

PROSPECCIÓN DE YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS A TRAVÉS DE ORTOFOTOGRAFÍAS DE ALTA DEFINICIÓN Y MODELOS DIGITALES DEL TERRENO REALIZADOS CON UAS: LA NECRÓPOLIS MEGALÍTICA DE HAZA COLORADA (MORELABOR, GRANADA)

Survey of archaeological sites using high-definition orthophotography and digital terrain models with UAS: The megalithic necropolis of Haza Colorada (Morelabor, Granada)

JOSÉ ANTONIO BENAVIDES LÓPEZ* y GONZALO ARANDA JIMÉNEZ**

RESUMEN El desarrollo tecnológico digital está transformando y mejorando la precisión y eficiencia de las metodologías y protocolos de registro y documentación del patrimonio arqueológico. Este es el caso de las ortofotografías de alta definición y los modelos digitales del terreno (MDT) cuya aplicación a la prospección emerge como una herramienta que mejora y complementa el reconocimiento arqueológico superficial tradicional. Mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (UAS/dron) para la toma de datos, se exploran las ventajas de estos nuevos procedimientos en el caso de estudio de la necrópolis megalítica de Haza Colorada (Morelabor, Granada). El reconocimiento de una superficie de *ca.* 60 hectareas, ha permitido identificar y caracterizar dos concentraciones de evidencias arqueológicas compuestas por estructuras tumulares y megalíticas, construcciones en mampostería de diferente naturaleza y estructuras recortadas en la roca.

Palabras clave: Ortofotografía, Modelo Digital del Terreno, Vehículo Aéreo No Tripulado (dron), Prospección arqueológica, Megalitismo, Sureste peninsular.

* Dpto. Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada. jbenavid@ugr.es, <https://orcid.org/0000-0002-2321-113X>

** Dpto. Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada, garanda@ugr.es, <https://orcid.org/0000-0003-1925-0221>

Fecha de recepción: 08-11-2023. Fecha de aceptación: 27-05-2024.

<http://dx.doi.org/10.30827/CPAG.v34i0.29370>

ABSTRACT Digital technologies are improving the accuracy and efficiency of the methodologies and protocols for recording archaeological evidences. This is the case of high-definition orthophotographs and Digital Terrain Models (DTM) that emerge as key tools that improve the archaeological survey. From the use of an unmanned aerial vehicle (UAS/drone) for data collection, the advantages of these new methodologies are explored in the case study of the megalithic necropolis of Haza Colorada (Morelabor, Granada). The digital survey of a surface of *ca.* 60 hectares has allowed to identify and characterize two concentrations of archaeological evidences that consist in mounds, megalithic structures, masonry constructions and structures cut into the rock.

Keywords: Orthophotography, Digital Terrain Models, Unmanned Aerial Vehicle (UAS/drone), Archaeological Survey, Megalithism, South-eastern Iberia.

INTRODUCCIÓN

La documentación gráfica de los yacimientos constituye una de las bases fundamentales para la investigación arqueológica. Proporciona un registro permanente georreferenciado de los restos arqueológicos, facilitando enormemente la gestión de la información, la comunicación entre los investigadores y la difusión de los resultados. El desarrollo tecnológico de los últimos años ha modificado por completo la metodología de registro y documentación del patrimonio arqueológico haciéndola mucho más eficiente, versátil y precisa, aunque requiere de una importante especialización técnica para que los resultados obtenidos sean óptimos. Así, los nuevos modelos digitales no solo están mejorando la obtención de datos y su gestión sino que también constituyen el soporte fundamental donde plasmar las propuestas de investigación, intervención, conservación y un medio imprescindible para su difusión y transferencia.

En el presente trabajo se explora el uso de los vehículos aéreos no tripulados (UAS/drones) para la prospección de amplias extensiones de terreno a partir del análisis de ortofotografías y modelos digitales de alta resolución que ofrecen importantes posibilidades para el reconocimiento de evidencias arqueológicas en superficie. Los UAS permiten un gran control sobre la captura sistemática de imágenes y en combinación con las técnicas de procesamiento fotogramétrico (SFM) permiten generar modelos digitales con una altísima definición. La extracción de datos a partir de los gráficos facilita y mejora el registro de las evidencias arqueológicas, ya se trate de excavaciones, monumentos o estudios paisajísticos. La prospección mediante vuelo con dron ha sido utilizada en diferentes investigaciones con resultados muy satisfactorios (Doneus *et al.*, 2008; Stek, 2016; Fernández-Lozano *et al.*, 2016; De Reu *et al.*, 2016; Chiabrande *et al.*, 2018; Orengo *et al.*, 2019, Vilbig *et al.*, 2020; Rouse y Krumnow, 2020; Rodríguez-Bulnes *et al.*, 2022)

Presentamos como caso de estudio la necrópolis megalítica de Haza Colorada (Morelabor, Granada). La identificación de varias sepulturas previamente desconocidas señalaba la posible existencia de una necrópolis más amplia que era necesario caracterizar. Para ello, hemos utilizado esta nueva técnica de prospección para testar su alcance, bondades y limitaciones. Antes de abordar el procedimiento seguido y

los resultados alcanzados, se presenta la información disponible sobre la necrópolis de Haza Colorada previa a la prospección para contextualizar el trabajo realizado.

LA NECRÓPOLIS MEGALÍTICA DE HAZA COLORADA

La necrópolis megalítica de Haza Colorada se descubre en el año 2019. Se localiza en el paraje del mismo nombre que se corresponde con el extremo más oriental de la denomina como Sierrezuela. Se trata de un altozano de suave pendiente con forma amesetada que posee una buena visibilidad del entorno inmediato, especialmente del amplio valle surcado por el denominado barranco de los Pinos, tributario del río Fardes (fig. 1).

El hallazgo consta de al menos 6 dólmenes. La sepultura que hemos denominado como 1 aparece excavada prácticamente en su totalidad. Se trata de un dolmen de corredor con planta trapezoidal que conserva todos los ortostatos, aunque a excepción de una de las losas que se conserva completa, todas aparecen fragmentadas en diferente grado. El corredor de acceso aparece formado por al menos dos ortostatos, si bien es posible que una parte del corredor aún se mantenga intacta. En el acceso a la cámara funeraria desde el corredor se registra una losa colocada transversalmente y horadada en su parte central para facilitar el tránsito. Finalmente, aparecen mal conservados los restos de la estructura tumular que debió cubrir la sepultura.

La denominada como sepultura número 2 también presenta evidencias de expolio, aunque en este caso mucho más limitadas dado que parece conservar en mejor estado



Fig. 1.—Localización y emplazamiento del yacimiento de Haza Colorada (Morelabor, Granada).

los elementos arquitectónicos que la definen. Se conserva la estructura tumular en todo su perímetro, incluso se aprecian restos del muro que la delimita. La parte superior de la estructura cónica que forma el túmulo aparece excavada presentando forma de cráter. En su interior se aprecia una gran losa de piedra, posiblemente perteneciente a una de las cobijas de la sepultura. La losa aparece desplazada de su posición original en el intento de los expoliadores de acceder al interior de la cámara funeraria. También se documenta en superficie la parte superior de al menos dos ortostatos que situados verticalmente delimitan el corredor de acceso.

A escasa distancia de la sepultura 2 se localizan las sepulturas 3 y 4 que han sido identificadas solo como probables. Se trata de los restos de lo que pueden ser losas de cobija de las cámaras funerarias. No se aprecian restos de posibles estructuras tumulares. En el caso de las denominadas sepultura 5 y 6 las evidencias en superficie que las identifican son diferentes a las que acabamos de describir. En ambos casos se trata de la parte superior de losas de piedra dispuestas verticalmente. En el caso de la sepultura 5, aparecen dos losas dispuestas perpendicularmente entre ellas delimitado el interior de una posible cámara funeraria. Entorno a estas losas se documenta una pequeña elevación del terreno compatible con los restos de un túmulo. En el caso de la sepultura 6 se documenta la parte superior de al menos dos losas alineadas. A unos 50 cm y de forma paralela se registra la parte superior de otra losa dispuesta verticalmente. No hay evidencias de restos de una posible estructura tumular.

El hallazgo de esta necrópolis se enmarca en una comarca con una larga y fructífera tradición de investigación del fenómeno megalítico. La cuenca de Guadix es una región pionera en el estudio del megalitismo cuyo inicio debe situarse en la obra de Manuel de Góngora y Martínez “Antigüedades Prehistóricas de Andalucía”, publicada en 1868. En este trabajo se da a conocer la necrópolis de Los Eriales que se localiza a 6 km de distancia en línea recta de la necrópolis de Haza Colorada. Esta necrópolis fue excavada en 1890 por Luis Siret y Pedro Flores (Siret, 1891 [2001], 1893) y posteriormente publicada en 1943 por Georg y Vera Leisner. Consta de 32 tumbas tipológicamente pertenecientes a dólmenes con cámaras funerarias rectangulares o trapezoidales y corredores de acceso en ocasiones divididos por losas perforada (Milesi *et al.*, 2023).

Junto al cementerio de Los Eriales, en la década de 1970 se excavó el asentamiento del Cerro de los Castellones (Mendoza *et al.*, 1975). Situado en un promontorio en forma de meseta, el asentamiento abarca el período comprendido entre el final de la Edad del Cobre y el denominado como Bronce Agárico. Durante las excavaciones, se documentaron diferentes estructuras habitacionales y defensivas. Especialmente destacable ha sido el descubrimiento de varios enterramientos intramuros que seguían el típico ritual argárico de inhumaciones individuales (Mendoza *et al.*, 1975; García *et al.*, 2017). Por la estrecha relación espacial, cronológica y cultural, el poblado del Cerro de los Castellones ha sido relacionado con la necrópolis de Los Eriales.

La necrópolis de Haza Colorada se enmarca por tanto en un entorno con una rica evidencia de poblados y necrópolis megalíticas entre los que por su cercanía destaca el Cerro de los Castellones y Los Eriales. En este contexto, la prospec-

ción mediante el uso de UAS para la obtención de modelos digitales del terreno aparecía como una buena alternativa para el estudio y caracterización territorial de estos nuevos hallazgos.

LA PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA

Estrategia, toma de datos y análisis de la información

La investigación de una nueva necrópolis megalítica en el sitio conocido como Haza Colorada en Morelabor (Granada), requería de una estrategia de prospección del entorno con el objetivo de identificar las sepulturas que la formaron junto a otras posibles evidencias arqueológicas asociadas. Para ello, se estableció un área de prospección de *ca.* 60 Ha, delimitada por dos caminos rurales a norte y sur, por el municipio de Moreda al este y la denominada como Sierrezuela al oeste.

La prospección mediante vuelo con dron de un terreno tan extenso exige una cuidadosa planificación, tanto para la captura de imágenes como para la ubicación de los puntos de control con el fin de optimizar la captura de datos y lograr un resultado homogéneo y completo. En esta fase debemos controlar, entre otros, el equipamiento necesario y su conectividad, la accesibilidad al lugar de trabajo, la evaluación de riesgos, los obstáculos que puedan dificultar el vuelo (arbolado, postes o cableados) o las condiciones ambientales como la iluminación o el viento. Por otro lado, también es necesario organizar la coordinación operativa en cumplimiento de la legislación vigente y planificación del vuelo siguiendo los requisitos técnicos según la topografía del sitio.

Antes de la captura de imágenes, deben colocarse puntos de control (dianas) sobre el terreno a fotografiar. Una adecuada distribución de los puntos de control y la medición de estos con instrumentos de alta precisión es fundamental para la correcta referenciación indirecta de las imágenes, así como para la correcta calibración de la lente (Sanz-Ablanedo *et al.*, 2018). En nuestro caso de estudio, se distribuyeron homogéneamente 35 dianas por el yacimiento, que fueron medidas mediante instrumento GNSS-RTK marca Leica Zeno 20 conectado por GPRS en tiempo real a la RAP (Red Andaluza de Posicionamiento), lo que nos proporciona las coordenadas corregidas en el sistema de referencia oficial para España (UTM30-ETRS89).

El uso de la metodología SfM (Structure from Motion) para el procesamiento de las imágenes ha sido ampliamente evaluado (Verhoeven, 2011; Kersten *et al.*, 2012; Remondino *et al.*, 2017; Benavides *et al.*, 2020), considerándose hoy en día una herramienta fundamental para la documentación, investigación y difusión del patrimonio arquitectónico y arqueológico. Los datos obtenidos proporcionan una representación completa y objetiva del objeto de estudio, consiguiendo una mayor precisión y detalle que con las encuestas clásicas, aportando datos incluso en aquellos lugares donde no es posible el acceso físico. Su propósito es crear un modelo virtual 3D del objeto de estudio con datos cuantitativos y cualitativos de alta resolución.

Como regla general, la captura de imágenes requiere las siguientes consideraciones:

1. Planificar el vuelo con una extensión mayor que el área de interés para que dispongamos de suficientes pases exteriores que ayuden a ajustar la triangulación aérea, mejorando la precisión en el registro de las zonas perimetrales objeto de estudio.
2. Adecuada nitidez y ajuste radiométrico de las imágenes: El proceso fotogramétrico SFM se basa en la calidad de las imágenes. Las imágenes poco nítidas o desenfocadas producen ruido y errores en el resultado final y, por lo tanto, deben descartarse. Recomendamos establecer una velocidad de obturación alta (1/1000" o superior). El valor ISO dependerá de la cantidad de iluminación existente (los valores 100, 200 o 400 son aceptables). En la captura de imágenes de UAV, se recomiendan velocidades de movimiento muy bajas para evitar el desenfoque de movimiento. Este desenfoque es directamente proporcional a la velocidad de la aeronave e inversamente proporcional a su altura.
3. Utilizar cámaras con lente focal fija y obturador mecánico: Proporcionan mayor exactitud y precisión que las lentes varifocales y permiten una mejor calibración de la cámara (Mosbrucker *et al.*, 2017).
4. Programar el vuelo del UAV a través de apps específicas (Map Pilot, UGCS, captura Pix4D, etc.) que optimizan el número de pasadas y la buena captación de imágenes, estableciendo una velocidad de movimiento óptima en función de la altura del vuelo y del solapamiento longitudinal de imágenes de acuerdo al tipo de cámara.

En nuestro caso de estudio, se ha realizado un vuelo programado a baja altura (50 m) utilizando un dron DJI Phantom 4 PRO que monta una cámara de lente fija de 24 mm (CMOS 1", píxeles efectivos: 20 MP y rango ISO 100-3200) lo que ha permitido obtener un modelo digital del terreno con una resolución de malla de 5 cm máximo y una resolución de imagen GSD¹ de 1,5 cm/pixel. El vuelo ha sido programado de forma automatizada mediante la app para IOS "Map pilot pro®" de la firma Drone made easy. Esta app dispone de herramientas para la programación automatizada del vuelo en función de la altura de la aeronave, el solape longitudinal y transversal de las imágenes, así como la velocidad de disparo de la cámara, que a su vez depende de la luz ambiente, de la apertura de diafragma y la sensibilidad ISO. Por otro lado, dispone de una programación altimétrica del vuelo a partir de la topografía genérica del terreno a partir de los datos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) realizados por la NASA (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), lo que facilita que las imágenes sean capturadas aproximadamente a la misma altura y por tanto con la misma resolución.

1. GSD (Ground sample distance): tamaño del pixel en unidades del terreno.

En la figura 2 se muestra la trayectoria programada en planta para el área seleccionada de 60 Ha, de forma que existiera suficiente superposición longitudinal (70%) y transversal (60%) entre imágenes para la generación del modelo 3D. En la figura 3 se muestran los parámetros utilizados para la programación del vuelo, así como el perfil del desplazamiento en vertical del dron sobre el terreno a partir del modelo digital genérico SRTM descargado de la NASA.

La resolución de las imágenes en unidades terrestres GSD (Ground Sampling Distance) o lo que es lo mismo, la distancia entre los centros de dos píxeles consecutivos medidos sobre el terreno viene condiciona por la altura del vuelo, la distancia focal de la cámara y la magnitud y resolución del sensor de acuerdo a la siguiente formula:

$$GSD = \frac{AS * H * 100}{dF * nPixel}$$

AS = Sensor width (mm)
H = flight height or distance to the object (m)
dF = Focal Distance (mm)
nPixel = number of pixels in the width of the sensor

De acuerdo a la altura programada de vuelo (50 m) para la obtención de un GSD de 1,5 cm, la velocidad de disparo de la cámara a partir de la iluminación ambiental existente (1/800 para una apertura f 1/6.3 ISO 200) y al solapamiento longitudinal entre las imágenes (70%), se ha fijado una velocidad de desplazamiento de la aeronave de 3,7 m/s (13,32 km/h). Esta velocidad conjuntamente con la de disparo de la cámara provocan un desplazamiento en los píxeles de la imagen, que deberán ser siempre inferior al tamaño del GSD. En nuestro caso se obtuvo un desplazamiento de pixel (motion-blur) de 5mm/pix. El procesamiento de datos a través de la nueva versión de Agisoft Metashape 2.0 permite una fotogrametría altamente automatizada que muestra un gran potencial en términos de resolución espacial, precisión y calidad gráfica. Agisoft Metashape produce nubes de puntos con mayor densidad si cabe que los sensores LIDAR. La fotogrametría SFM a baja altura (50 m) produce un GSD de 1,5 cm y una resolución de la nube de puntos entre 900-1500 ptos/m², mientras que la resolución del sensor LiDAR CHCNAV de doble rebote y a 50 m de altura se sitúa en torno a 570 ptos/m².

El procesamiento de la 1718 imágenes y puntos de apoyo terrestre se ha realizado con el software de fotogrametría SFM (Structure from motion) *Agisoft-metashap pro*® 2.1 permitiendo generar, por triangulación múltiple, un modelo 3D de nube de puntos de 213 millones de puntos y una superficie MDT (Modelo Digital del Terreno) con una resolución de malla de 5cm y que define con gran detalle la microtopografía del terreno (fig. 4). De igual modo, la proyección de las imágenes sobre el MDT permite la obtención de una ortoimagen con 1,5 cm de resolución del pixel (fig. 5).

La combinación de diferentes variables, fundamentalmente la dirección azimutal de la luz y su inclinación respecto del horizonte permiten realizar diferentes

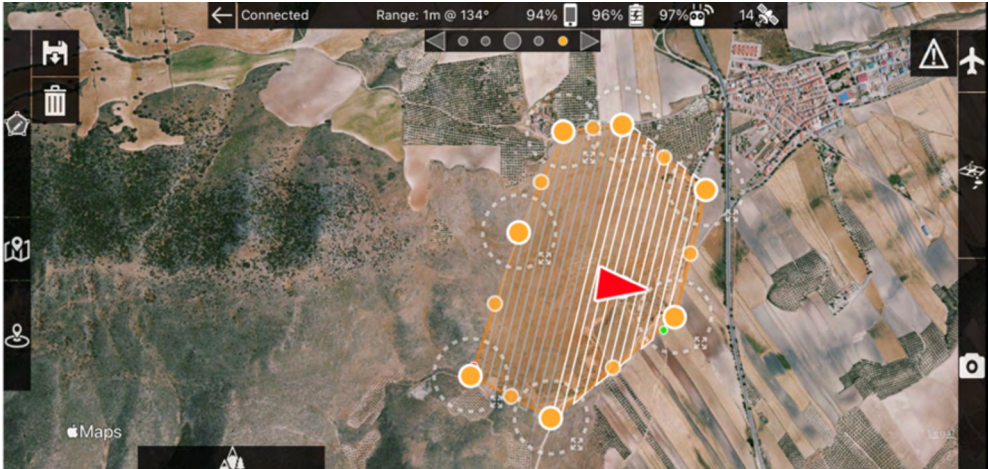


Fig. 2.—Vista en planta del vuelo programado UAV para la prospección.



Fig. 3.—Parámetros utilizados para la realización del vuelo UAV con perfil del desplazamiento vertical de acuerdo a la topografía del terreno.

sombreados dinámicos aportando una visualización mejorada de la topografía y por tanto una mejor identificación de elementos singulares que deberán ser identificados en campo. La integración de las ortofotografías con el modelo digital del terreno nos ha permitido un análisis exhaustivo del paisaje arqueológico y como resultado la detección y caracterización de nuevas evidencias arqueológicas (fig. 6).

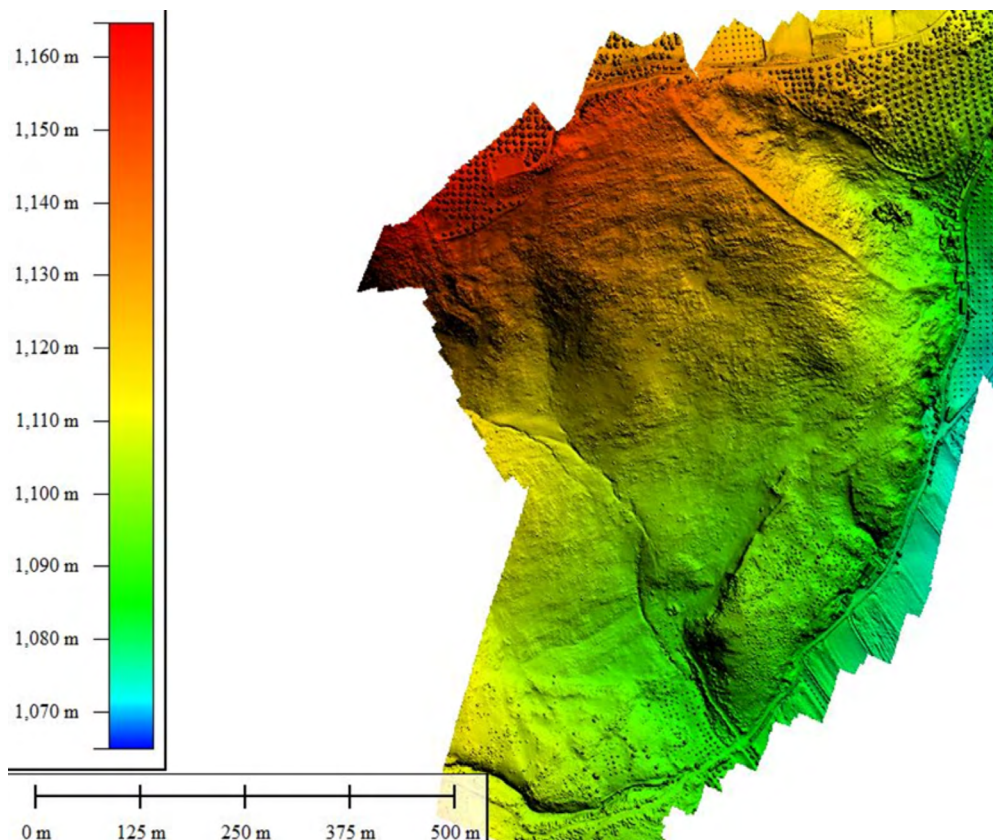


Fig. 4.—Plano del MDT (Modelo Digital del Terreno) que muestra el relieve y alturas.

RESULTADOS: ORTOFOTOGRAFÍAS Y LEVANTAMIENTO DIGITAL DEL TERRENO

Como resultado del análisis pormenorizado de la vista cenital de la ortofotografía y los modelos sombreados del terreno, se han identificado evidencias arqueológicas de diferente naturaleza previamente inadvertidas: estructuras tumulares, construcciones en mampostería y estructuras recortadas en la roca (fig. 7). Además, los restos arqueológicos se concentran en dos áreas de la zona prospectada. En el área noreste, aparecen relacionados o se sitúan en el entorno de una gran estructura de mampostería que a modo de muralla atraviesa de norte a sur el área analizada. Posee una longitud de 420 m y una anchura que varía entre 1,7 y 2,60 m. Se aprecia que la técnica constructiva utilizada consistió en el uso de mampuestos de mayores dimensiones para el careado y un relleno interno formado por piedras de menor tamaño (figs. 8a y 8b). A ambos lados de esta estructura se observan importantes



Ortofotografía georreferenciada Haza Colorada (Moreda)
resolución 1,5 cm/ pix **ESCALA 1:3000**
José Antonio Benavides / Gonzalo Aranda marzo-2022

Fig. 5.—Plano en planta de la ortofotografía con una resolución de 1,5 cm/píxel.

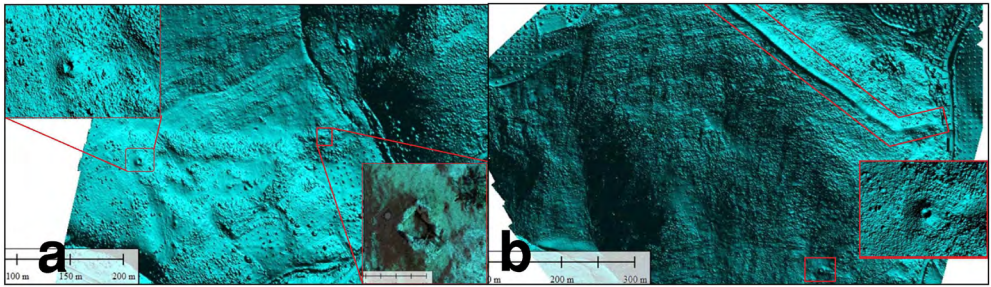


Fig. 6.—MDT con sombreado dinámico en función de la posición del punto de iluminación: a) zona noreste; b) zona suroeste.

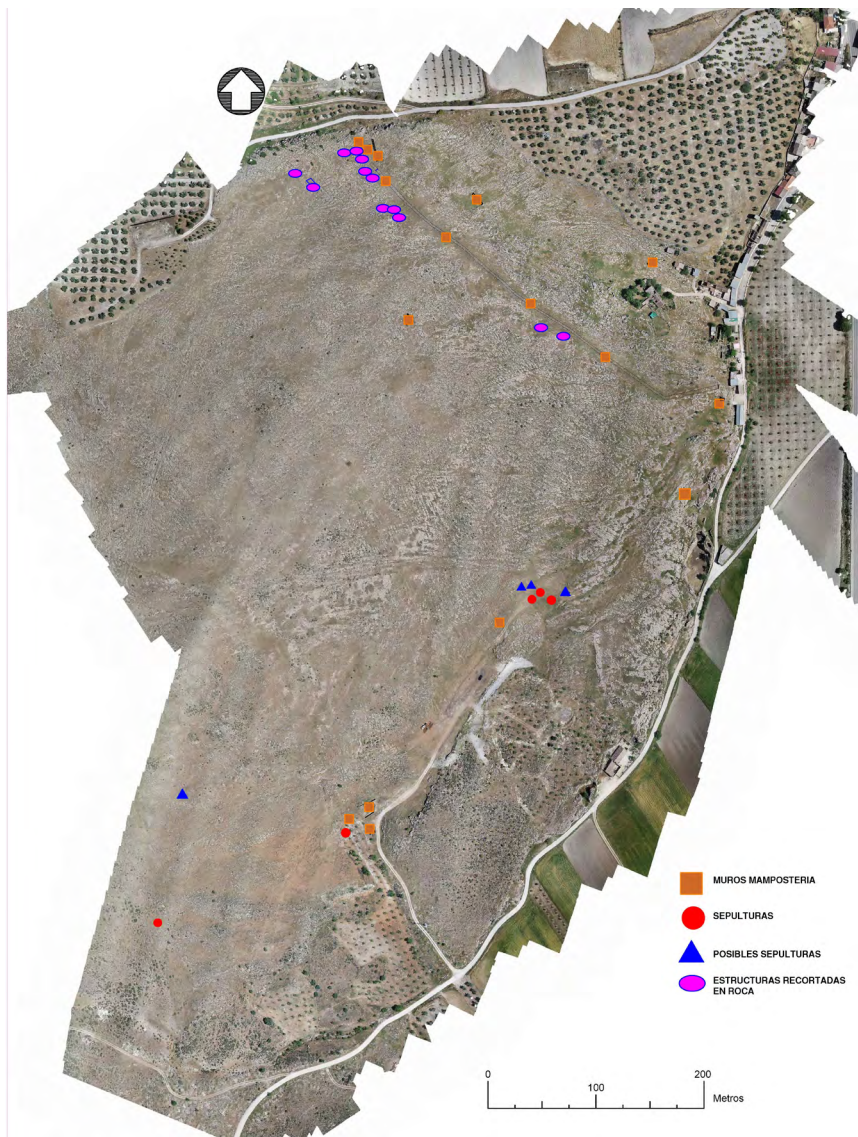


Fig. 7.—Descripción y localización de las evidencias arqueológicas encontradas en el análisis de la ortofotografía y del MDT.

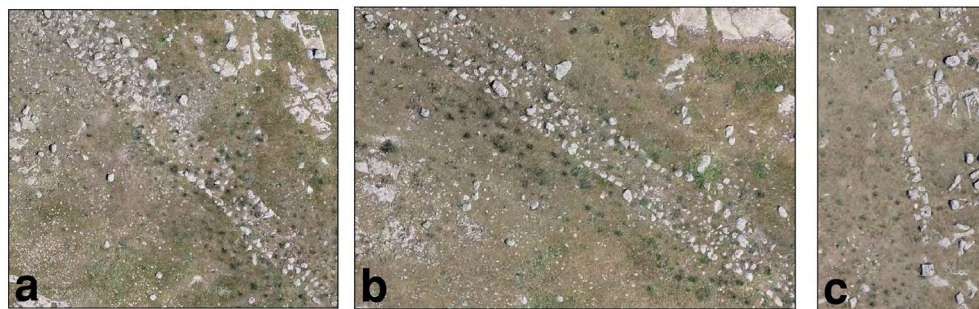


Fig. 8.—Imagen en planta de dos tramos de muralla principal (a y b) y muro de mampostería (c).

concentraciones de mampostería que deben corresponderse con su derrumbe. En su lado sur, la muralla presenta una dirección azimutal de 281° girando posteriormente a dirección 343° . En el extremo norte, parece detenerse dando paso a otras construcciones. Se trata de varios muros de mampostería entre los que destacan un tramo de 21,60 m de longitud y azimut 388° formado por grandes bloques de mampostería de 1,20 m de espesor que siguen una técnica constructiva diferente a la utilizada en la construcción de la muralla (fig. 8c). También se reconoce la presencia de al menos dos recintos adosados de forma aproximadamente rectangular de $5,50 \times 4,90$ m.

A ambos lados de la muralla y a lo largo de su recorrido se registran otros dos tipos de construcciones: estructuras recortadas en la roca y construcciones en mampostería. En el primero de los casos, se han reconocido 13 recintos de forma ovalada y pseudorectangular cuyas dimensiones oscilan entre los 2,30 y 5,50 m de longitud y los 2 y 3,9 m de anchura (fig. 9). Su superficie interna oscila entre



Fig. 9.—Estructuras recortadas en roca.

los 4,6 m² y los 16 m² aproximadamente. Se localizan todos ellos al oeste de la muralla. En cuanto a las estructuras de mampostería se identifican varios tramos de muro que parecen compartimentar diferentes espacios recortados en la roca. Distinto es el caso de dos estructuras de habitación de planta rectangular. La primera presenta una longitud exterior de 7,75 m y una anchura de 4,55 m. El muro que la delimita posee una anchura muy regular de 60 cm y está formado por mampostería de mediano tamaño (fig. 10a). La superficie interna de la habitación es de 21,30 m². La segunda de las estructuras, al sur, presenta igualmente planta rectangular, con unas dimensiones de 9,30 m de longitud por 4,30 m de anchura, y una superficie interna de 25,50 m² que aparece compartimentada en dos habitaciones. El muro que delimita la estructura posee una anchura de 60 cm y está formado por mampostería de mediano tamaño (fig 10b).

Al suroeste de la zona prospectada se identifica la segunda concentración de evidencias arqueológicas consistentes en estructuras tumulares, construcciones megalíticas y de mampostería. La ortofotografía ha permitido definir 3 estructuras tumulares a partir de la microtopografía, de las evidencias de losas de piedra y de la concentración de mampostería de pequeño tamaño dispuesta de forma aproximadamente concéntrica y que debe corresponderse con la masa tumular (fig. 11). El diámetro aproximado de estas construcciones varía entre los 4,2 y 4,80 m. Tres casos más se pueden identificar como posibles construcciones megalíticas, dos de ellas presentan lo que parecen losas de cubierta o cobijas y en el tercer caso

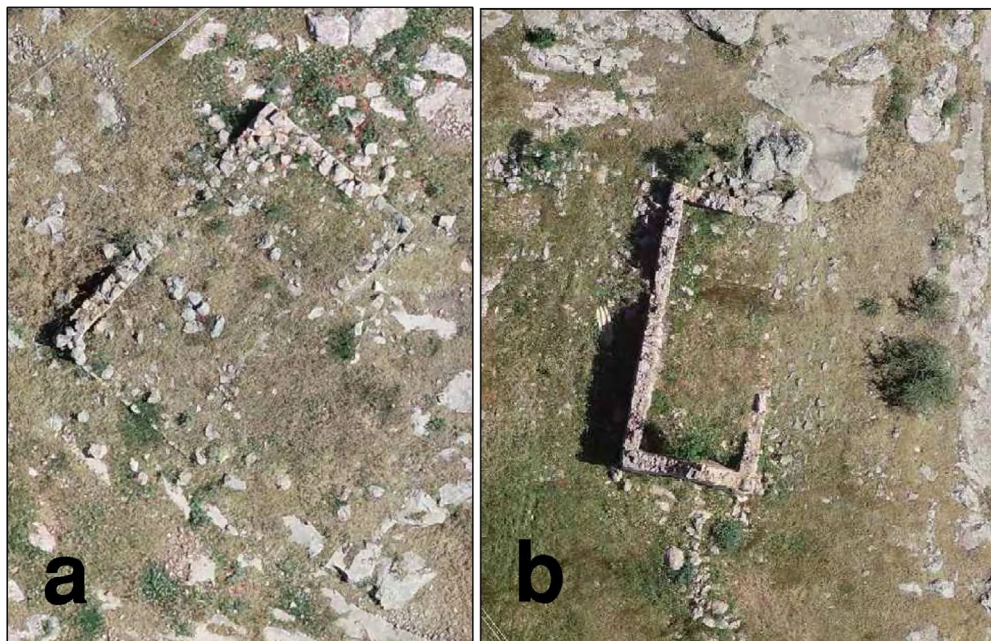


Fig. 10.—Estructuras de habitación (a y b).

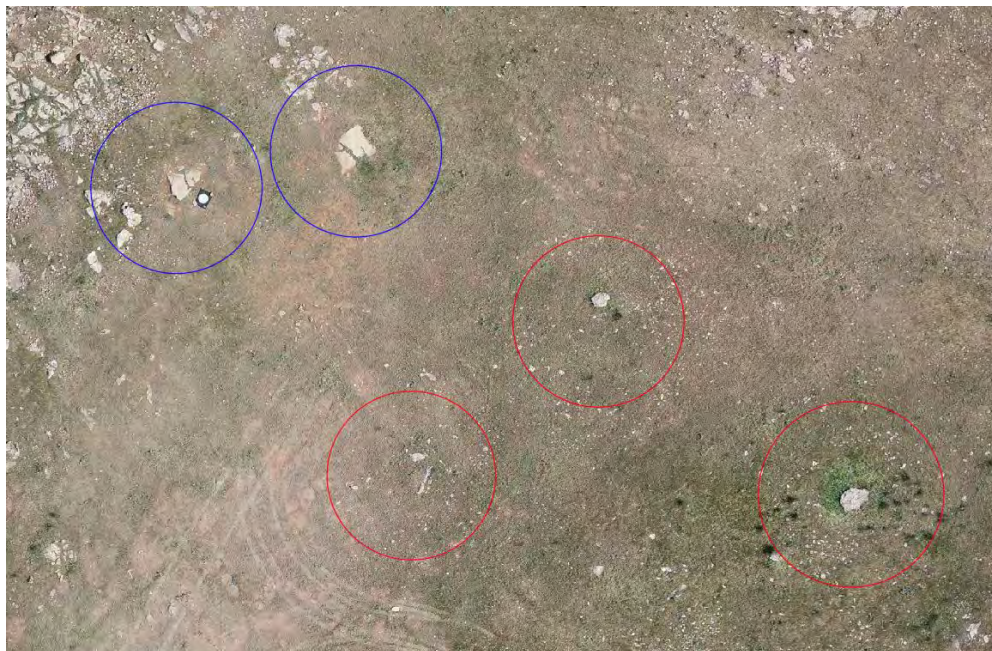


Fig. 11.—Estructuras tumulares y megalíticas.



Fig. 12.—Sepultura megalítica 1 (a) y estructura de mampostería (b).

un crecimiento diferencial de la vegetación. Además, se identifica el denominado dolmen número 1 descrito anteriormente y que fue el hallazgo que identificó el yacimiento arqueológico de Haza Colorada (fig. 12a). Sus dimensiones son 3,10 m de longitud por 2,30 m de anchura. En el entorno de esta estructura megalítica se registran varias construcciones en mampostería entre las que destaca una estructura aproximadamente rectangular con una longitud de 8,0 m y 4,60 m de anchura aproximada (fig. 12b). También se identifica lo que parecen varias habitaciones adosadas mal definidas debido a masas de derrumbes de mampostería que enmascaran los muros que las definen con una extensión de 65 m².

CONCLUSIONES

Los modelos digitales para la identificación y caracterización de evidencias arqueológicas no sustituyen a los sistemas de prospección tradicionales de reconocimiento de superficie. Al contrario, es un complemento que orienta la posterior prospección y mejora tanto la representación gráfica como la identificación, georreferenciación y definición formal de las evidencias arqueológicas. El caso de estudio analizado permite identificar algunas de las principales ventajas del uso de estas nuevas tecnologías aplicadas a la prospección arqueológica:

1. Identificación de evidencias arqueológicas que por sus características formales son difícilmente registrables sin ortofotografías.
2. La producción de una documentación gráfica de una calidad y precisión no alcanzable con otros procedimientos.
3. La georreferenciación de las ortofotografías permite no solo la localización exacta de las diferentes entidades arqueológicas sino también su caracterización formal (longitud, anchura, altura, extensión, etc.)
4. Con la información proporcionada por las ortofotografías es posible diseñar de forma particularizada el reconocimiento del terreno posterior, adaptando la estrategia de prospección a las evidencias identificadas.
5. Además de la mejora en la calidad de la información, todo ello supone un considerable ahorro en tiempo y recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- BENAVIDES, J. A., ARANDA, G., SÁNCHEZ, M., ALARCÓN, E., FERNÁNDEZ, S., LOZANO, A. y ESQUIVEL, J. A. (2016): "3D modelling in archaeology: The application of Structure from Motion methods to the study of the megalithic necropolis of Panoria (Granada, Spain)", *Journal of Archaeological Science: Reports* 10, pp. 495-506. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.022>
- CAMPANA, S. (2020): "Drone-Based Imaging in Archaeology: Current Applications and Future Prospects", *Unmanned Aerial Remote Sensing, CRC Press*, pp. 217-237. <https://doi.org/10.1201/9780429172410-13>
- CHIABRANDO, F., D'ANDRIA, F., SAMMARTANO, G. y SPANÒ, A. (2018): "UAV photogrammetry for archaeological site survey. 3D models at the Hierapolis in Phrygia (Turkey)", *Virtual Archaeology Review* 9:18, pp. 28-43. <https://doi.org/10.4995/var.2018.5958>
- DONEUS, M., BRIESE, C., FERA, M. y JANNER, M. (2008): "Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning", *Journal of Archaeological Science* 35:4, pp. 882-893. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.06.013>
- FERNÁNDEZ, J. y GUTIÉRREZ, G. (2016): "Improving archaeological prospection using localized UAVs assisted photogrammetry: An example from the Roman Gold District of the Eria River Valley (NW Spain)", *Journal of Archaeological Science: Reports* 5, pp. 509-520. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.01.007>
- DE REU, J., TRACHET, J., LALOO, P. y DE CLERCQ, W. (2016): "From low cost UAV survey to high resolution topographic data: developing our understanding of a Medieval outpost of Bruges", *Archaeological Prospection* 23:4, pp. 335-346. <https://doi.org/10.1002/arp.1547>
- GARCÍA, J. R., MARTÍN, J. A. y PALOMO, A. (2017): "Ajuar de una sepultura de la Edad del Bronce del Cerro de los Castellones (Laborcillas, Granada)", *Antiquitas*, 29, pp. 57-67.
- GONGORA Y MARTÍNEZ, M. (1991 [1868]): *Antigüedades Prehistóricas de Andalucía* (ed. Fascimil), Universidad de Granada, Granada.
- KERSTEN, T. P. y LINDSTAEDT, M. (2012): "Image-based low-cost systems for automatic 3D recording and modelling of archaeological finds and objects", *Progress in Cultural Heritage Preservation: 4th International Conference, EuroMed 2012, Limassol, Cyprus, October 29-November 3, 2012. Proceedings 4*, Springer, Heidelberg, pp. 1-10.
- LEISNER, G. y LEISNER, V. (1943): *Die Megalithgraber der Iberischen Halbinsel, Der Suden*, Walter de Gruyter, Berlin.
- MENDOZA, A., MOLINA, F., AGUAYO, P., CARRASCO, J. y NÁJERA, T. (1975): "El poblado del Cerro de Los Castellones (Laborcillas, Granada)", *XIII Congreso Nacional de Arqueología (Huelva, 1973)*, Zaragoza.
- MILESI, L., ARANDA, G., DÍAZ-ZORITA, M., ROBLES, S., HAMILTON, D., VÍLCHEZ, M., SÁNCHEZ, M. y BECERRA, P. (2023): "Funerary practices in megalithic tombs during the Argaric Bronze Age in South-Eastern Iberia: The cemetery of Los Eriales", *Journal of Archaeological Science: Reports* 49. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.103972>
- MOSBRUCKER, A. R., MAJOR, J. J., SPICER, K. R. y PITLICK, J. (2017): "Camera system considerations for geomorphic applications of SfM photogrammetry", *Earth Surface Processes and Landforms* 42:6, pp. 969-986. <https://doi.org/10.1002/esp.4066>
- ORENGO, H. A. y GARCIA-MOLSOSA, A. (2019): "A brave new world for archaeological survey: Automated machine learning-based potsherd detection using high-resolution drone imagery", *Journal of Archaeological Science* 112, 105013. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.105013>
- REMONDINO, F., NOCERINO, E., TOSCHI, I. y MENNA, F. (2017): "A critical review of automated photogrammetric processing of large datasets", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 42, pp. 591-599. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-591-2017>
- RODRÍGUEZ, J.M., BENAVIDES, J.A., PELLITEIRO, P., MARTÍN, J. M. y ROUCO, J. (2022): "The documentation of archaeological heritage through aerial photogrammetry and UAS-based LiDAR: the case study of the Espique valley

- (La Peza, Granada, Spain)", *Disegnarecon* 15:29, pp. 12-1. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.29.2022.12>
- ROUSE, L. M., y KRUMNOW, J. (2020): "On the fly: Strategies for UAV-based archaeological survey in mountainous areas of Central Asia and their implications for landscape research", *Journal of Archaeological Science: Reports* 30, 102275. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102275>
- SIRET, L. (1891 [2001]): *L'Espagne préhistorique*. Almería, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía y Arráez Editores.
- SIRET, L. (1893): "L'Espagne préhistorique", *Revue des Questions Scientifiques* XXXIV, pp. 537-560.
- SIRET, L. (1908): "Religions néolithiques de l'ibérique", *Revue Préhistorique* 3:7/8, pp. 193-269.
- STEK, T. D. (2016): "Drones over Mediterranean landscapes. The potential of small UAV's (drones) for site detection and heritage management in archaeological survey projects: A case study from Le Piane in the Tappino Valley, Molise (Italy)", *Journal of Cultural Heritage* 22, 1066-1071. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.06.006>
- VERHOEVEN, G. (2011): "Taking computer vision aloft-archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with photostan", *Archaeological prospection* 18:1, pp. 67-73. <https://doi.org/10.1002/arp.399>
- VILBIG, J. M., SAGAN, V. y BODINE, C. (2020): "Archaeological surveying with airborne LiDAR and UAV photogrammetry: A comparative analysis at Cahokia Mounds", *Journal of Archaeological Science: Reports* 33, 102509. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102509>

