

Fotogrametría en los túmulos y cueva de la Cultura de las Motillas: Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real)

Luis Benítez de Lugo Enrich¹ y José Luis Fuentes Sánchez²

1. Universidad Complutense de Madrid

2. Universidad de Granada/OPPIDA

EL YACIMIENTO DE CASTILLEJO DEL BONETE

Las excavaciones arqueológicas en el Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real) han permitido descubrir un conjunto tumular prehistórico sin igual. Se localiza sobre una ladera orientada al sur, que domina un amplio horizonte despejado y un corredor natural de paso entre Andalucía, la Meseta y Levante (fig. 1). En este lugar, hasta el momento, se han encontrado dos túmulos, aunque existen evidencias de que otros no han sido desenterrados aún. El túmulo principal, llamado Túmulo 1, es el más grande y se ubica sobre una cueva natural que presenta arte rupestre postpaleolítico esquemático y construcciones en su interior.

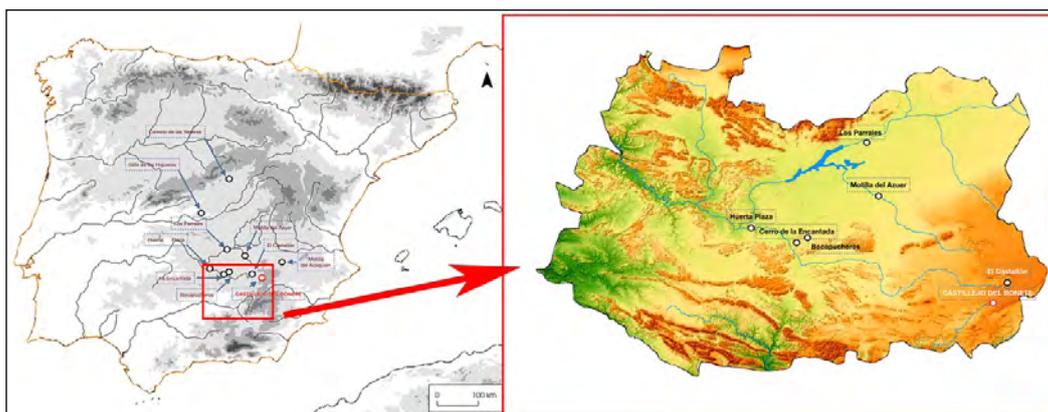


Fig. 1. Localización y contexto geográfico de Castillejo del Bonete en la Península Ibérica y la provincia de Ciudad Real. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

El Túmulo 1 muestra accesos en forma de corredores abocinados y también corredores de comunicación con otros túmulos, alguno con más de veinte metros de longitud. Materiales arqueológicos se encuentran depositados en pequeñas fosas o estructuras siliformes excavadas en los túmulos y tapadas después con tierra y piedras (Benítez de Lugo Enrich *et al.*, 2014a). Esos objetos son de características muy diversas (Benítez de Lugo Enrich *et al.*, 2015a). Entre

ellos cabe destacar una abundante colección de piezas metálicas, cerámicas, botones de marfil (Benítez de Lugo Enrich *et al.*, 2015b), restos óseos (humanos o de fauna) y numerosos adornos personales: colgantes elaborados con concha marina, una colección con decenas de cuentas de adorno elaboradas con hueso, madera fósil y variscitas verdes de diversas procedencias (Benítez de Lugo, 2018; Benítez de Lugo *et al.*, 2020). Al pie de las grafías rupestre encontradas en la cueva fueron depositados restos humanos (Benítez de Lugo *et al.*, 2015a). El proceso de gestión e investigación del yacimiento hasta 2015 y la interpretación del yacimiento hasta 2022 se encuentran debidamente publicadas (Benítez de Lugo *et al.*, 2014-2015; Benítez de Lugo, 2018).

En definitiva, este fue un lugar utilizado durante mucho tiempo, en el que se enterraron difuntos y en donde esas tumbas fueron afectadas por sucesivos movimientos del terreno. Sobre alguna de las tumbas, como es el caso de la número 4, se encendió una hoguera encima de la capa de tierra que cubría a los dos muertos en ella enterrados. El calor alteró parte del contenido de la tumba, calcinando parte de los esqueletos (Benítez de Lugo *et al.* 2014a: 167; lam. 18). En esa hoguera se clavó o arrojó una flecha, cuya punta tipo Palmela se recogió con el pedúnculo doblado entre las cenizas.

Con los datos disponibles es posible afirmar que Castillejo del Bonete fue un monumento funerario utilizado entre el III y II milenio a.C., dotado con una alta carga simbólica y en el cual se desarrollaron ritos complejos, que incluyen movimientos de restos óseos humanos y ritos de comensalidad (Benítez de Lugo, 2022). Los espacios arquitectónicos documentados no presentan evidencias de habitación, y sí las características habituales en túmulos prehistóricos.

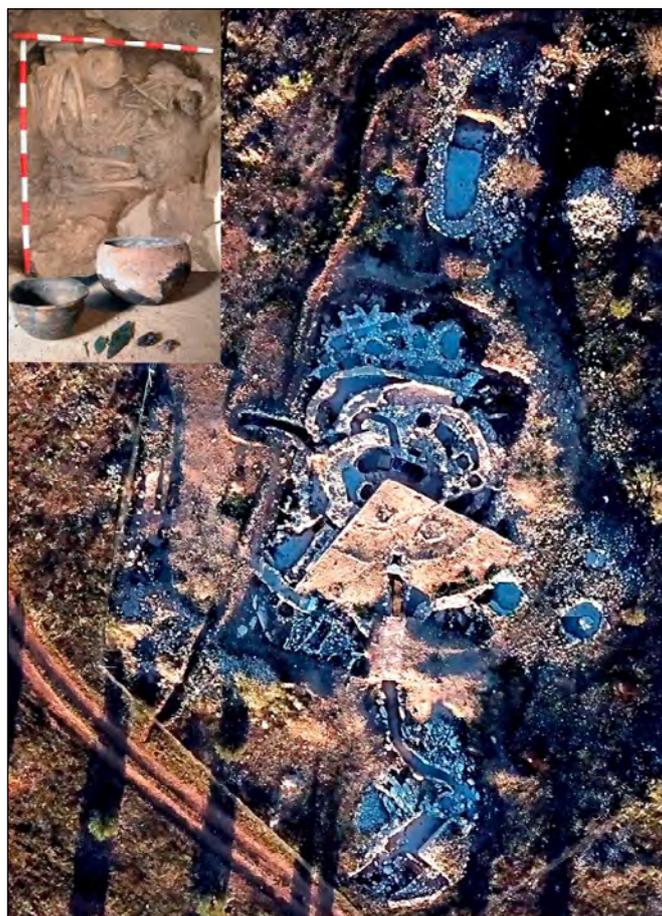


Fig. 2. Imagen aérea de Castillejo del Bonete y contexto de la Tumba 4. Fuente: Luis Benítez de Lugo y José Luis Fuentes Sánchez

Castillejo del Bonete fue lugar de celebración (comida, bebida, depósito de objetos y acciones cuyo desarrollo es posible desvelar), muy visible desde la lejanía y, por último, dotado de un enorme interés arqueoastronómico, pues varios de sus componentes arquitectónicos fueron construidos orientados a las estrellas (Benítez de Lugo, Esteban, 2018) (fig. 2).

Hasta 2015 se aplicó a su excavación arqueológica un tipo de documentación arqueológica tradicional, que incluía dibujo a mano en campo y mediante CAD en gabinete de las unidades estratigráficas y constructivas. Ejemplos de las plantas obtenidas por aquel sistema se encuentran debidamente publicadas (Benítez de Lugo *et al.*, 2014b y 2015a).

A partir de 2016 los elementos arquitectónicos que integran el yacimiento comenzaron a ser registrados mediante fotogrametría, con los resultados que se describen a continuación.

ANTECEDENTES DE LA DOCUMENTACIÓN EN CASTILLEJO DEL BONETE

Desde que se iniciara el proceso de excavación arqueológica en el yacimiento en 2003, la metodología que ha regido el registro gráfico hasta 2015 ha estado principalmente condicionada por la intervención en superficie y la pertinente exhumación de las estructuras monumentales de los dos túmulos que hasta el momento se han descubierto, así como de la cueva, cuyo Área I fue estudiada parcialmente entre los años 2012-2014. Las labores de documentación, entre otras tareas, fueron desarrolladas siempre por los equipos de arqueólogos contratados para la excavación y documentación del registro arqueológico, por lo que no existió en ningún momento un técnico especialista en documentación que desarrollase específicamente las tareas de registro con vistas a llegar más allá del proceso bidimensional y de los requisitos procedimentales que la Administración requiere en éste tipo de intervenciones sistemáticas.

Esencialmente se practicó la documentación arqueológica con varios niveles de detalle: la de campo basada en el registro fotográfico y descriptivo de las unidades estratigráficas y estructurales, así como de los contextos funerarios y rituales. Se realizaron croquis, plantas y secciones sobre papel milimetrado que fueron llevados consecutivamente en cada campaña a la planimetría general 2D en CAD, trabajo que ha constituido la base documental del yacimiento hasta 2014, y que siempre estuvo apoyada por un amplio compendio de fotografías de las estructuras, contextos y unidades halladas. Entre las técnicas tradicionales de dibujo de campo se utilizó principalmente la técnica de perpendicularidad al eje de referencia que facilitaba la situación en plano de plantas y estructuras, practicándose la triangulación sobre dos puntos de referencia para la localización de artefactos y ecofactos hallados.

Estas técnicas se vieron apoyadas por el uso del nivel óptico (teodolito) al objeto de fijar las cotas de los hallazgos, los cambios de altura en la cavidad de la cueva y los desniveles en el perfil de los túmulos, a partir de la fijación de un punto de referencia o punto 0. Este instrumento resultó muy útil también en la elaboración de las secciones transversales y perfiles planimétricos de los diferentes cortes excavados. Los equipos arqueológicos de Castillejo del Bonete posibilitaron el registro planimétrico con un grado de exactitud adecuado, admitiendo la concurrencia en determinados momentos de otras proyecciones cartográficas de precisión; como la desarrollada para el estudio de las orientaciones solares de los corredores y pasillos hallados en los túmulos 1 y 2, que posibilitó avanzar en la teoría de la existencia de un centro ceremonial equinocial y solsticial en Castillejo del Bonete (fig. 3). Los valores en grados de las orientaciones astronómicas que publicamos en esta figura sustituyen a las publicadas en la fig. 4 de Benítez de Lugo *et al.* 2020.

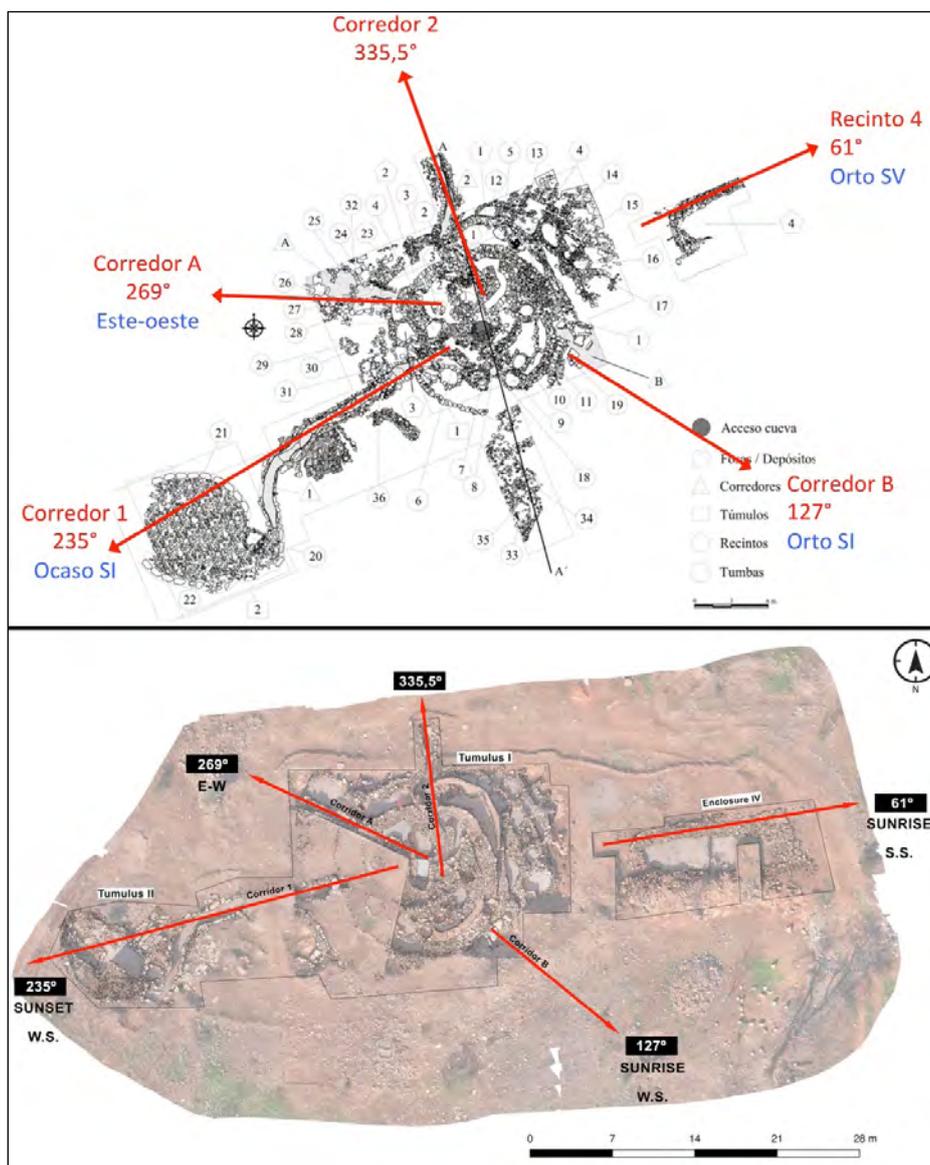


Fig. 3. Arriba: ilustración CAD de Castillo del Bonete realizada en 2012 con metodología tradicional. Abajo: modelo de ilustración de la versión en inglés de las orientaciones solares realizada a partir del proyecto fotogramétrico. Fuente: Luis Benítez de Lugo y José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

El trabajo principal hasta ese momento se había basado en la observación y medición en campo, relegándose exclusivamente a gabinete las tareas de generación de la planimetría CAD no georreferenciada.

LA IMPLANTACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA COMO TÉCNICA DE REFERENCIA EN LA DOCUMENTACIÓN DE CASTILLEJO DEL BONETE

La opción de la utilización de la fotogrametría como técnica regidora del proceso de documentación arqueológica entre los años 2015-2019 es una de las decisiones más importantes a las que se tuvo que enfrentar la dirección científica del yacimiento, por cuanto esta técnica aún estaba en proceso de testado y adecuación a los procedimientos actuales en Arqueología. Nadie pone en duda hoy la efectividad de este tipo de documentación tridimensional. No obstante,

hacia finales de 2014 esta decisión supuso todo un reto de adecuación metodológica de un proceso manual a otro plenamente automatizado y tridimensional; transición que necesariamente debía de ser conducida con las adecuadas cautelas.

El proyecto arqueológico del Castillejo del Bonete había desarrollado hasta ese momento diversos niveles de documentación gráfica bidimensional, utilizando tanto en las prospecciones previas como durante el proceso de excavación; ortofotos aéreas de los programas estatales SIG (PNOA), vuelos aéreos a baja altura, planimetría cartográfica ráster de interés catastral, medioambiental y de utilización del suelo. En general se habían tomado elementos gráficos de referencia realizados por Administraciones públicas para otros fines, era evidente que estos mapas y proyectos planimétricos arrastraban un déficit de precisión topográfica y cartográfica que debió ser asumido desde un principio. Entre un tercer y cuarto nivel de precisión en la representación gráfica 2D del yacimiento, se hallarían los mapas de distribución de artefactos y ecofactos, el dibujo del material mueble, así como de algunas reconstrucciones ideales e interpretativas del yacimiento en la Prehistoria que se realizaron –estas últimas– con una función claramente divulgativa.

En la actualidad todos los procesos de documentación, representación e ilustración del yacimiento se efectúan bajo criterios metodológicos ajustados al registro geométrico digital en su adaptación al patrimonio arqueológico mueble e inmueble. Un método general, el de la Fotogrametría Clásica en su fundamentación geométrica –ya superado–, al que le dio continuidad el Digital que comenzó a ser aplicado por diversas entidades públicas de formación (universidades) y/o de Patrimonio (Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico), quienes entre los años 2000-2005 comenzaron a utilizar esta técnica para proyectos dotados de un presupuesto de nivel alto, y cuya evolución tecnológica ha universalizado una metodología que alcanza masivamente desde 2012-2013 a proyectos con un perfil presupuestario medio-bajo, debido en buena parte a la creación y mayor accesibilidad a las aplicaciones fotogramétricas.

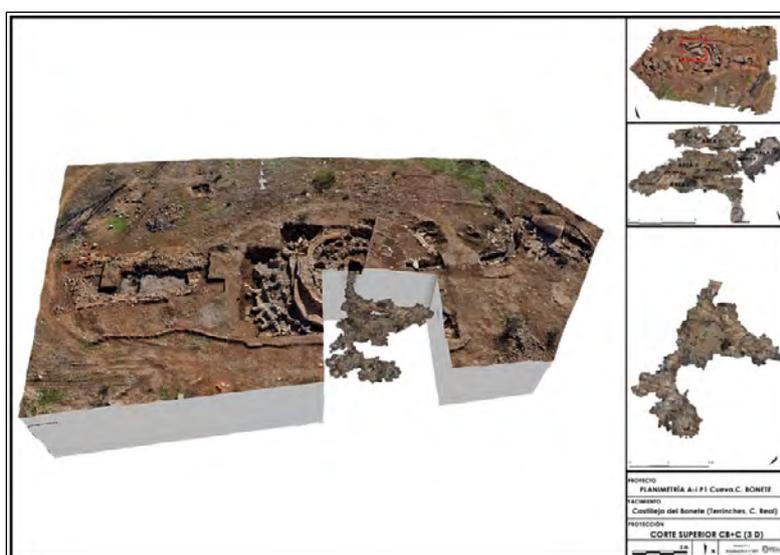


Fig. 4. Modelos tridimensionales de las plantas externas e internas de Castillejo del Bonete con fotogrametría de múltiples imágenes por solapamiento y georreferenciación de puntos base. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

Las técnicas fotogramétricas posibilitan la reproducción tridimensional de un objeto, estructura o conjunto de ellas a partir de la realización de capturas fotográficas. Se trata a rasgos generales de una técnica formulada en los años sesenta por Bonneval (1972) en el contexto

específico de la Fotogrametría analógica aérea estereoscópica, que ha evolucionado hacia el contexto patrimonial y que alcanza ya todos los ámbitos científicos de documentación gráfica bajo los preceptos de documentar geoméricamente un elemento patrimonial concreto en su forma, aspecto y contexto espacio-temporal.

La técnica o técnicas por las que se alcanza el proceso de captación de la geometría del bien patrimonial suponen en sí un testigo del estado de conservación en el momento de la captura, que posibilita la parametrización de los objetos y bienes en su métrica, suponiendo este primer documento la base de acumulación y agregación de datos para el futuro de la investigación particularizada del objeto o edificio-yacimiento. Esta técnica conlleva el conocimiento concreto del artefacto a través de su geometría, estructura y textura, permitiendo correlacionar futuros trabajos, interactuar con otros modelos de similar naturaleza o contextualizar la información específica del bien-objeto en su forma tridimensional. Todo ello sin soslayar el incalculable valor de parametrización que se obtiene con una cartografía 2D cuyo mínimo grado de error y un alto nivel de precisión, podrá ser utilizada para la generación de soportes multimedia dedicados a la interpretación y puesta en valor, e incluso con efectos de reproducción en soportes diversos (impresión 3D).

EL PROYECTO FOTOGRAMÉTRICO DE CASTILLEJO DEL BONETE

Para el proyecto fotogramétrico de Castillejo del Bonete, se adoptó la solución de Fotogrametría a partir de múltiples imágenes superpuestas y justificándose por las precisiones que se obtuvieron en modelos precedentes practicados -por uno de nosotros- en otros yacimientos cercanos entre los años 2013-2014, *Libisosa* (Lezuza, Albacete) y *Laminium* (Alhambra, Ciudad Real). En Castillejo del Bonete hubo que generar dos tipos de configuraciones que debían de adaptarse a las condiciones lumínicas de los diferentes ambientes a documentar: planta externa (túmulos), la captación de imágenes fue realizada con pértiga, cámara Smart de óptica fija y luz natural día a 5000°K. Por otro lado, en los ambientes del interior de la cueva (planta interna) se adoptó una configuración de cámara réflex con óptica variable que fue montada sobre anillo de luz de leds a 5500° K y sin utilización de trípode. Una de las dificultades añadidas al proyecto fotogramétrico del interior de la cueva, fue completa la ausencia de iluminación natural por lo que hubo que emular las condiciones lumínicas con luz artificial día a 5500° K al objeto de obtener una iluminación homogénea en todos modelos los fotogramétricos que se realizaron en el interior (fig. 5).

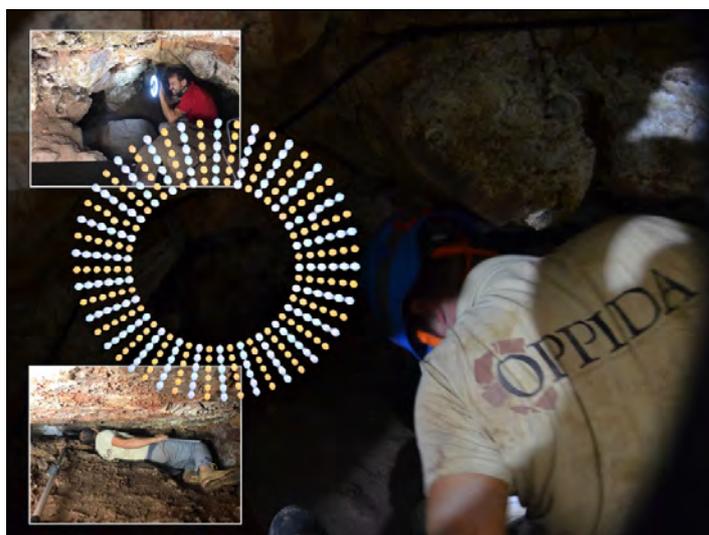


Fig. 5. Condiciones de trabajo en el interior de la cueva de Castillejo del Bonete. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

Con las capturas cenitales de la planta exterior del yacimiento (túmulos) y las multiposicionales del interior de la cueva, se obtuvieron imágenes suficientes y redundadas con las que se construyeron proyectos homogéneos con vistas orientadas en bloque y dónde la detección de un elevado nivel de solapamiento posibilitó la corrección de las deformaciones intrínsecas de las lentes ópticas de las cámaras empleadas. Con ello se obtuvieron geometrías sin deformación y adecuadas para su utilización en la documentación arqueológica de precisión en 2D y 3D, en la ilustrativa para la difusión científica y en la interpretativa de realidad virtual. Esta técnica de solape redundado en las capturas, optimiza el control de la geometría y precisión del modelo que se ve elevada cuando se incorpora información topográfica. En este sentido es necesario destacar el proceso de georreferenciación subcentimétrica realizado en 2015 mediante un equipo GNSS que posibilitó la reducción del nivel de error a un nivel mínimo. Para la planta externa se utilizó una unidad TOPCOM GR-5 en configuración RTK y cuya base posicional se instaló en el vértice geodésico de la Red Regente del IGME nº 83974 ubicado en el Cerro Yesero del término municipal de Puebla del Príncipe. En esta posición se fijaron las coordenadas en ETRS 89 HUSO 30 (X 505001,648; Y 4269663,846; Z 983,785 m), que sirvieron de referencia para las medidas posicionales de los 11 puntos tomados en la planta externa y que servirían para la georreferenciación de los modelos tridimensionales del yacimiento en su conjunto (fig. 6).



Fig. 6. Proceso de georreferenciación de los túmulos y cueva de Castillejo del Bonete. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

Por lo que respecta a la topografía llevada a cabo en el interior de la cueva, fue realizada con el empleo de una estación total que se apoyó en la información cartográfica realizada en la planta externa. En el interior de la cueva se instaló una red de 30 puntos que servirían para la georreferenciación de todo el complejo subterráneo.

Uno de los aspectos más importantes de este proyecto fotogramétrico es la naturaleza de la estructura física dedicada al procesado de las imágenes. Nos referimos con ello al hardware de

la estación de trabajo, que posibilitó la ingesta de información gráfica y cuya capacidad debió de estar adecuadamente dimensionada al volumen de trabajo que nos propusimos realizar. En el caso de fotogrametría de múltiples imágenes por solapamiento, la calidad de los procesadores y del equipo fue determinante, ya que utilizamos una alta tasa en la redundancia de capturas, sobre todo por las dificultades añadidas de la realización de modelos tridimensionales inmersivos de la cueva, lo que nos aleja de una simple planta cenital y obliga a planificar siempre en 3D y con perspectiva multiposicional de la cámara en el momento de realizar las capturas (Tabla 1).

La elección del equipamiento informático lo suficientemente dimensionado para las tareas del proceso constituyó una cuestión primordial. En Castillejo del Bonete se optó por una plataforma basada en Apple cuya solución de arquitectura de red y sistema de procesamiento posibilitaría el flujo de datos óptimo a las necesidades que el proyecto tendría en su conjunto. Por lo que respecta al software de creación del modelo fotogramétrico se utilizó una solución presente en el mercado y de no muy alto coste. En la actualidad existen versiones en software libre que garantizan el éxito de los modelos fotogramétricos propuestos. No obstante, por cuestiones operativas, se optó por una solución comercial.

1.1. Topografía

Tipo	Modelo	GNSS	Precisión (RMS)	Comunicación	Seguimiento
GNSS	TOPCOM GR5	GPS GLONASS Galileo	RTK : 5 mm. Estática: 3 mm.	Multicanal (226)	Satélite+GSM
Estación Total	SPECTRA Focus 30	GPS Local	2-3 mm.	Radio Modem 2.4 Ghz.	Rastreo Láser EDM

1.2. Cámaras fotográficas

Tipo	Modelo	Formato	Tipo de Sensor/ resolución	Tamaño Sensor (mm)	Tamaño Pixel (micrómetros)
Réflex	Nikon D7000	DX	CMOS/16 Mp.	23,6 mm x 15,6 mm.	16.2 Mp.
Smartshop	SONYDS-CQX100	1"	CMOS/20,2 Mp.	13,2 x 8,8 mm.	20.2 Mp.

1.3. Estación de proceso

Tipo	Modelo	Sistema Operativo	RAM	Procesador	Tarjeta Gráfica
PC	MAC PRO 2013	MacOS MOJAVE V.10.14.2	16 GB (4 x 4 GB) de memoria ECC DDR3 a 1.866 MHz	12-Core Intel Xeon E5	Dos GPU FirePro D700 de AMD con 2 GB de VRAM GDDR5

1.4. Aplicaciones

Tipo	Software	Versión	Fabricante
Aplicación	Argisoft PhotoScan Professional	V. 1.2.6 Build (64 bits) 2016 2.14.0-Essen	Argisoft LLC
Aplicación	Quantum GIS		Código abierto

Tabla 1. Medios técnicos utilizados para el levantamiento fotogramétrico en Castillejo del Bonete. 1.1. Topografía. 1.2 Captura fotográfica. 1.3 Estación de proceso. 1.4 Software. José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

En la parte referente al software de tratamiento bidimensional de la información, nos decantamos por la solución de Quantum GIS como aplicación de bajo coste y muy efectiva. Esta elección permitió el estudio y parametrización de las plantas mediante funciones como la proyección de volar, panel de vista, la capacidad de establecer marcadores e identificar sus características mediante etiquetados, así como la capacidad de superponer las orto imágenes en sucesivas capas de diagramas vectorizados que añaden información topográfica, de análisis del terreno, de la trama, de la malla y en general por constituir una herramienta básica en la interpretación de las plantas fotogramétricas con soluciones para la digitalización de GRASS y formatos shapefile, conversión de formatos GPS a GPX que facilitan la ejecución de tareas en el campo del álgebra de mapas, el análisis del terreno, la realización de modelos hidrológicos, análisis de redes con pleno control de las capas, atributos, planos y sistemas de coordenadas.

Los trabajos desarrollados en las diferentes áreas y sectores de los túmulos y cueva de Castillejo del Bonete, han sido autorizados en las órdenes de ayudas y subvenciones para la investigación en el Patrimonio arqueológico y paleontológico de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, lo que ha posibilitado la planificación en el medio plazo de todas las tareas necesarias a la obtención de la planimetría 3D del yacimiento.

PLANTA EXTERNA DE LOS TÚMULOS

El proyecto fotogramétrico de Castillejo del Bonete dio comienzo en 2014 con la obtención de 1196 capturas fotográficas realizadas en una sola sesión, estas capturas se efectuaron con luz día a una temperatura color media entre los 5000-5500 ° K, obtenidas entre las 12:00 h-14:00 h. Las capturas se realizaron con cámara SmartShop montada en pértiga de aluminio a 3,5 m de altura y cuyo ángulo de visión se situó en torno a los 90° con respecto al eje de la pértiga. Para este proyecto se realizó la proyección íntegra del conjunto de vistas obtenidas, generándose con la orientación de las cámaras una nube de puntos primaria de 5.881.231 puntos en la configuración de máxima resolución. Para llegar a este nivel de resolución se configuró la orientación primaria de las cámaras con un valor de 100.000 puntos clave por fotografía. El baremo de puntos de enlace fue de 40.000 puntos por fotografía. Estos valores posibilitaron la obtención de los puntos de apoyo suficientes para la creación de las orientaciones precisas en la generación de una nube de puntos secundaria (densa), que alcanzó los 32.400.887 puntos en el nivel de calidad medio y con un filtro de profundidad “moderado”. El nivel de precisión obtenido permitió generar una malla poligonal compleja de 2.003.381 vértices, que se correspondieron con 3.999.999 caras poligonales. La textura fue creada con un nivel de mapeado de tipo genérico en modo de mezcla a mosaico y cuyo ratio en el tamaño de la textura fue de 32240 x1 (fig. 7).

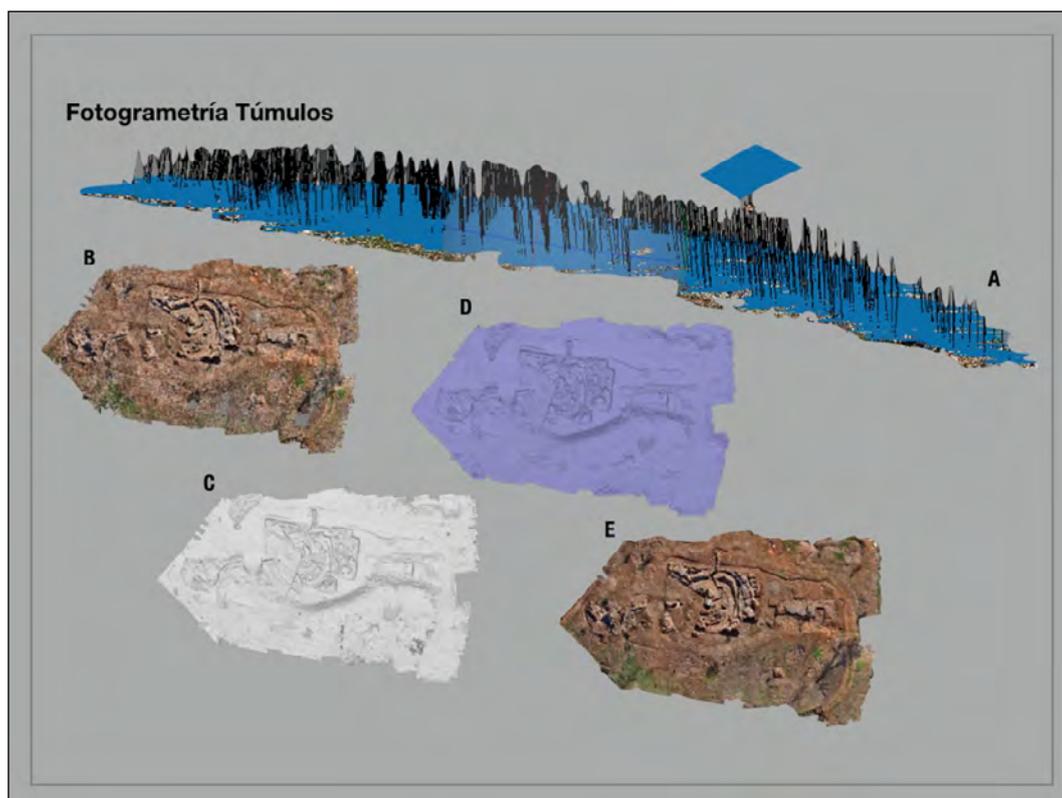


Fig. 7. Proceso de generación fotogramétrica del modelo tridimensional de la planta externa del yacimiento. A. Orientación de las capturas. B. Nube de puntos secundaria o densa. C. Modelo digital del terreno. D. Malla poligonal. E. Modelo texturizado. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

FOTOGRAMETRÍA DE LA CUEVA DE CASTILLEJO DEL BONETE

El proyecto fotogramétrico de la cueva de Castillejo del Bonete dio comienzo en 2016, cuando se realizó el primer proyecto de intervención en el interior de la cueva. Se trataba de contar con un modelo básico que posibilitase la obtención de una imagen nítida del estado de la cueva antes de su intervención global, la creación de la topografía de detalle, el establecimiento de una nueva nomenclatura que definiera áreas (corredores y galerías), sectores (espacios caracterizados en el interior de las galerías y corredores), el correcto posicionamiento de la cueva con respecto a las estructuras superiores y la exacta parametrización del área de extensión, los desniveles y alturas, así como el posicionamiento tridimensional de los objetos que podrían hallarse durante el proceso de excavación (fig. 8).

Se establecieron 4 áreas en el interior de la cueva con los siguientes datos fotogramétricos:

- Área I. Corredor de acceso (Galería I) y Sector 1: 1494 fotografías, 9.548.675 puntos y 5.423.982 vértices. Excavada entre los años 2011-2012, su seguimiento documental se realizó por el método tradicional.
- Área II. Corredor de descenso (Galería II) y Sector 2: 2069 fotografías, 12.674.321 puntos y 9.128.381 vértices. Seguimiento fotogramétrico de la excavación en 2018.
- Área III. Corredor de acceso (Galería III) y Sector 3: 1508 fotografías, 7.477.698 puntos y 8.239.110 vértices. Seguimiento fotogramétrico de la excavación en 2016 y 2017.
- Área IV. Corredor de acceso (Galería IV) y Sector 4: 1868 fotografías, 5.032.000 puntos y 3.856.950 vértices. Seguimiento fotogramétrico de la excavación en 2017 y 2018.

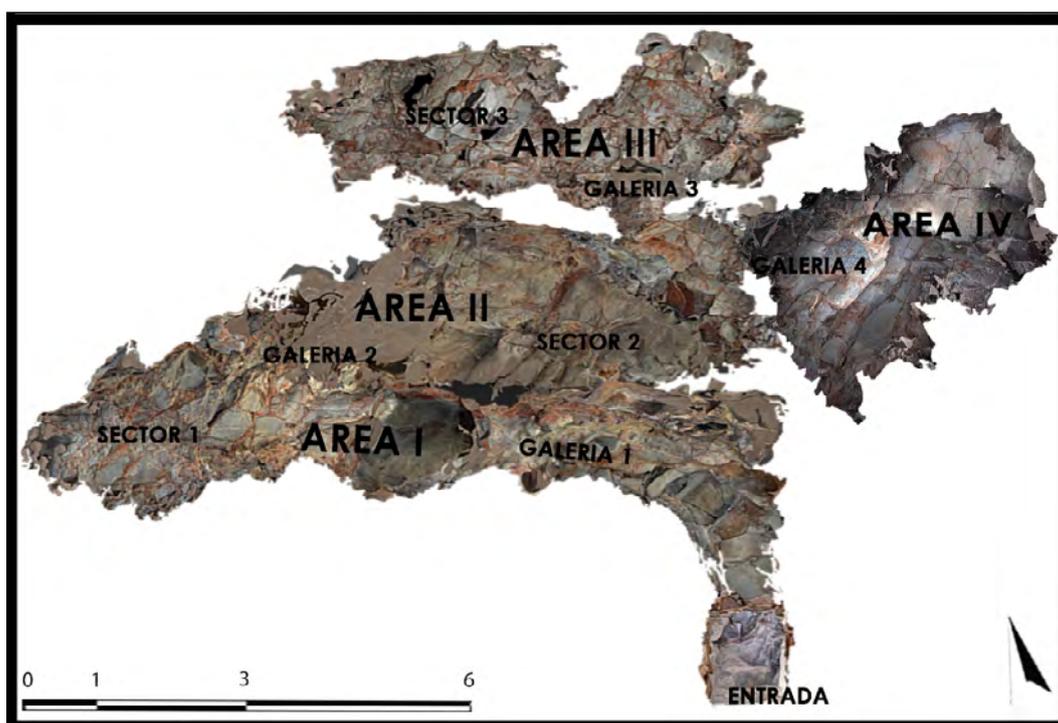


Fig. 8. Planimetría cenital a partir del modelo fotogramétrico texturizado con definición de las áreas y sectores de la cueva. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

Dado el enorme volumen de datos que conforman los proyectos fotogramétricos de las cuatro áreas en las que se compartimentó la cueva, se optó por realizar una reducción del número de vértices de cada uno de los proyectos al objeto de posibilitar la fusión de todos ellos en un solo modelo. Esta acción se realizó gracias al nivel de georreferenciación subcentimétrico dado individualmente a cada uno de los modelos, lo que posibilitó la fusión de los mismos y la posibilidad de contar con un modelo global que permitiese el análisis tridimensional de la cavidad al completo. Esta nueva visual facilitó nuestra tarea en la comprensión de aspectos fundamentales relacionados con el proceso geológico de formación de la cavidad, las acciones antrópicas que afectan a su estructura, la actividad antrópica como cueva de uso funerario, el proceso de sellado y colmatación de sus niveles arqueológicos, así como la acción científica desarrollada en el proceso de excavación arqueológica al que fue sometido el yacimiento desde 2013 a 2018 (fig. 9).

Durante los años 2016, 2017 y 2018 toda la documentación realizada en la cueva ha sido de carácter tridimensional, una documentación que ha posibilitado la realización de columnas fotogramétricas de las plantas, modelos interpretativos en 3D, secciones fotogramétricas y tridimensionales no solo de las estructuras, sino también de las situaciones contextuales y los hallazgos materiales realizados en ella.

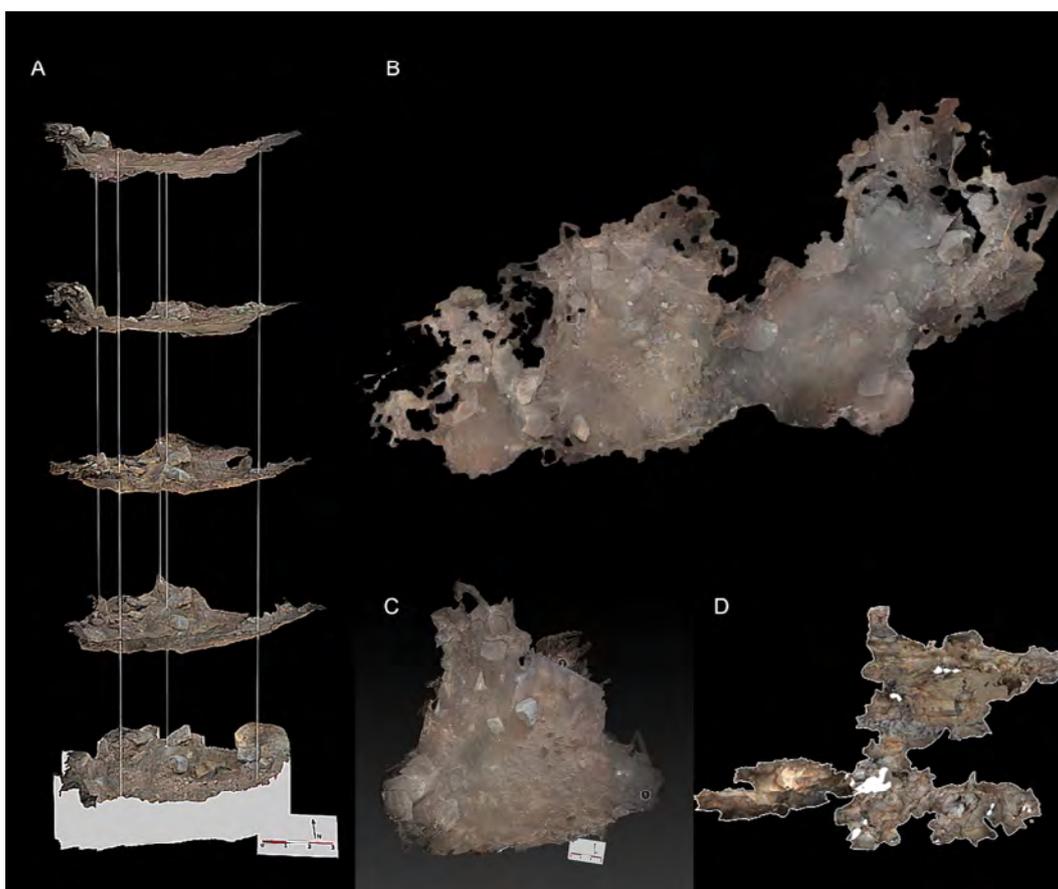


Fig. 9. A Modelo de columna fotogramétrica. B Planta texturizada del AIII antes de su excavación. C Planta 1 de CB16AIIIS3.3. Perfil texturizado de la cueva de Castillejo del Bonete. Fuente: José Luis Fuentes Sánchez/OPPIDA.

HACIA EL BIG DATA DE LA EDAD DEL BRONCE

En términos generales podemos resumir que la experiencia en el empleo de la técnica fotogramétrica en Castillejo del Bonete ha supuesto toda una revolución tecnológica que ha permitido documentar con un alto nivel de detalle la cueva y los túmulos externos. Particularmente en la cueva, se han extraído infinidad de datos que aún hoy se están procesando y que requerirán de tiempo y de capacidad tecnológica para la comprensión de la diversa y precisa información que posibilita este tipo de registro. No somos aún conscientes de las enormes posibilidades de interpretación que para la actual generación de arqueólogos se abre con este tipo de registro. Estamos hablando de un nuevo concepto en el que la fotogrametría como técnica da paso a la fotogrametría como Ciencia, como instrumento autónomo para observar, analizar, gestionar y reproducir con una nueva arquitectura de datos la realidad captada, mediante la generación de otro tipo de realidad post-analítica de alta precisión e inmersiva.

Los datos fotogramétricos obtenidos en Castillejo del Bonete serán en el futuro una nueva fuente de conocimiento de amplio espectro debido a las múltiples aplicaciones que ya utilizan información fotogramétrica y visual 3D para sus bases de datos. Este tipo de fotogrametría post-analítica constituirá otro nivel de desarrollo y posibilitará en el futuro crecer en la parametrización de todos y cada uno de los elementos que se encuentran recogidos en nuestros modelos actuales y que va mucho más allá de lo que actualmente somos capaces de hacer con esta técnica, mediante el proceso de observación humano. La inteligencia artificial tendrá

mucho que ver en este procedimiento. El estudio comparado con otros yacimientos similares a Castillejo del Bonete sobre los patrones de disposición de los artefactos y ecofactos, de los patrones de ocupación de las galerías, de los movimientos de volúmenes en el interior de la cueva, de los modos, tipos y formas de construcción, de los procesos de sellado de los espacios funerarios, de la reutilización de los mismos, de la deposición de objetos, de la extracción de los restos óseos o de la orientación de las inhumaciones. En suma, el análisis de este tipo de datos posibilitará la comparación con otros yacimientos de similares contextos a niveles de detalle nunca alcanzados hasta el momento. En definitiva, la fotogrametría nos adelanta en un nuevo campo post-analítico de la misma al que deberemos concurrir necesariamente y que contribuirá a la verdadera amortización científica de los recursos empleados hoy en esta técnica.

AGRADECIMIENTOS

La Viceconsejería de Educación, Cultura y Deportes de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, el Ayuntamiento de Terrinches, E2IN2, Anthropos s.l. y Oppida Investigación, Arqueología y Patrimonio han financiado las investigaciones en Castillejo del Bonete. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto I+D REDISCO (HAR2017-88035-P).

BIBLIOGRAFÍA

- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., ÁLVAREZ, H.J., FERNÁNDEZ, S., MATA, E., MORALEDA, J., MORGADO, A., PALOMARES, N., ODRIOZOLA, C., MORGADO, A., y SALAZAR-GARCÍA, D.C. (2014a): «Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real): complejo tumular prehistórico de la Cultura de las Motillas en el Alto Guadalquivir», en *Menga, Revista de Prehistoria de Andalucía*, nº 5, pp. 151-174.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., MEJÍAS, M., LÓPEZ, J., ÁLVAREZ, H.J., PALOMARES, N., MATA, E., MORALEDA, J., MENCHÉN, G., FERNÁNDEZ, S., SALAZAR-GARCÍA, D.C., ODRIOZOLA, C., BENITO, M., y LÓPEZ, J.A. (2014b): «Aportaciones hidrogeológicas al estudio arqueológico de los orígenes del Bronce de La Mancha: la cueva monumentalizada de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real-España)», en *Trabajos de Prehistoria*, vol. 71(1), pp. 76-94. Doi: 10.3989/tp.2014.12125.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., ÁLVAREZ, H.J., PALOMARES, N., MATA, E., y MORALEDA, J. (2014-2015): «Investigación y gestión de un complejo monumental prehistórico en el borde meridional de la Meseta: Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real). Quince años de intervenciones arqueológicas (2003-2015)», en *Arse*, nº 48-49, pp. 173-218.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., SCHUHMACHER, T.X., PALOMARES, N., ÁLVAREZ, H.J., MATA TRUJILLO, E., MORALEDA, J., MENCHÉN, G., y SALAZAR-GARCÍA, D.C. (2015a): «Marfil para los muertos en la Cultura de las Motillas: los botones de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real)», en *Madrider Mitteilungen*, nº 56, pp. 40-61.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., PALOMARES, N., ÁLVAREZ, H.J., BARROSO BERMEJO, R., BENITO, M., HUGUES BLAIN, BUENO RAMÍREZ, P., DE BALBÍN, FERNÁNDEZ MARTÍN, S., LÓPEZ, J.A., GALINDO, M.A., GARRIDO, M.A., LAPLANA, C., MATA, E., MENCHÉN, G., MONTERO, I., MORALEDA S, J., MORGADO, A., ODRIOZOLA, C., POLO, E., RUIZ, M., SEVILLA, P., SCHUHMACHER, T.X., y SALAZAR-GARCÍA, D.C. (2015b): «Paleoecología y cultura material en el complejo tumular prehistórico de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real)», en *Menga, Revista de Prehistoria de Andalucía*, nº 6, pp. 112-140.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., y ESTEBAN, C. (2018): «Arquitecturas simbólicas orientadas astronómicamente durante el Calcolítico y la Edad del Bronce en el sur de la Meseta», en *Spal* 27(1), pp. 61-87. Doi: <http://dx.doi.org/10.12795/spal.2018i27.03>.

- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L. (2018): «Rituales funerarios neolíticos, calcolíticos y de la Edad del Bronce en la provincia de Ciudad Real: Cerro Ortega (Villanueva de la Fuente) y Castillejo del Bonete (Terrinches)», en *Anejos Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, nº 3, pp. 153-168. <http://dx.doi.org/10.15366/ane3.rubio2018.011>.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., GALINDO PELLICENA, M^a., LAPLANA CONESA, C., PALOMARES ZUMAJO, N., FUENTES SÁNCHEZ, J.L., PÉREZ ROMERO, A., SALAZAR GARCÍA, A. (2020): «Fauna e industria en materia dura de origen animal del lugar sagrado de la Cultura de las Motillas: Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real)», en *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, nº 46, pp. 45-77. Doi: <https://doi.org/10.15366/cupauam2020.46.002>.
1. BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L. (2022): "Arqueología y poblamiento en la periferia de los Montes de Toledo: La Mancha". En: Luelmo-Lautenschlaeger, R., PÉREZ DÍAZ, S. y LÓPEZ SÁEZ, J.A. (Eds.). *Montes de Toledo. Arqueología y Paleoambiente*. Editorial Cuarto Centenario, Toledo.
- BONNEVAL, H. (1972): *Photogrammétrie générale. 1. Enregistrement photographique des gerbes perspectives*. Eyrolles.
- INSTITUTO ANDALUZ DE PATRIMONIO (2011): *Recomendaciones técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales*. Recuperado de https://www.iaph.es/web/portal/actualidad/contenido/111222_recomendaciones_tecnicas.html

De vuelta a (y a vueltas con) la interpretación y presentación patrimonial

LEGATUM 2.0. Musealización y puesta en valor del Patrimonio Cultural

Editores:

Jorge Onrubia Pintado, Víctor Manuel López-Menchero Bendicho
David Rodríguez González, Francisco Javier Morales Hervás



Ediciones de la Universidad
de Castilla-La Mancha

**DE VUELTA A (Y A VUELTAS CON) LA
INTERPRETACIÓN Y PRESENTACIÓN
PATRIMONIAL**

**LEGATUM 2.0. Musealización y puesta en valor del
Patrimonio Cultural**

**II Congreso Internacional. 16, 17, 18 y 19 de octubre de 2018
Daimiel. Ciudad Real**

**DE VUELTA A (Y A VUELTAS CON) LA
INTERPRETACIÓN Y PRESENTACIÓN
PATRIMONIAL**

**LEGATUM 2.0. Musealización y puesta en valor del
Patrimonio Cultural**

**II Congreso Internacional. 16, 17, 18 y 19 de octubre de 2018
Daimiel. Ciudad Real**

Editores

Jorge Onrubia Pintado

Víctor Manuel López-Menchero Bendicho

David Rodríguez González

Francisco Javier Morales Hervás



Ediciones de la Universidad
de Castilla-La Mancha

Cuenca, 2022

El procedimiento de selección de originales se ajusta a los criterios específicos del campo 10 de la CNEAI para los sexenios de investigación, en el que se indica que la admisión de los trabajos publicados en las actas de congresos deben responder a criterios de calidad equivalentes a los exigidos para las revistas científicas.

© de los textos e ilustraciones: sus autores
© de la edición: Universidad de Castilla-La Mancha

Edita: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Colección JORNADAS Y CONGRESOS n.º 38



UNIÓN DE
EDITORIALES
UNIVERSITARIAS
ESPAÑOLAS

Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

ISSN: 2697-049X
I.S.B.N.: 978-84-9044-512-9

D.O.I.: https://doi.org/10.18239/jornadas_2022.38.00

Composición: Compobell
Hecho en España (U.E.) – *Made in Spain (E.U.)*



Esta obra se encuentra bajo una licencia internacional Creative Commons CC BY 4.0. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra no incluida en la licencia Creative Commons CC BY 4.0 solo puede ser realizada con la autorización expresa de los titulares, salvo excepción prevista por la ley. Puede Vd. acceder al texto completo de la licencia en este enlace: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

ÍNDICE

Presentación	11
<i>Leopoldo Sierra Gallardo</i>	
Introducción	13
<i>Jorge Onrubia Pintado, Víctor Manuel López-Menchero Bendicho, David Rodríguez González y Francisco Javier Morales Hervás</i>	
NUEVAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL	
Investigar, conservar y difundir para recuperar, conocer y disfrutar. La vila medieval del Conjunt Patrimonial del Castell de Castalla (Alicante, España)	17
<i>Juan Antonio Mira Rico, José Ramón Ortega Pérez, Màrius Bevià i Garcia y Jaime Manuel Giner Martínez</i>	
Adobes experimentales para la conservación de estructuras en el yacimiento íbero de “El Cerro de las Cabezas” (Valdepeñas, Ciudad Real)	27
<i>Miguel Carmona Astillero</i>	
Fotogrametría en los túmulos y cueva de la Cultura de las Motillas: Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real)	37
<i>Luis Benítez de Lugo Enrich y José Luis Fuentes Sánchez</i>	
Patrimonio subterráneo: el silencio roto de las cuevas de Valdepeñas (Ciudad Real) . .	51
<i>Domínguez Fernández Maroto, Tonka Ivanova Angelova y Ana María Medina Pérez</i>	
Patrimonio y patrimonios. Fotografía histórica en el Centro de Estudios de Castilla-La Mancha.	63
<i>Julia Martínez Cano</i>	
Patrimonio cultural ligado al Quijote, alternativas de futuro para la Venta de Borondo.	71
<i>David Cejudo Loro y Julio Orellana López de la Franca</i>	
Nuestra Señora del Rosario. El olvido de la historia	81
<i>Isidro Gregorio Hidalgo Herreros</i>	

Implementação do uso do SIG nos cursos de conservação e restauro: caso de estudo . 91
Liliana Cardeira y Ana Bailão

Os painéis azulejares presentes no alpendre do Mosteiro de S. Dinis, em Odivelas
 – identificação de proveniências 101
Anabela Cardeira Arranja y Alice Nogueira Alves

MUSEOS CULTURALES

De la poética a la política, de la teoría a la práctica. Discursos y narrativas críticas
 en el renovado Museo Diocesano Catedralicio de Lugo 113
Carolina Casal Chico

Las estrategias de comunicación digital en los museos: ¿una cuestión cultural?. 123
Adriana Hurtado Jarandilla

La exposición “De loza y cristal: vida, arte e industria en el Palacio Aguirre”: un
 ejemplo de gestión pública del patrimonio en el actual sistema público de museos . . . 133
Natalia Grau García

Economía de la cultura y turismo: métodos aplicables al estudio de museos 143
Alicia Orea-Giner, Carmen de Pablos-Heredero y Trinidad Vacas-Guerrero

¿Hacer...y aprender? Propuesta de evaluación de talleres y actividades de experi-
 mentación en arqueología prehistórica en museos y centros patrimoniales 151
Laura Pinto Font

El cine dentro del museo. Conservación y exposición del patrimonio artístico cine-
 matográfico. 161
Mikel Rotaeché González de Ubieta

Conservación preventiva de los fondos textiles del Museo Nacional del Teatro: per-
 vivencia material de la memoria escénica. 173
Raquel Racionero Núñez

RUTAS TURÍSTICAS, ITINERARIOS CULTURALES Y REDES TERRI- TORIALES

Visualizando lo invisible: Orígenes, App para explorar el territorio mediante rutas y
 exposiciones dinámicas 181
*Susana Vega Bolívar, Aníbal Nevado Martínez de la Casa, Laura Pinto Font, Jeza-
 bel Pizarro Barberà, Rafael Mora Torcal, Paloma González Marcén, Jorge Martínez
 Moreno y Clara Masriera Esquerra*

Itinerario cultural: la Historia Moderna de Valdepeñas a través de su arquitectura
 doméstica. 189
Eva M^a Jesús Morales

Les Fogueres de Sant Joan: de producto turístico a patrimonio cultural 199
María-Teresa Riquelme-Quinonero

Las tablas de Las Tablas 209
Mariano José García Consuegra

EDUCACIÓN PATRIMONIAL

Pequeños Arqueólogos: programa didáctico “Arqueocerámica. La historia de la cerámica de Talavera de la Reina en el Museo Ruiz de Luna”	221
<i>Rubén Pérez López, Silvia del Mazo Fernández y Francisco José Rufián Fernández</i>	
Pequeños Arqueólogos: didáctica, divulgación y difusión del patrimonio histórico-arqueológico del reino visigodo de Toledo	229
<i>Rubén Pérez López, Silvia del Mazo Fernández, Francisco José Rufián Fernández y Jesús Sánchez Daimiel</i>	
Almagro, la excusa y Almágora, el ejemplo	239
<i>Isidro Gregorio Hidalgo Herreros, María Elena Bautista Fernández, Elena Bautista Ureña, José Enrique López López y Miguel Barba Bautista</i>	
Valdemoro: de campo de tiro a campo de batalla. Proyecto de ocio alternativo o trabajo voluntario para jóvenes	249
<i>Lourdes Almendros Zaragoza</i>	
Acercando el pasado. Actividades y talleres realizados por la Asociación Cultural Orígenes Cadalso.	257
<i>Miguel Pedrero Naranjo</i>	
Enseñanza y <i>Public History</i> . Alicante frente a Louis-Pierre Montbrun en la Guerra de Independencia.	263
<i>Juan Ramón Moreno-Vera y Rafael Zurita Aldeguer</i>	
Estudio de público en un centro de interpretación en Cuba: el proyecto del Palacio del Segundo Cabo	271
<i>Yenny Hernández Valdés</i>	

MUSEALIZACIÓN, DIVULGACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO

Los yacimientos arqueológicos y sus posibilidades como recursos turísticos potenciales. El caso de la Motilla del Azuer en Castilla-La Mancha	283
<i>Miguel Torres Mas/David Rodríguez González</i>	
Proyectos de rehabilitación y revalorización de recursos patrimoniales en Daimiel (Ciudad Real)	293
<i>Miguel Torres Mas/M^a Isabel Angulo Bujanda</i>	
Un patrimonio en el olvido: el conjunto minero “El Berrueco”, Medina-Sidonia (Cádiz). Una propuesta de puesta en valor y musealización.	305
<i>Noelia Flores-Ortiz, Mercedes Molina-Liñán, Rosario Hernández Castro y Bárbara Espinosa Gavilán</i>	
Sensibilización Acústica, una apuesta por el Patrimonio.	317
<i>Juan Manuel Caballero Suárez</i>	
La gestión del marketing estratégico en los yacimientos arqueológicos musealizados .	323
<i>Luis Walias Rivera</i>	
Plan Integral de Recuperación del Patrimonio Etnográfico de Iruecha (Arcos del Jalón, Soria): el agua como bien común.	333
<i>Marta Chordá Pérez, Álvaro Sánchez Climent, Rafael Marco Lope y Eduardo Corrochano Labrador</i>	

Un ejemplo de Geología y Paleontología urbana: El Rally Paleontológico de Alpuente	347
<i>Maite Suñer, Alexandre Sepúlveda, Cristina Albir, Arturo Gamonal y Paula Piñango</i>	
A digital, <i>in-situ</i> experience at the roman town of Carnuntum	357
<i>Juan Torrejón Valdelomar</i>	
Reconstrucción virtual-reconstrucción material: a propósito de Calatrava la Nueva . .	369
<i>Juan Zapata Alarcón y Pablo Fernández Ruiz</i>	