno, E. Cerrillo-Cuenca, y A. González (eds.): *From the origins: the Prehistory of Interior Tagus*. Archaeopress. Oxford: 143-160.
- Cerrillo Cuenca, E. 2011a: Recorriendo un territorio desaparecido: restitución fotogramétrica y análisis del paisaje de la necrópolis prehistórica del vado de Alconétar. En V. Mayoral, S. Celestino (eds.) *Tecnologías de Información Geográfica y análisis arqueológico del territorio. Actas del V Simposio Internacional de Arqueología de Mérida*. Anejos de AEspA LIX. CSIC. Madrid: 145-160.
- Cerrillo Cuenca, E. 2011b: Planteamientos y nuevos datos para la interpretación de los paisajes prehistóricos de la cuenca interior del Tajo. Prospecciones en el entorno del vado de Alconétar (Cáceres). *Zephyrus* LXVIII, (2): 139-161.
- Cerrillo Cuenca, E. 2016a: La colección Sande del Museo Arqueológico Nacional. Novedades en la biografía de los monumentos megalíticos de la necrópolis de Guadancil. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional* 34: 29-46.
- Cerrillo Cuenca, E. 2016b: An approach to the automatic surveying of prehistoric barrows through LiDAR. *Quaternary International*. Doi:10.1016/j.quaint. 2015.12.099.
- Cerrillo Cuenca, E.; Licerias, R.; Naranjo, J., Prada, A. y Santos, I. 2015: Tiempo y paisaje en la necrópolis megalítica de Guadancil. En Rocha, L., Bueno, P., y Branco, G. (eds): *Death as Archaeology of Transition: Thoughts and Materials*. BAR International Series 2708. Archaeopress. Oxford: 71-82.
- Cerrillo Cuenca, E., Naranjo, J., Santos, I., Licerias, R., Gutiérrez, M., Prada Gallardo, A., Quintero, S., Ramos, M.J., Matamoros, P., López, A., Mora, A., Salas, E., y Martínez, J.A. 2014: Poblamiento prehistórico en el valle del Tajo (área de Alconétar): técnicas de análisis geo-espacial y primeros resultados. En J. Jiménez, M. Bustamente y M. García (eds): *Actas del VI Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular*. Villafranca de los Barros: 733-758.
- Cerrillo Cuenca, E. y Sanjosé, J.J. 2013: Mapping and interpreting disappeared archaeological features by the means of historical aerial photogrammes and digital photogrammetry. *Proceedings of the 38th Event on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Archaeopress. Oxford: 43-47.
- Criado, F. y Vaquero, J. 1993: Monumentos, nudos en el pañuelo. Megalitos, nudos en el espacio: análisis del emplazamiento de los túmulos gallegos. *Espacio, Tiempo y Forma. Prehistoria y Arqueología* 6: 205-248.
- Criado, F. y Villoch, V. 2000: Monumentalizing landscape: from present perception to the past meaning of Galician Megalithism (north-west Iberian Peninsula). *European Journal of Archaeology* 3(2): 188-216.
- Crocetta, L., G. Gallo, y S. Spinello, 1998: Visibility in digital terrain maps: A fuzzy approach. *Proceedings of the 14th Spring Conference on Computer Graphics, 23rd– 25 th April*. Budmerice: 257-266.

- Chapman, R. 1979: Transhumance and megalithic tombs in Iberia. *Antiquity* 53(208): 150-152.
- Davidson, I. 1980: Transhumance, Spain and ethnoarchaeology. *Antiquity* 54(2): 144-147.
- DeReu, J.D., Bourgeois, J., Smedt, P.D., Zwertvaegher, A., Antrop, M., Bats, M., Maeyer, P.D., Finke, P., Meirvenne, M.V., Verniers, J., Crombe, P., 2011. Measuring the relative topographic position of archaeological sites in the landscape, a case study on the bronze age barrows in northwest Belgium. *Journal of Archaeological Science* 38 (12): 3435-3446.
- Fairén, S. 2002-2003: Visibilidad y percepción del entorno. Análisis de la distribución del arte rupestre esquemático mediante sistemas de información geográfica, *Lvcentvm XXI-XXI*: 27-43.
- Fisher, P.F. 1992: First experiments in viewshed uncertainty: simulating the fuzzy viewshed. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58: 345-352.
- Galán, E. y Martín, A. M. 1991-92: Megalitismo y zonas de paso en la cuenca extremeña del Tajo. *Zephyrus* XLIV-XLV: 193-205.
- García, L.; Metcalfe-Wood, S.; Rivera, T. y Wheatley, D. W. 2006: Análisis de pautas de visibilidad en la distribución de monumentos megalíticos de Sierra Morena Occidental. En I. Grau Mira (ed.) *La aplicación de los SIG en la arqueología del paisaje*. Universidad de Alicante. Alicante: 181-200.
- Higgs, E. S. 1976: The history of European agriculture: the uplands. *Philosophical Transactions Royal Society London, Series B* CCLXXV: 159-173.
- Higuchi, T. 1983: *The Visual and Spatial Structure of Landscapes*. MIT Press. Cambridge.
- Lancharro, M.A. y Bueno, P. 2015: Pintura esquemática y territorios de la Prehistoria Reciente en la cuenca interior del Tajo. *Symbols in the Landscape: Rock Art and its Context Proceedings of the XIX International Rock Art Evento IFRAO 2015 (Cáceres, Spain, 31 August - 4 September 2015)*. Instituto Terra e Memoria. Tomar: 1867-1884.
- Leisner, V. y Leisner, G. 1959: *Die Megalithgräber in der Iberischen Halbinsel. Der Westen*. Madrider Forschungen 1. Berlin.
- Liceras, R., Cerrillo Cuenca, E., y Jimeno, A. e.p.: Building landscapes: a landform approach for the Iron Age sites in the Upper Duero River. En V. Mayoral, C. Parceró, P. Fábregas (eds.): *Archaeology and Geomatics. Harvesting 10 years of training in the Iberian Peninsula (2006-2015)*. Sidestone Press, Leiden.
- Llobera, M. 2001: Understanding topographic prominence. *Journal of Archaeological Science* 28(9): 1005-1014.
- Llobera, M. 2003: Extending GIS-based visual analysis: the concept of visualsapes. *International Journal of Geographical Information Science* 17: 25-48.
- Llobera, M. 2007: Modelling visibility through vegetation. *International Journal of Geographical Information Science* 21(7): 799-810.
- Lloyd, S.P., 1982: Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions in Information Theory* 28 (2): 129-137.

- López-Romero, E. 2007: Factores visuales de localización de los monumentos megalíticos de la cuenca del Sever (Portugal-España)". *Trabajos de Prehistoria* 64 (2): 73-93
- Martín, A. M. y Galán, E. 2000: Megalitismo y paisaje en la cuenca extremeña del Tajo. En F. J. Jiménez y Enríquez, J. J. (eds.): *El megalitismo en Extremadura (Homenaje a Elías Díez Luengo)*. Extremadura Arqueológica, 8. Junta de Extremadura. Mérida: 81-94.
- Mélida, J. R. 1914: Arquitectura dolménica ibérica. Dólmenes de la provincia de Badajoz. *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos* XXVIII: 1-34.
- Mélida, J. R. 1920: Monumentos megalíticos de la provincia de Cáceres. *Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos* XLI (enero-dic.): 55-67.
- Murrieta-Flores, P. 2014: Developing computational approaches for the study of movement: The impact of visibility in terrestrial navigation during Iberian Late Prehistory. En S. Polla y P. Verhagen (eds.): *Computational Approaches to the Study of Movement in Archaeology. Theory, Practice and Interpretation of Factors and Effects of Long Term Landscape Formation and Transformation*. De Gruyter, Berlin-Boston: 99-132.
- Oliveira, J. (1998): *Monumentos megalíticos da bacia hidrográfica do rio Sever*. Ed. Colibri. Lisboa.
- Ogburn, D. E. 2006. Assessing the level of visibility of cultural objects in past landscapes. *Journal of Archaeological Science* 33: 405-413.
- Parcero, C. y Fábrega, P. (2006): Diseño metodológico para el análisis locacional de asentamientos a través de un SIG de base 'raster'. En I. Garu (ed.): *La aplicación de los SIG en la Arqueología del Paisaje, Alicante*: Publicaciones Universidad de Alicante: 69-89.
- Rivero de la Higuera, C. 1968. El dolmen de Leoncillo 1 (Villar del Rey, Badajoz). *XI Congreso Nacional de Arqueología*. Zaragoza: 260-264.
- Scarre, C., Oosterbeek, L. y French, C. 2011: "Tombs, Landscapes and Settlement in the Tagus Hill-Country". En P. Bueno, E. Cerrillo-Cuenca y A. González (eds.): *From the origins: the Prehistory of Interior Tagus*. Archaeopress. Oxford: 83-91.
- Van der Walt, S., Colbert, S.C., Varoquaux, G., 2011. The NumPy array: a structure for efficient numerical computation. *Computing in Science & Engineering* 13: 22-30.
- Walker, M.J. 1983: Lying a Mega-Myth: Dolmens and Drovers in Prehistoric Spain. *World Archaeology* 15(1): 37-50.
- Weiss, A. D. 2001. *Topographic position and landforms analysis*. Poster Presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA. [http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf, fecha de consulta 25/02/2017].
- Wilson, J.P.; Gallant, J. 2000: *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley and Sons, Londres.
- Zamora Merchán, M. 2006: *Territorio y espacio en la Protohistoria de la Península Ibérica. Estudios de visibilidad: el caso de la cuenca del Genil*. Tesis Doctoral en CD-rom. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

