

Aplicaciones digitales a los materiales arqueológicos: materias, útiles y herramientas empleados en la arquitectura de la Edad del Hierro

Digital Applications to Archaeological Remains: Materials, implements and tools used in Iron Age architecture

JUAN FRANCISCO BLANCO GARCÍA

Departamento de Prehistoria y Arqueología
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Autónoma de Madrid
Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid
paco.blanco@uam.es
<http://orcid.org/0000-0001-9950-7749>

LUCÍA RUANO

Departamento de Prehistoria y Arqueología
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Autónoma de Madrid
Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid
l.ruanooposada@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-0966-9136>

Resumen

La aplicación de las nuevas tecnologías al análisis de los restos arqueológicos, en toda su diversidad, está suponiendo un salto cualitativo importante no solo en lo que a las tareas de investigación se refiere, sino también a la difusión y puesta en valor del patrimonio. En este capítulo vamos a abordar las posibilidades que ofrecen al investigador las técnicas tridimensionales en cuanto a la obtención de un mejor conocimiento de los materiales arqueológicos de la Edad del Hierro meseteña relacionados, directa o indirectamente, con la construcción. Para ello, y como paso previo obligado, haremos una recopilación de dichos materiales de estudio, reunidos en tres categorías: elementos de carácter estructural, elementos decorativos y, en tercer lugar, útiles y herramientas. En segundo lugar, realizaremos una descripción de las técnicas tridimensionales y los resultados que se pueden obtener de su aplicación a estos materiales.

Palabras clave: aplicaciones 3D, arquitectura, materiales arqueológicos, Edad del Hierro, Meseta, península ibérica

Abstract

The use of new technologies to analyse all kinds of archaeological remains entails a significant qualitative leap not only in terms of research projects, but also in the diffusion and enhancement of heritage. In this paper we look at the possibilities offered by 3D techniques to achieve a better understanding of the archaeological materials of the Iron Age in the Iberian Plateau that are directly or indirectly related to construction. In order to do so, and as a first step, we have collected data on these materials and grouped them into three categories: structural elements, decorative elements, and tools and instruments. This compilation comprises the first part of this paper; whereas the second section examines the diverse 3D techniques that can be used on these materials and the results that we can expect from this application.

Key words: 3D tools, Architecture, Archaeological remains, Iron Age, Iberian Plateau, Iberia.

1. Introducción

Teniendo en cuenta que en capítulos anteriores ya se ha efectuado un detallado análisis de los aspectos estructurales y espaciales de la arquitectura de la Edad del Hierro meseteña, aplicado concretamente al ámbito cultural de los vettones, nuestra intención es centrarnos ahora en aquellos elementos individuales que con una función arquitectónica están presentes en las edificaciones de la Edad del Hierro, tanto meseteñas como del alto Ebro (figura 1), así como en aquellos útiles y herramientas directa o indirectamente vinculados con el trabajo de la construcción. Empezando por los primeros, lo que tienen en común la mayor parte de los elementos que desfilarán por estas páginas es que antes de que pasaran a formar parte del inmueble —vivienda, almacén, horno alfarero o metalúrgico, muralla, etc.— se fabricaron como piezas individuales de carácter portátil, para trasladar a la obra, se encuentre esta en las cercanías o a cierta distancia. Nos estamos refiriendo, por tanto, a los adobes y adobas, los ladrillos cuando aquellos han sido cocidos intencionadamente, las pesas de barro para tensar las cuerdas que sujetan las techumbres leñosas al armazón de madera, las placas de barro cocidas para pavimentos y paredes, las soleras de cantos rodados o de fragmentos de recipientes cerámicos amortizados, las piedras quicialeras sobre las que giraban los espigones de las puertas de madera, las bisagras y algún que otro material más.

A diferencia de estos elementos, herramientas metálicas tales como martillos, tenazas, hachas, cincelos, cortafríos o cuñas, entre otras, tienen como denominador común el hecho de que en ningún caso son objetos específicos de las tareas constructivas, sino que también se les puede poner en relación con diversas actividades productivas, tales como la carpintería, la obtención de madera en los bosques así como la deforestación para ampliar los terrenos de cultivo, la extracción de minerales, la forja, la fabricación de contenedores de materia vegetal —canastos, cestos, etc.—.

Y aún nos quedaría una tercera categoría de objetos arqueológicos relacionados con la construcción, que serían los útiles y medios auxiliares, generalmente de madera —por lo que difícilmente se han conservado—, entre los que estarían incluidos las adoberas, las tablas para el cajado de grandes bloques constructivos de barro y tapiales, los mazos de madera que indudablemente debieron de tener y con los cuales se prensaría el barro de esos bloques y tapiales o se encajarían por golpeo las vigas y ramas gruesas de las techumbres, o las llanas, de las que tampoco tenemos el menor indicio directo pero que suponemos existirían a la vista de lo bien alisados que están los enlucidos de barro de las paredes interiores de las casas y de la horizontalidad y regularidad de muchos de los pavimentos de arcilla prensada que se han conservado. En el mismo caso que los anteriormente citados de falta de evidencias directas en el registro arqueológico se encontrarían las escaleras de madera, imprescindibles en la construcción y cuya mejor evidencia indirecta, señalada por diversos autores, la encontramos en las bodegas o sótanos de Numancia (Jimeno *et alii*, 2002: 96-97), Castiliterreño de Izana (Taracena, 1927: 7), La Hoya (Llanos, 1995: 308) o en la llamada *Casa del Sótano* de la vaccea *Rauda* (Abarquero Moras y Palomino Lázaro, 2012), habida cuenta que en ningún caso se han documentado accesos escalonados de fábrica o labrados en el propio sustrato geológico.

Con tan amplio repertorio como el apuntado, lo primero que haremos, y que constituirá la primera parte de este trabajo, será una recopilación del material de estudio en la que no nos limitaremos exclusivamente al ámbito territorial de ambas submesetas, sino que también abarcaremos algunos territorios vecinos que nos ofrecen datos de interés, como el alto Ebro navarro-riojano y alavés. Esto quiere decir que en nuestra tarea de reunir la información —que será intencionadamente selecta, más que exhaustiva—, y con el propósito de enriquecer el panorama presentado, habremos de considerar arquitecturas de los espacios vettón, vacceo, celtibérico, astur meridional, carpetano, lusitano oriental e incluso berón y vascón.

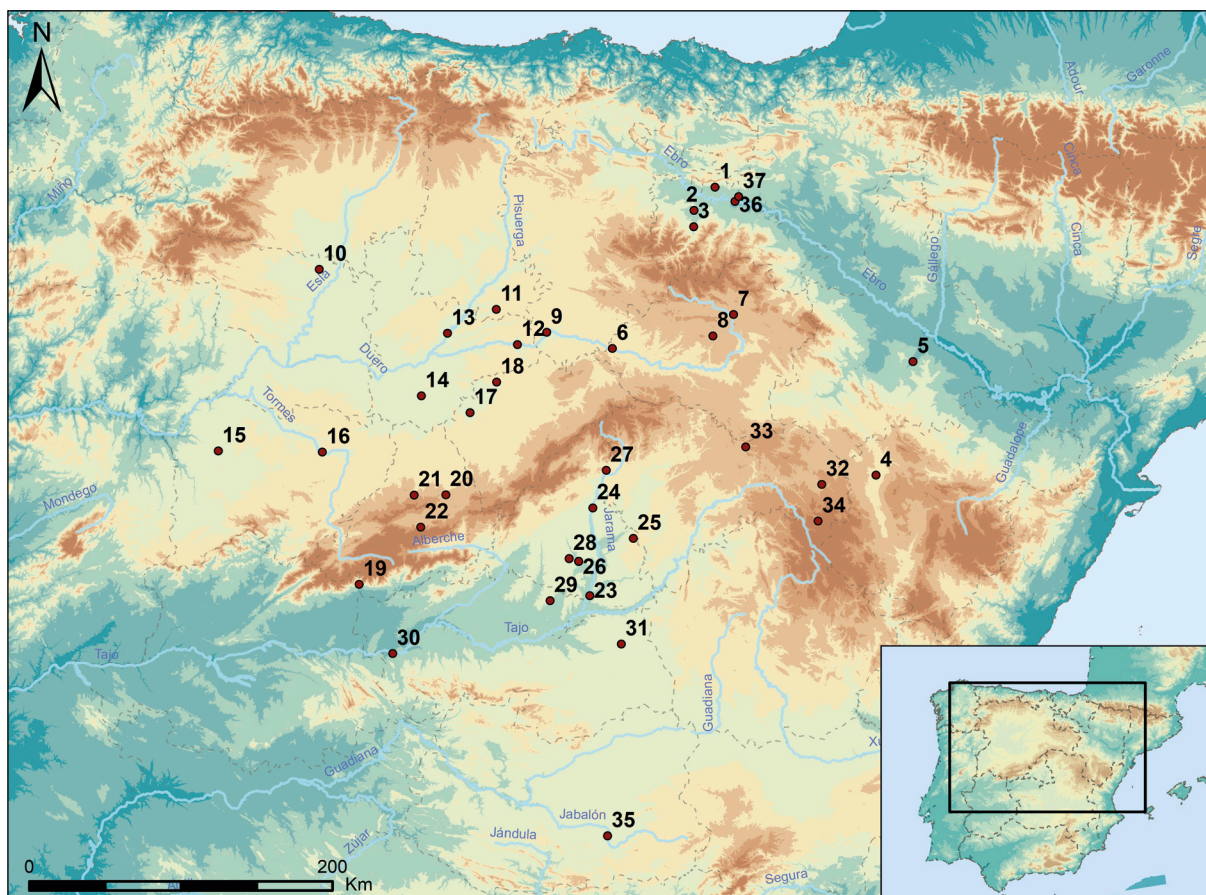


Figura 1. Mapa de los yacimientos meseteños y del alto Ebro considerados en el texto: 1. La Hoya (Laguardía, Álava); 2. Cerro Molino (Najera, La Rioja); 3. El Villar (Bobadilla, La Rioja); 4. La Caridad (Caminreal, Teruel); 5. Botorrita (Zaragoza); 6. *Segontia Lanka* (Langa de Duero, Soria); 7. Numancia (Garray, Soria); 8. Castiliterreño (Izana, Soria); 9. *Rauda* (Roa, Burgos); 10. La Corona (Manganeses de la Polvorosa, Zamora); 11. Vertavillo (Palencia); 12. *Pintia* (Peñafiel, Valladolid); 13. Soto de Medinilla (Valladolid); 14. La Mota (Medina del Campo, Valladolid); 15. Yecla la Vieja (Yecla de Yeltes, Salamanca); 16. Cerro de San Vicente (Salamanca); 17. *Cauca* (Coca, Segovia); 18. Cuellar (Segovia); 19. El Raso (Candeleda, Ávila); 20. Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila); 21. La Mesa de Miranda (Chamartín, Ávila); 22. *Ulaca* (Solosancho, Ávila); 23. Titulcia (Madrid); 24. Cerro Redondo (Fuente el Saz del Jarama, Madrid); 25. Llano de la Horca (Santorcaz, Madrid); 26. Cerro de La Gavia (Madrid); 27. La Dehesa de la Oliva (Patones, Madrid); 28. Cerro de la Mora (Leganés, Madrid); 29. El Cerrón (Illescas, Toledo); 30. Cerro de la Mesa (Alcolea de Tajo, Toledo); 31. Plaza de Moros (Villatobas, Toledo); 32. La Coronilla (Chera, Guadalajara); 33. Hocincavero (Anguita, Guadalajara); 34. Castil de Griegos (Checa, Guadalajara); 35. Cerro de las Cabezas (Valdepeñas, Ciudad Real); 36. Monte Cantabria (Logroño, La Rioja); 37. La Custodia (Viana, Navarra). © Lucía Ruano 2021

Figure 1. Map of the Meseta and upper Ebro sites discussed in the text. © Lucía Ruano 2021

En la segunda parte de este estudio nos centraremos en las posibilidades que ofrece la aplicación de diferentes herramientas 3D a estos materiales constructivos, así como a las herramientas y útiles relacionados. En los últimos años hemos asistido a un crecimiento exponencial en el uso de estas técnicas en las investigaciones arqueológicas de distintos contextos crono-culturales, que han llegado a convertirse en uno de los métodos de documentación del patrimonio más prometedores, incluso por encima del dibujo y de la fotografía arqueológica. La razón que nos permite entender el rápido desarrollo de estas técnicas es que gracias a ellas podemos obtener una copia digital exacta de artefactos, estructuras o superficies de intervención arqueológica de forma rápida y, aún más importante, mediante una metodología no invasiva y de bajo coste.

Las posibilidades que ofrecen estos modelos digitales son enormes, tanto para la investigación, como para la conservación y la divulgación del patrimonio arqueológico. Por un lado, frente a la fotografía, el dibujo o la reproducción experimental, nos permite obtener una copia exacta de la pieza estudiada en

sus tres dimensiones, que podremos manejar y manipular cómodamente. Con ello, conseguimos asegurar la conservación de la pieza frente a un posible deterioro, desaparición o destrucción del original, abriendo además la posibilidad de crear bases de datos o repositorios de piezas en abierto, al alcance de cualquier persona en cualquier lugar del mundo. Además, podemos volver a convertir esta información digital en un objeto físico a través de la impresión 3D de alta resolución, lo que ofrece enormes oportunidades para el análisis y la divulgación del patrimonio.

A esta última vertiente se suman las espléndidas reconstrucciones virtuales que son cada vez más habituales en museos y publicaciones, donde la realidad virtual va ganando cada vez más adeptos. En este sentido, las recreaciones de edificios protohistóricos son un recurso magnífico para dotar de vida al registro arqueológico y favorecer el entendimiento de los espacios y los artefactos prehistóricos en su contexto. No obstante, es muy habitual que en estas recreaciones no se les preste tanta atención a los elementos que aquí estudiamos. Así, es habitual encontrar recreaciones en las que, por ejemplo, no se cuida la forma en la que se ensamblan los armazones de madera, no se presentan las diferentes formas con las que pueden asegurarse las cubiertas vegetales o no se reflejan las diferentes piezas que configuran el sistema de giro de las puertas.

Por último —y en lo que vamos a centrar en este trabajo—, la existencia de copias digitales de las piezas arqueológicas nos brinda interesantes posibilidades a la hora de estudiar de forma científica estos artefactos. Como veremos en el tercer punto de este capítulo, gracias a estas herramientas podemos realizar análisis a diferentes escalas sobre las piezas, que nos permitirán mejorar nuestro conocimiento sobre los materiales que estudiamos y sus contextos.

2. Los materiales arqueológicos en la arquitectura de la Edad del Hierro meseteña y del alto Ebro

Como suele ocurrir con enunciados tan generales como este, la materia de estudio que se incluye y la que se deja fuera depende en gran medida de la subjetividad del investigador. Esto no quiere decir, sin embargo, que sea una cuestión de puro capricho decidir qué se selecciona y qué no, sino que siempre es necesario explicar las razones que justifican el enfoque adoptado. En nuestro caso concreto abordaremos la mayor parte de los materiales vinculados con el trabajo de la construcción. Esto quiere decir que no vamos a tratar todos, pues nos interesan fundamentalmente los que han sido fabricados por la mano del hombre a partir de las materias que obtiene de la naturaleza y, en menor grado, por no decir nulo, aquellos a los que el concepto de «fabricar» les resulta de más difícil aplicación. Nos explicamos. Un adobe, una placa solera, un clavo para unir dos vigas o una cuerda para fijar la techumbre, por ejemplo, son elementos que han pasado por un proceso de fabricación; pero un sillarejo, un tronco simplemente seccionado o una rama pelada para usar como pie derecho aquel, y en la cubierta esta última, entendemos que no han sido objeto de tal proceso. Que prácticamente ha habido una muy escasa manipulación de la materia prima por parte de las personas implicadas en tareas edilicias. Los propios herreros fabricantes de herramientas para la construcción han tenido que aplicar todo un proceso fabril para obtenerlas.

Por cuanto llevamos dicho, y asumiendo que se puede hacer más de una objeción, es óbice que no trataremos aquí de materiales constructivos pétreos tales como la mampostería, los sillarejos o los sillares, y tampoco de las vigas y postes de madera, sean estos exentos o estén embutidos en el muro. Del mismo modo, y porque realmente no se pueden considerar materiales arqueológicos en sí, quedarán fuera de nuestro trabajo tanto los relieves e insculturas que a veces aparecen en algunos paramentos —como los archiconocidos del «santuario» del Cerrón de Illescas (Balmaseda y Valiente,

1979) o los de la muralla de Yecla de Yeltes (Martín Valls y Romero Carnicero, 2008), por ejemplo—, como las pinturas que a veces se han identificado en construcciones de la Edad del Hierro, en paredes, bancos corridos y suelos. Otra cosa es que en algunos poblados se hubieran documentado acumulaciones de las materias colorantes con las que se pintaban esas superficies, en cuyo caso sí nos podríamos plantear considerarlas como materiales arqueológicos procesados y preparados para su aplicación a la arquitectura.

2.1. Elementos de la estructura o relacionados con ella

2.1.1. Soleras

a. Placas de barro cocido

Los suelos de las viviendas meseteñas de la Edad del Hierro mayoritariamente eran, como se sabe, de arcilla prensada, pero como se deterioraban con relativa facilidad, cada cierto tiempo había que renovarlos. De ahí que en algunas construcciones se hayan identificado hasta diez o doce renovaciones pavimentales. Habitualmente son de arcilla en crudo, pero en muchas ocasiones han sido endurecidos mediante la aplicación de fuego controlado para conseguir un pavimento más resistente. Además de estos, había otras soluciones para obtener suelos resistentes al uso, como era cubrir toda la estancia con adobes, si bien este procedimiento, que era habitual en casas del Hierro I —como se puede comprobar en el Cerro de San Vicente (Macarro Alcalde y Alario García, 2012: 42, láms. 25, 29 y 49) o en Fuente el Saz del Jarama (Blasco Bosqued y Alonso Sánchez, 1986-1987: 62, figs. 1 y 2), por ejemplo—, se vuelve más escaso en el Hierro II —*vid.* sendos casos en La Corona-El Pesadero (Misiego Tejeda *et alii*, 2013: 41, tabla A) y en Titulcia (Polo López y Valenciano Prieto, 2014: 95, fig. 6, estancia 4)— y lo único que en esta época se le parece es el uso de placas planas.

Aún son muy pocas las evidencias arqueológicas que tenemos sobre el uso de placas de barro cocido para colocar en los suelos. Una de las más significativas procede de una vivienda vaccea de *Cauca* que excavamos hace unos años, donde se recuperaron varios fragmentos, algunos de ellos muy bien conservados e incluso con molduras expresamente modeladas para facilitar el encaje de unas piezas con otras o ajustar las perimetrales a la pared de la estancia (Blanco García, 2018a: 95-96, fig. 3.26) (figura 2, a). A unos cien metros al este de esa vivienda, y durante el proceso de vaciado de un terreno, pudimos documentar de nuevo suelo de losetas de barro cocido perfectamente horizontal (Blanco García, 2018: fig. 2.3, secuencia D, estrato II).

b. Firmes de cantos

Las soleras sobre un firme de cantos menudos son muy habituales en las construcciones meseteñas de la Edad del Hierro, pero más aquellas que están ubicadas en terrenos sedimentarios que serranos o del piedemonte. En una vivienda del poblado II de Cuéllar, por ejemplo, sobre el nivel geológico de arcilla natural (toba) se dispuso un empedrado de caliza para evitar que ascendiera la humedad al pavimento de arcilla prensada (Barrio, 1993: 184); y en *Rauda* (Roa de Duero, Burgos) era grava lo que se usaba habitualmente como base para nivelar el terreno antes de extender la arcilla apelmazada (Sacristán de Lama, 1986: 148). En la Edad del Hierro de toda esta zona del centro del valle del Duero los primeros firmes de cantos, tanto para pavimentos de arcilla como para los hogares, se tienen constatados en el poblado vallisoletano de El Soto de Medinilla, en viviendas del último cuarto del siglo VIII a. C. (Delibes de Castro *et alii*, 1995: 158). A efectos de aplicación de herramientas tridimensionales para aportar datos sobre estos pavimentos, lo cierto es que poco puede esperar el investigador porque el grado de manipulación de estos materiales por parte de los constructores es mínimo.

c. Firmes de fragmentos de cerámica

Dejando al margen los suelos conseguidos mediante el rebaje horizontal del sustrato geológico (piedra, toba, yesos...), tras los de simple arcilla prensada y aquellos otros en los que esta se dispone sobre una cama de cantillos o de grava, el tercer procedimiento más común de construir un suelo era extender la arcilla prensada sobre una base de fragmentos de recipientes de cerámica amortizados. De esta manera, lo que inicialmente formó parte del equipo doméstico de una familia se ha convertido en material arqueológico de carácter constructivo, razón por la cual debemos tenerlos en cuenta en el presente trabajo. Los suelos de barro sobre firme de fragmentos de cerámica son más propios de las casas del Hierro II que de las construidas en el Hierro I, dato que fácilmente se deduce del estudio de esos fragmentos cerámicos y en el que, además, se puede hacer una aproximación cronológica al momento en el que se construyó o se renovó el suelo a partir de los fragmentos más modernos. Esto es lo que nos permitió hace años a uno de nosotros establecer que cierta edificación levantada junto al alfar de *Cauca* que tenía un suelo sobre firme de fragmentos de cerámica era coetánea del mismo y se podía fechar también hacia inicios del siglo III a. C. (Blanco García, 1998; 2018a: 95, fig. 3.25) (figura 2, b). Es un caso similar a aquellos otros en los que los constructores han utilizado fragmentos de cerámica para asentar bloques de piedra irregulares de los zócalos, pues nos acercan al momento en que se levantó el edificio (Fernández Gómez, 1995: 173).

Tanto los suelos con firme de fragmentos de recipientes como aquellos otros que los tienen de cantos rodados o de piedras planas se documentan también en muchos de los hogares domésticos meseteños, aunque en este caso la función es otra: impedir la pérdida de calor hacia el subsuelo. En el carpetano Cerro de La Gavia (Madrid), por ejemplo, la base de uno de los hogares domésticos está formada por fragmentos de vasos cerámicos colocados en plano (Morín de Pablos *et alii*, 2005: 144); en la vaccea *Cauca* se pudo documentar en 1980 un gran hogar de barro de 1,20 × 0,50 m cuya solera también era de fragmentos de cerámica (Romero Carnicero *et alii*, 1993: 226, fig. 3, láms. II y VI), igual que en las construcciones IIIa y IVb de *Pintia* (Gómez Pérez y Sanz Mínguez, 1993: 342-343, fig. 4 y 344, lám. 8, resp.) y que en la Vivienda 3 de Las Chozas de Vertavillo, donde el suelo de arcilla compactada con caliches apoya sobre una cama de cantos mezclados con trozos de cerámica (Abarquero Moras y Palomino Lázaro, 2006: 55, fig. 6). En la casa D3 del Raso de Candeleda el hogar de barro apoya sobre fragmentos grandes de la base de una tinaja colocados boca abajo (Fernández Gómez, 2011: 58) y en sendos hogares del Cerro de la Mesa, en Alcolea de Tajo (Ortega Blanco y Valle Gutiérrez, 2004: 179), y La Coronilla, en Chera (Cerdeño y García Huerta, 1992: 23, fig. 9), aparecen sobre una solera de piedra otra de fragmentos de cerámica muy bien colocados en plano, lo que indica que no son nada raros los firmes mixtos.

Ya para concluir este apartado, y aunque no forman parte del suelo de las construcciones pero sí se encuentran a su mismo nivel y contactando con él, hemos de dedicar siquiera unas palabras a los calzos de piedra usados para reforzar la estabilidad de los postes de madera —sean estos exentos o estén adosados al muro—, ya que si bien suelen ser cantos en estado natural, a veces han sido trabajados en algunas de sus superficies para acondicionarlos a la función a la que iban destinados, lo cual les convierte en objetos arqueológicos manipulados por la mano del hombre. Siendo muchos los yacimientos meseteños en los que tenemos constatado el uso de calzos tanto en la base de los postes como a la altura de los pavimentos, solo en unos pocos se ha observado el detalle de que previamente se realizaron labores de preparación. Esto es lo que pudimos observar, por ejemplo, junto a un poste de una vivienda exhumada en la campaña de 1999 realizada en *Cauca*: a un fragmento de piedra caliza le habían sacado punta en uno de sus extremos para poderlo clavar mejor junto al poste de madera (Blanco García *et alii*, 2012-2013). En la parte opuesta a la punta las evidencias de golpes seguramente estén relacionadas con el uso de un martillo o un mazo de madera para fijar mejor la piedra al poste.



Figura 2. Elementos arquitectónicos estructurales. 1. Suelos: a. Placa de barro cocido de *Cauca* (Coca, Segovia); b. Secuencia de pavimentos de *Cauca*. 2. Alzados y techumbres: c. Bloque de tapial de *Cauca*; d. Ladrillos cocidos de *Cauca*; e. Paramento de adobes de la muralla de *Cauca*; f. Paramento de ladrillos del Cerro de la Gavia (Madrid). (a-d: Blanco García, 2018; f: Morín de Pablos *et alii*, 2005)

Figure 2. Structural architectural elements. 1. Pavements: a. Baked clay slate from *Cauca* (Coca, Segovia); b. Sequence of pavements from *Cauca*. 2. Walls and roofs: c. Rammed earth block from *Cauca*; d. Baked bricks from *Cauca*; e. Adobe façade of *Cauca* wall; f. Baked brick wall of Cerro de la Gavia (Madrid). (a-d: Blanco García, 2018; f: Morín de Pablos *et al.*, 2005)

2.1.2. Alzados y techumbres

En este apartado distinguiremos lo que es utilización en las edificaciones de materiales tal como los da la naturaleza (mampostería de piedra, losas y lajas de pizarra, cantos rodados, ramajes, retamas...) de aquellos otros que han sido expresamente fabricados como material constructivo (bloques de tapial, adobes y adobas, ladrillos...). Es a los de este segundo grupo a los que dedicaremos las siguientes páginas, si bien conviene que hagamos un par de puntualizaciones. La primera de ellas se refiere a los manteados de barro, ya que se encuentran a mitad de camino entre ambos grupos: no se les puede considerar como materiales tomados directamente de la naturaleza y aplicados sin más a las construcciones porque han sido objeto de una preparación (selección y limpieza de las masas arcillosas, elaboración de pellas más o menos grandes...) y tampoco se puede decir que sean el resultado de un proceso de fabricación como los adobes o los ladrillos porque esa preparación es muy básica. Si se ha decidido incluirlos en este apartado es por haber dado prioridad a esas actividades de preparación previas a su instalación en las edificaciones.

La segunda puntualización se refiere a las placas y prismas de revestimiento que se tienen constatadas en algunas construcciones de la Edad del Hierro del área céltica, concretamente en el alto Ebro (Romero Carnicero y Pablo Martínez, 2019). En esencia, deberíamos referirnos a ellas en este apartado porque no dejan de ser piezas fabricadas y preparadas para su instalación en las edificaciones, pero al tratarse de objetos cuya mayor singularidad reside en su decoración, generalmente excisa, hemos creído más conveniente incluirlas en el apartado de material arqueológico de carácter decorativo.

a. Bloques de tapial

Como más arriba hemos señalado, del mismo modo que no nos referiremos en este trabajo al uso de mampostería de piedra en los zócalos y alzados de las construcciones de la Edad del Hierro meseteñas, o de sillarejo en algunas de sus murallas, tampoco hablaremos del tapial, al considerar que no se trata de unidades constructivas fabricadas de manera aislada para luego colocar en la pared, a diferencia de los adobes, que sí cumplen este requisito y de los que luego hablaremos. A pesar de ello, y por cumplir dicho requisito, sí vamos a dedicar unas palabras a ciertas unidades estructurales de barro cocido que hasta ahora solo han sido documentadas en un muro medianero del Hierro I de La Mota, en Medina del Campo (Seco Villar y Treceño Losada, 1995: 227) y en el alfar de *Cauca*, fechado hacia comienzos del siglo III a. C., en ambos casos fabricadas con la técnica del tapial, pero individualmente. En el edificio caucense se trata de grandes bloques que solo están presentes en los muros C y D del Recinto 2 (Blanco García, 1998: fig. 2) y sus dimensiones oscilan entre los 92 cm de largo por 25 de anchura y 22 de altura, el mayor, y $75 \times 24 \times 23$ cm, respectivamente, el menor (figura 2, c). A pesar de su gran tamaño, lo que aseguraba su estabilidad en el muro era que, curiosamente poseían juntas de barro —al igual que los de La Mota, que las tienen de tan solo 2 o 3 mm—, y aunque no pudimos extraer ninguno completo estimamos que pesarían entre 150 y 200 kg. Esta circunstancia, sumada a que en las proximidades pudimos documentar restos de piezas en crudo, nos hacen sospechar que se fabricaron en las inmediaciones del alfar. Se utilizaron a modo de zócalo de los alzados de ladrillo de las paredes. Materiales constructivos semejantes a estos, aunque de barro en crudo, como los de La Mota, únicamente conocemos en el gran edificio de adobe de Botorrita (Beltrán Martínez, 1982: 102).

b. Adobes y adobas

Salvo en zonas serranas, donde abunda la piedra y puede ser más escasa la arcilla, el adobe constituye en la mayor parte de las aldeas y ciudades meseteñas de la Edad del Hierro la unidad constructiva básica de las viviendas, de manera que en las paredes madre lo habitual es que solo la cuarta o quinta

parte de su altura sea de piedra (zócalo) y el resto del alzado esté formado por hiladas de adobes, aunque en algunos poblados se tienen documentadas casas que tenían paredes íntegramente de piedra, reforzadas con postes de madera. En el caso de las murallas, la piedra suele aumentar considerablemente su proporción, pero según el lugar en el que esté situado el poblado, las variaciones son muy abultadas. No son lo mismo las murallas vettonas abulenses, en las que con piedra se levantaron varios metros de altura, que las vacceas, en las que el desarrollo en altura era mayoritariamente de adobes y adobas, término este último de carácter regional que se aplica a unidades con una longitud entre 48/50 cm y 90 cm, como se puede comprobar en las murallas de *Pintia* (Sanz Mínguez *et alii*, 2011: 225, fig. 3A) y *Cauca* (Blanco García, 2015a: 42) (figura 2, e).

Tanto en las viviendas como en las murallas, así como en edificaciones de carácter productivo como pueden ser los alfares, la gran variedad de módulos de los adobes nos indican que fueron utilizadas adoberas de variadas medidas. Adoberas que, lógicamente, serían de madera pero que hasta ahora no se ha podido identificar ninguna a través de los restos carbonizados en posición primaria. A pesar de esa gran diversidad de módulos, da la impresión de que sobre todo en la Segunda Edad del Hierro existía una cierta tendencia hacia la estandarización, de manera que, por referir unos pocos ejemplos, en el denominado secadero de adobes excavado junto al alfar de Las Cogotas estos suelen tener $40 \times 20 \times 10$ cm, cifras similares a las registradas en una casa del salmantino Teso de las Catedrales (Álvarez-Sanchís, 1999: 156); en Las Quintanas-*Pintia* predominan los de $47 \times 20 \times 10$ cm (Gómez Pérez y Sanz Mínguez, 1993: 340); en la muralla de la también vaccea *Cauca* imperan los que tienen $43/45 \times 19/20 \times 8/9$ cm y, en segundo lugar, los de $20/25 \times 16/17 \times 7/8$ cm (Blanco García, 2015a, 2015b); en *Segontia Lanka* dominan los de $46 \times 27 \times 10$ cm (Taracena, 1929: 34 y 36); en Plaza de Moros los hay de $29 \times 15 \times 8$ cm, $30 \times 22 \times 10$ cm y cuadrados, de $29 \times 29 \times 8$ cm (Urquijo Álvarez de Toledo y Urbina Martínez, 2000: 19); ya para finalizar, en paramentos domésticos bien conservados de Cerro Redondo los más corrientes tienen $45 \times 25 \times 7,5$ cm y $45 \times 35 \times 14$ cm (Blasco Bosqued y Alonso Sánchez, 1985: 56 y 162) —medidas similares a las constatadas en El Cerrón de Illescas—, y en el vettón Cerro de la Mesa se han documentado de $33 \times 17 \times 11$ cm y de $24 \times 20 \times 10$ cm (Charro Lobato *et alii*, 2009: 134).

Debido a que las medidas de los adobes, dentro de esa relativa estandarización, son muy variadas, como se puede ver, y a que hay que mantener una cierta horizontalidad de las hiladas para asegurar la solidez del muro, las rectificaciones de nivelación se confían a las juntas de barro, por lo que el grosor de las mismas es muy variable. A propósito de la horizontalidad con la que en algunas paredes han sido dispuestas las hiladas de adobes, en alguna ocasión se ha sugerido que quizá se hubieran usado cuerdas, aunque de haber sido así, por ahora es algo que no se observa en la mayor parte de las edificaciones.

c. Ladrillos

Siendo la de la Edad del Hierro una arquitectura básicamente de adobes, madera y piedra, en proporciones que varían según la zona meseteña de la que se trate, pues no son lo mismo las cuencas sedimentarias que los rebordes montañosos, los ladrillos constituyen un material constructivo que se usó más en momentos avanzados de la misma que antiguos (figura 2, d). Los ladrillos de las construcciones del Hierro II no son más que adobes cocidos una vez que se habían secado al sol, ya que tienen la misma densidad de la masa arcillosa, el mismo repertorio de dimensiones, y en lo único que se diferencian, lógicamente, es que son más sólidos, más resistentes, y la materia orgánica que daba cohesión al barro se ha quemado durante la cocción, si bien suelen quedar sus huellas impresas. Con estas características, no podemos confundir estos auténticos ladrillos con los adobes que se han cocido de manera accidental como consecuencia de los incendios que habitualmente destruían muchas de las viviendas de la Edad del Hierro, pues en estos casos estamos ante cocciones irregulares, además de que en una misma pared puede verse cómo muchos de ellos se han cocido a medias, solo por la superficie

externa de la pared. Hay otro detalle importante: en las paredes donde los adobes se han recocido por causa de un incendio fortuito las juntas de barro también se han cocido, lógicamente, pero las levantadas con ladrillo y que no han sufrido tal incendio, las juntas son de barro crudo, como nos muestra un magnífico ejemplo del carpetano Cerro de La Gavia (Morín de Pablos *et alii*, 2005: 140, fot. sup. izq.) (figura 2, f). Al hilo de esto último, es necesario decir que las paredes de ladrillo exigen juntas de barro más anchas que las levantadas con adobe.

Sin ánimo de ser exhaustivos, paredes levantadas con ladrillos en el ámbito de la Meseta también se tienen constatadas en la Casa C de La Mesa de Miranda (González-Tablas, 2008: 208), en el castro celtibérico de Hocincavero (Anguita, Guadalajara) (Barroso Bermejo y Díez Rotería, 1999: 99).

Ya para finalizar este epígrafe, conviene señalar que muy posiblemente los adobes destinados a ser transformados en ladrillos se debieron de cocer más que en hornos de ceramista —que en algún caso como en Las Cogotas podría haber sucedido, pero faltan evidencias claras (Álvarez-Sanchís *et alii*, 1998: 85)—, en horneras al aire libre, si bien de ellas no tenemos constancia arqueológica aún. Seguramente se apilaban los adobes ya secos, aunque sin alcanzar mucha altura debido a su evidente fragilidad y dejando intersticios entre ellos para permitir la circulación del aire caliente, se cubría con materia leñosa el monto, se prendía fuego y tras unas horas ya estaban listos para ser utilizados.

d Manteados de barro

A diferencia de los enlucidos que se aplicaban a paredes interiores, bancos corridos, poyetes, hornos para cocinar e incluso a postes de madera exentos, que por lo general estaban elaborados con masas arcillosas medianamente tamizadas al objeto de eliminar todo tipo de intrusiones (raíces, caliches...), el barro destinado a mantear las paredes exteriores de las casas así como los ramajes de las techumbres es un barro poco o nada tratado, como muestran los fragmentos de irregular morfología que se han cocido por causa de los habituales incendios fortuitos que se producían en las viviendas y que suelen conservar las improntas de la materia vegetal en el caso concreto de las techumbres. Estos fragmentos de manteados informes quemados se documentan con más frecuencia en viviendas del Hierro I que del Hierro II (figura 3, b), periodo este último en el que debían de imperar, al menos en las ciudades, las cubiertas de ramajes desprovistas de barro, pues de otro modo los fragmentos de manteados serían muy numerosos en los niveles de destrucción por incendio, cosa que no es así.

2.1.3. Elementos auxiliares

Nos referiremos a continuación a una serie de materiales arqueológicos que se fabricaron para realizar funciones diversas en las edificaciones y que, a diferencia de los comentados en el epígrafe anterior, que tienen un carácter estructural, son fácilmente reemplazables por otros nuevos en caso de que se quiebren o deterioren. Es decir, la solidez y estabilidad del edificio no pelagra por el hecho de que algunos de estos elementos fallen.

a. Contrapesos de barro cocido

A diferencia de los relacionados con actividades textiles, estas piezas de función arquitectónica, aun siendo morfológicamente similares a aquellas —paralelepípedas, troncocónicas y, más raramente, lenticulares—, suelen ser de mayor volumen y peso (a veces más de 2 kg) y el elemento clave que nos permite identificarlas como tales es hallarlas al exterior de los muros perimetrales de las construcciones. Así es como se han encontrado, por ejemplo, en Numancia, en la vaccea *Cauca* (Blanco García *et alii*, 2012-2013: 95) o en el poblado carpetano de Plaza de Moros (Urquijo Álvarez de Toledo y Urbina Martínez, 2000: 21-22), entre otros asentamientos meseteños (figura 3, c). En el segundo de los lugares mencionados, el hallazgo

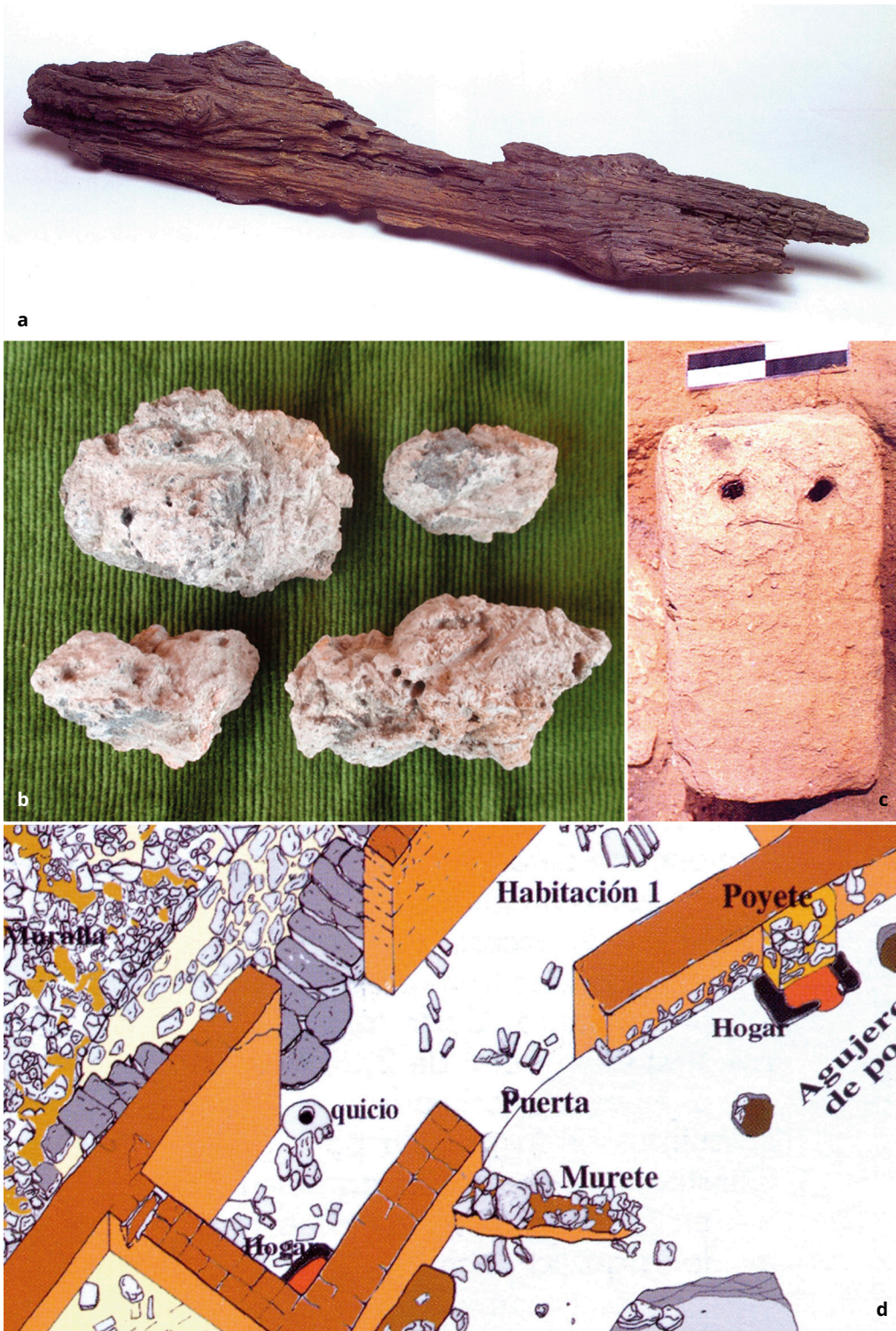


Figura 3. Elementos arquitectónicos estructurales (cont.) y auxiliares. a. Fragmento de viga de madera del Cerro de la Gavia (Madrid); b. Fragmentos de manteado de barro de Cuesta del Mercado (Coca, Segovia); c. Contrapeso de barro para sujetar la cubierta de un edificio de Plaza de Moros (Villatobas, Toledo); d. Edificación de Plaza de Moros con quicio de puerta conservado. (a: Urbina Martínez *et alii*, 2005; b: Blanco García, 2018; c y d: Urquijo Álvarez de Toledo y Urbina Martínez, 2000)

Figure 3. Structural and auxiliary architectural elements. a. Fragment of wooden beam from Cerro de la Gavia (Madrid); b. Fragments of wattle and daub from Cuesta del Mercado (Coca, Segovia); c. Clay counterweight to support the roof of a building in Plaza de Moros (Villatobas, Toledo); d. Building in Plaza de Moros with door-socket. (a: Urbina Martínez *et al.*, 2005; b: Blanco García, 2018; c and d: Urquijo Álvarez de Toledo and Urbina Martínez, 2000)

de tres contrapesos dispuestos en hilera a lo largo de la cara externa de una de las paredes de una edificación excavada en 1999 nos indicó que se utilizaron cuerdas tensadas mediante un contrapeso en cada uno de sus extremos para asegurar la fijación de los ramajes a la estructura de madera con el objetivo de que el viento no los pudiera levantar. Debido a su peso, a veces no llevan una única perforación para hacer pasar la cuerda, sino dos, y siempre resultan visibles las huellas del rozamiento de esta sobre el barro.

b. Quiciales de piedra

Los quiciales de piedra sobre los que giraban los espigones de las puertas de madera no son nada raros en los poblados de la Segunda Edad del Hierro. Generalmente fabricados en piedra caliza, granito, esquisto e incluso pizarra, suelen ser de forma circular con entre 15 y 30 cm de diámetro y en el hueco donde encaja el espigón de la puerta habitualmente se pueden ver las huellas circulares dejadas por los muchos giros de esta. Al ser piezas portátiles —que son las únicas que aquí nos interesan, no los quiciales labrados en la propia roca madre, como los identificados en una de las puertas de la muralla de *Contrebia Leukade* (Herández Vera, 2005: 135)—, aunque se encajaban en un hueco excavado en el suelo para impedir que se desplazaran con el uso, en ocasiones no aparecen en el lugar original que ocuparon, pero muchas veces se han documentado *in situ*, junto a uno de los laterales del vano de la puerta. Esto último es, por citar un caso concreto, lo que se puede ver en la habitación 1 del área 1 del poblado carpetano de Plaza de Moros (Urquijo Álvarez de Toledo y Urbina Martínez, 2000: 15) (figura 3, d). A veces, en algunos poblados protohistóricos piezas idénticas a estas quicialeras, pero halladas no precisamente junto a los vanos de las puertas, realmente son piedras durmientes de tornos de alfarero, como se puede comprobar, por ejemplo, en el Cerro de las Cabezas (Fernández Maroto, 2013).

c. Bisagras metálicas

Pocas veces en la bibliografía o en las memorias de excavación se pueden hallar referencias a bisagras de hierro de las puertas. A veces, simples referencias del tipo «[...] algunos herrajes que pueden relacionarse con puertas [...]» (Rodríguez Cifuentes, 2014: 147) constituyen un aviso de que posiblemente entre esos herrajes haya restos de estas piezas. En cualquier caso, las bisagras metálicas de puertas constituyen un elemento tardío en los poblados meseteños de la Segunda Edad del Hierro, seguramente porque son piezas de influencia romana ya. Esto es lo que claramente indica una de las que mejor se han conservado: la recuperada en el madrileño Llano de la Horca, un poblado cuya estructura está muy influida por el urbanismo romano republicano, que está fechada, *grosso modo*, entre los siglos III-I a. C. (Ruiz Zapatero *et alii*, 2012: 284) (figura 4, a). La casa B1-2 de El Raso también deparó una bisagra e igualmente parece que es de época tardía (Fernández Gómez, 1986). Los batientes de madera de las construcciones de la Edad del Hierro giraban bien sobre un espigón encajado en el hueco de una piedra quicialera, como hemos referido más arriba, bien mediante bisagras de cuero fijadas a la madera, como aún se puede ver en la arquitectura tradicional, aunque esto último no es más que una suposición.

d. Clavos y escarpías

Es bastante habitual encontrar clavos y escarpías de hierro entre los restos arqueológicos de las viviendas meseteñas de la Edad del Hierro, generalmente formando parte del relleno de las estancias y en niveles de incendio de las techumbres. Lo complicado a partir del registro arqueológico es deslindar cuáles de ellos cumplieron una función propiamente arquitectónica, como unión o refuerzo de vigas, de tablazones, fijación de puertas, etc. (figura 4, b y c), y qué otros responden a usos relacionados con la guarda o la colocación de objetos portátiles y prendas mediante suspensión de los muros y vigas del interior de la casa. Es decir, clavos para colgar enseres. A este segundo uso responde la mayor parte de clavos y escarpías que suelen aparecer considerando que generalmente son de pequeño tamaño.

A veces, incluso han podido ser documentados en la posición original en la que se usaron. Este es el caso, por ejemplo, de las escarpías que Juan Cabré halló aún clavadas en algunos adobes de viviendas de Las Cogotas (Cabré, 1930: 36-38), o el de los siete clavos que se conservaban en el armazón de madera de un banco corrido perteneciente a la denominada Casa C1 de La Mesa de Miranda (González-Tablas, 2008: 207). En la casa D1 del Raso de Candeleda aparecieron varios clavos junto al umbral presumiblemente de madera de la puerta (Fernández Gómez, 2011: 371, figs. 11, 17 y 309); en la D3, varios formando parte de la clavazón de una puerta interior (Fernández Gómez, 2011: 60); y en la D8 dos más aún clavados en una viga carbonizada que servirían para colgar objetos de la techumbre (Fernández Gómez, 2011: 130). Podríamos seguir añadiendo yacimientos y casos contextualizados como estos por toda la Meseta, pero sería un poco ocioso por nuestra parte.

Los tipos de clavos que más nos interesarían aquí, por su relación directa con la estructura de madera de las edificaciones, serían los de gran longitud, los denominados clavos para encabriar. En algunos poblados ibéricos, como el valenciano de Castellet de Bernabé, se tiene constancia de estos grandes clavos que indudablemente servirían para atravesar vigas y tablones de hasta 20/22 cm de grosor (Guerin, 2003: 223). En la Meseta, clavos de estas características los encontramos en unos pocos poblados, como en el castro de La Dehesa de la Oliva (Patones), aunque en construcciones ya de finales del Hierro II (Cuadrado, 1991) y en Numancia se conoce un clavo de 26 cm de longitud y 150 g de peso que se adscribe no a la etapa romana, sino a la celtibérica (Manrique Mayor, 1980: 27, fig. 4, 7.445).

e. Cuerdas

Es una suposición muy lógica la idea de que en las construcciones de la Edad del Hierro se hizo un amplio uso de cuerdas de cañamo y esparto para fijar o asegurar la solidez, sobre todo, de las maderas de la techumbre de las casas (figura 4, d), pero las evidencias arqueológicas generalmente son indirectas: impresiones en fragmentos de barro que se han cocido por causas accidentales (Urbina Martínez, 2014: 178, fig. 1 b), rozaduras en la parte superior de las perforaciones de los contrapesos relacionados con el amarre de las ramas de las cubiertas, etc. El mismo hecho de que en algunas viviendas se haya documentado el uso de baldas de madera que debieron de estar suspendidas de la pared implica que fueron cuerdas fijadas a esta mediante clavos o escarpías las que las sujetaban. En Vertavillo (Abarquero Moras y Palomino Lázaro, 2006: 85) y *Cauca* (Blanco García, 2018a: 99, fig. 3.30) hallamos dos ejemplos de este tipo de baldas de madera carbonizadas junto a paredes. No obstante, donde más cuerdas debieron de usarse puede que fuera en la estructura de vigas de madera de las techumbres, pues, aunque sabemos que también se usaron clavos, en los niveles de maderas quemadas de muchas viviendas destruidas por el fuego los restos de clavazón siempre son escasos. Y para asegurar las cubiertas.

Por otro lado, tenemos fundamentadas sospechas de que durante el trazado de la planta de algunas construcciones debieron de utilizarse cuerdas para sacar muros rectos. Esto es lo que debió de ocurrir, por ejemplo, en la raudense *Casa del Sótano*, construida entre finales del siglo III a. C. y mediados de la siguiente centuria (Abarquero Moras y Palomino Lázaro, 2012), pues en la alineación de sus muros no se observan titubeos.

2.2. Elementos de carácter decorativo

Entre los elementos arquitectónicos de carácter decorativo que mejor cumplen los requisitos para poder ser incluidos en este capítulo destacan las placas y prismas de barro cocido engalanados con motivos geométricos, zoomorfos e incluso antropomorfos —realizados fundamentalmente con técnica excisa a bisel, pero también impresa e incisa—, que se tienen documentadas en algunos yacimientos del área céltica de la península ibérica, sobre todo riojanos y navarros. Estos materiales, al haber sido

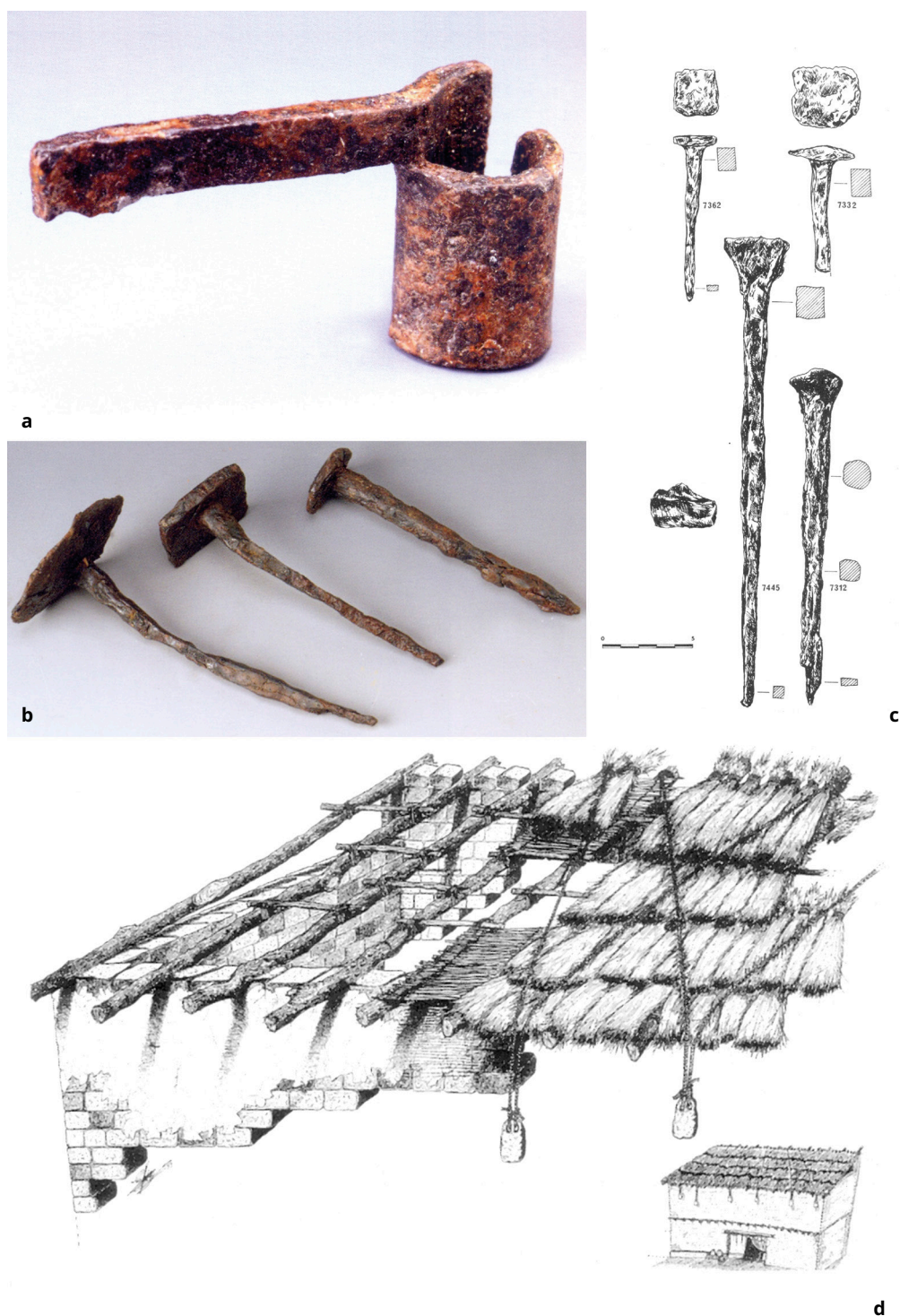


Figura 4. Elementos auxiliares en las construcciones. 1. Metálicos: a. Bisagra de hierro del Llano de la Horca (Santorcaz, Madrid); b. Clavos de hierro del Llano de la Horca; c. Clavos de hierro de Numancia (Garray, Soria); d. Recreación de la utilización de cuerdas con contrapesos de barro para sujetar la cubierta vegetal de una vivienda de Plaza de Moros (Villatobas, Toledo). (a y b: Ruiz Zapatero *et alii*, 2012; c: Manrique Mayor, 1980; d. Dibujo de E. Navarro en Urquijo Álvarez de Toledo y Urbina Martínez, 2000). A diferentes escalas

Figure 4. Auxiliary elements in buildings. 1. Metallic: a. Iron hinge from Llano de la Horca (Santorcaz, Madrid); b. Iron nails from Llano de la Horca; c. Iron nails from Numancia (Garray, Soria); d. Recreation of the use of ropes with clay counterweights to hold the thatch roof of a dwelling in Plaza de Moros (Villatobas, Toledo). (a and b: Ruiz Zapatero *et al.*, 2012; c: Manrique Mayor, 1980; d: drawing by E. Navarro in Urquijo Álvarez de Toledo and Urbina Martínez, 2000). Different scales



Figura 5. Placas arquitectónicas con decoración excisa «a bisel» de El Villar (Bobadilla, La Rioja), Museo Najerillense (Romero Carnicero y Pablo Martínez, 2019)

Figure 5. Architectural slabs with excised “beveled” decoration from El Villar (Bobadilla, La Rioja), Museo Najerillense (Romero Carnicero and Pablo Martínez, 2019)

objeto recientemente de un meticoloso y bien documentado e ilustrado trabajo por parte de F. Romero Carnicero y R. de Pablo Martínez (2019), al cual remitimos y vamos a seguir aquí, no nos extendemos más de lo debido. Dadas a conocer inicialmente por Urbano Espinosa y Antonio González (1976), la mayor parte de estas piezas proceden del poblado riojano de El Villar (Bobadilla), tal vez la antigua ceca de *Titiakos*, habiendo sido recuperados ejemplares también en Cerro Molino (Nájera), La Solana y Los Cirojos (Tricio), Monte Cantabria (Logroño) y La Custodia (Viana, Navarra).

En total se contabilizan cerca de un centenar. Todas ellas están fabricadas con los tamizados barros que caracterizan a las cajitas excisas y demás producciones cerámicas singulares, y aunque ninguna se conserva completa, del grosor de las paredes se traduce que eran de tamaño relativamente grande—alguna de ellas se calcula que pudo tener unos 55 cm de longitud, 50 cm de anchura y hasta 5 cm de grosor—, por lo que no son confundibles con fragmentos de cajitas, ni siquiera las placas finas (figura 5). Están decoradas en una de sus caras, o en tres y hasta cuatro si se trata de bloques prismáticos, quedando lisas o algo rugosas las opuestas. Y es que, como hace unos años propuso Sanz Mínguez (1997: 349), tal vez estas placas y prismas hubieran sido utilizadas para revestir paredes de edificios singulares, con lo que las superficies no decoradas agarrarían mejor a la pared cuanto más rugosas estuvieran. A esta idea posteriormente se sumó Poole (2010), añadiendo por su parte que quizá los bloques prismáticos pudieron servir para forrar postes, vigas y pilastras de edificios singulares o incluso altares, pues no se podía descartar que pudieran estar asociados a posibles templos. En esta misma dirección

apunta la interpretación de Romero y Pablo, los autores con los que hemos iniciado estos comentarios, al mostrarse partidarios de identificarlas «[...] con elementos decorativos asociados a las construcciones y más concretamente al revestimiento de muros y a forrar muebles u otros accesorios en los templos, eso sí, siempre interiores, pues no muestran huellas de desgaste propias de haber estado expuestas a lluvias, heladas o fuertes exposiciones al sol» (Romero Carnicero y Pablo Martínez, 2019: 105).

La idea de que son placas que trascienden lo puramente decorativo, penetrando en el mundo de la simbología y de la mentalidad mágico-religiosa, razón por la que se las vincula con posibles templos y que, dicho sea de paso, a nosotros nos parece perfectamente factible, se ve reforzada por la pieza del Museo Najerillense números de inventario 1.239 y 1.278 (Romero Carnicero y Pablo Martínez, 2019: 105-107, figs. 21 y 22), procedente de El Villar de Bobadilla, en la que han sido modelados dos zoomorfos en perspectiva cenital simétricos, aunque muy incompletos, afrontados y con las fauces abiertas hacia un círculo reticulado que, como en el denominado *Vaso de los Lobos* de Rauda (Abarquero Moras, 2006-2007) o en el puñal de la tumba 32 de Las Ruedas (Sanz Mínguez, 1997: 85-89, figs. 76-79), es interpretado como posible torta o pan. De considerar como único elemento con significación cronológica este icono tan fuertemente arraigado en las ciudades vacceas (Blanco García, 1997; Romero Carnicero, 2010), habríamos de fechar las placas y prismas navarro-riojanas entre la segunda mitad del siglo III a. C. y finales del I a. C., pero si tenemos en cuenta que el arco temporal de la excisión a bisel es más amplio, entonces tendríamos que envejecer el umbral inicial hasta mediados del siglo IV a. C. Debido a que casi todas estas piezas arquitectónicas están descontextualizadas, resulta imposible acotar el momento en el que se fabricaron y estuvieron en uso. Habrá que esperar a que aparezcan otras nuevas o conjuntos completos en contextos bien fechados para poder concretar.

2.3. Elementos varios

2.3.1. Útiles y herramientas empleadas en la construcción

Conviene empezar diciendo que varios de los útiles y herramientas de los que nos haremos eco en este apartado ciertamente son multiusos, pues, además de para la preparación de elementos destinados a la construcción, a buen seguro debieron de usarse para otras actividades también. Que nosotros sepamos, en ninguno de ellos se han realizado estudios analíticos de las huellas de uso para establecer en cada caso concreto cuál fue la actividad, si no exclusiva, sí prioritaria, que desempeñó.

a. Cuñas de cantero

En general, las cuñas de hierro debieron de ser utilizadas, además de para rajar madera, para extraer piedra de las canteras con la que atender las necesidades de la construcción (figura 6, e 1). En relación con esta actividad es como se interpretan varias de las encontradas en *Segontia Lanka* (Langa de Duero, Soria), si bien no están asociadas a un contexto expresamente ni extractivo ni constructivo (Taberner *et alii*, 2005: 198), pero habida cuenta el promontorio rocoso en el que está emplazada esta población y los importantes trabajos de acondicionamiento de la roca que se llevaron a cabo para levantar casas y murallas, es más que probable que su uso prioritario fuera este. Casos más evidentes encontramos en algunos *oppida* vettones, como *Ulaca* y *Las Cogotas* (Rodríguez Hernández, 2019: 257-260). Y ya con el sector agrario se han puesto en relación las recuperadas junto a azadas, un hacha, un tridente y un cardador, todo de hierro, en el Cerro de la Mora (Leganés, Madrid), dentro de un posible hórreo (Vega y Miguell *et alii*, 2014: 228).

b. Barrenas de cantero

Con esta función se ha identificado un tipo de útil de hierro con cabeza cúbica o cuadrada y largo vástago de sección circular en su mitad y aplanada en el extremo distal, como nos muestran dos ejemplares

numantinos (Manrique Mayor, 1980: 8-9, fig. 1, s/n y 7.449; Jimeno *et alii*, 1999: 111, fig. 2, B y fig. 5, B2). En las poblaciones meseteñas de los piedemontes serranos, donde la piedra para la construcción es abundante, las barrenas tuvieron que ser muy corrientes. Sin embargo, son muy pocas las documentadas en las intervenciones arqueológicas. Hay ciudades vettonas, como por ejemplo *Ulaca*, en las que se tienen identificadas las canteras de las que se extraía la piedra, pero en las que aún no han rendido ni una sola barrena o, al menos, ninguna de las piezas de hierro recuperadas ha sido identificada como tal.

c. Cinceles

Suelen ser de tamaño menor y más estrechos que las cuñas, razón por la cual se ponen en relación con trabajos de preparación de la piedra una vez ha sido extraída de la cantera (figura 6, e 2). Esta es la función que debió de cumplir, por ejemplo, el cincel de hierro hallado en Las Cogotas (Álvarez-Sanchís, 2008: 49, foto inf., centro). Sin embargo, y teniendo en cuenta los contextos en los que algunos han sido documentados, los cinceles, así como los cortafríos, también debieron de usarse para actividades diversas. Sin salir de Ávila, el cincel hallado en la casa D8 del Raso de Candeleda, por ejemplo (Fernández Gómez, 2011: 133, fig. 192, 1), puede que también hubiese sido utilizado para trabajos domésticos, como pudiera ocurrir con alguno de los once ejemplares hallados en Numancia (Jimeno *et alii*, 1999: fig. 2, B); y en el poblado de Castil de Griegos (Guadalajara) se halló un cincel entre diversas herramientas agrícolas (Torre Echávarri *et alii*, 2017: 88). De nuevo a los cinceles se puede aplicar lo dicho respecto de las barrenas en cuanto a su escasez en los yacimientos.

d. Martillos

No son muy numerosos los martillos recuperados en excavaciones de poblados meseteños de la Edad del Hierro. Los mejores ejemplos, por el buen estado de conservación en el que se hallan, los encontramos tanto en Langa de Duero (Barril Vicente, 1992: 11 y 2, arriba) como en Numancia (Manrique Mayor, 1980: 140-141, fig. 27, 10697 y 10696) (figura 6, g). De los tres ejemplares que se obtuvieron en las excavaciones antiguas de este último yacimiento —aunque, extrañamente, en un conteo realizado en 1997 se dice que solo hay un martillo (Jimeno *et alii*, 1999: fig. 2, B)—, dos tienen 15,5 cm de longitud y 250 g de peso, y el tercero 6,2 cm de largo y 250 g de peso. En ocasiones estos martillos se han puesto en relación con la metalurgia del hierro, a pesar de que los contextos se prestan a otras interpretaciones, entre ellas las cercanas a la construcción, sobre todo para la preparación de la piedra antes de ser instalada en los muros.

e. Picos

Dos son los tipos de pico constatados en los poblados de la Edad del Hierro meseteña: los picos-martillo con la horadación para instalar el mango de madera junto a este último (figura 6, g 2), y los de dos bocas o apéndices útiles, cada uno de ellos con un filo, pero dispuestos en dirección e inclinación opuestas para ganar en versatilidad (figura 6, f). De nuevo estamos ante un tipo de herramienta que generalmente se admite fue usada en diversas actividades durante la Segunda Edad del Hierro, entre ellas la extracción de piedra para la construcción, como se viene proponiendo en el caso de los siete ejemplares numantinos (Jimeno *et alii*, 1999: 111, fig. 2, B y fig. 5, B6; Berzosa, 2005: 324, fig. 4, 9; Taberner *et alii*, 2005: 198).

Tarea extractiva igualmente en la que intervendrían los picos con mucha probabilidad sería la de obtención de arcillas y margas. Puesto que en muchos lugares meseteños las arcillas seccionadas por los cauces fluviales al haberse secado tras años de exposición al viento se han cuarteado formando bloques agrietados, es de suponer que también se extrajeran esos bloques mediante el uso de picos, introduciendo la punta o el filo en la grieta para después hacer palanca. Arcillas que usarían tanto los constructores como los alfareros. Al igual que ocurre con otras herramientas, carecemos de análisis de huellas de uso para precisar qué trabajo se ha realizado prioritariamente con cada pieza.



Figura 6. Elementos varios usados en las tareas constructivas. a y b. Hachas de hierro de Castiliterreño (Izana, Soria) y Cuesta del Mercado (Coca, Segovia); c. Compás de Numancia (Garray, Soria); d. Sierras del Llano de la Horca (Santorcaz, Madrid); e. Cuña de hierro para separar bloques de piedra o abrir la madera y cortafíos de hierro, de Numancia; f. Hacha-azuela de hierro de Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila); g. Martillos de hierro de Numancia. (a y d: Ruiz Zapatero *et alii*, 2012; b: Blanco García, 2018; c y g: Manrique Mayor, 1980; e: Jimeno, 2014; f: Álvarez-Sanchís, 2008). A diferentes escalas

Figure 6. Various elements used in the construction work. a and b. Iron axes from Castiliterreño (Izana, Soria) and Cuesta del Mercado (Coca, Segovia); c. Compass from Numancia (Garray, Soria); d. Saws from Llano de la Horca (Santorcaz, Madrid); e. Iron wedge to separate stone blocks or to split wood, and iron cutters, from Numancia; f. Iron axe-adze from Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila); g. Iron hammers from Numancia. (a and d: Ruiz Zapatero *et al.*, 2012; b: Blanco García, 2018; c and g: Manrique Mayor, 1980; e: Jimeno, 2014; f: Álvarez-Sanchís, 2008). Different scales

f. Hachas

Constituyen un tipo de herramienta de hierro de amplia difusión geográfica en el panorama poblacional de la Edad del Hierro meseteña. Debió de estar relacionada tanto con la tala para hacer acopio de leña como con la preparación de troncos y ramas con destino a la construcción. Dentro de los diversos tipos existentes, las más comunes son las de hoja trapezoidal, talón cuadrado o rectangular y tope entre ambas partes para sujetar el mango de madera, como bien sirven de ejemplo sendas piezas de Castiliterreño (Izana, Soria) y Cuesta del Mercado (Coca, Segovia) (figura 6, a y b, resp.). Como es de suponer, serían afiladas con frecuencia, por lo que las roturas y melladuras que muestran muchos ejemplares debieron de ser el motivo por el que sus propietarios las desecharon y abandonaron, o bien las dejaron en reserva pendientes de una futura reparación que nunca llegó, pues suelen aparecer en medios domésticos, no en contextos de basurero.

g. Sierras

En el mismo caso que las hachas se encuentran las sierras de hierro que han sido recuperadas en muchos poblados de la Segunda Edad del Hierro: que debieron de usarse tanto para la fabricación de mangos de madera para las herramientas y mobiliario (siempre muy escaso en las viviendas) como para preparar vigas, troncos y ramas destinados a la construcción. Y que son herramientas multiusos lo indica el hecho de que también están constatadas en el trabajo del hueso y del asta, sobre todo en tareas de selección de las porciones esqueléticas óseas y de las astas en las que se va a fabricar el útil concreto, sea un mango, un perforador o un *psalium* (Blanco García, 2018b: 49).

Generalmente, suelen aparecer solo pequeños fragmentos en las excavaciones (Numancia, Llano de la Horca, La Hoya...) (figura 6, d), pero en algunos casos se han recuperado sierras de más de 50 cm de longitud, como la hallada en la Casa 1 del poblado celtibérico de La Caridad (Caminreal, Teruel), que con sus 122 dientes conservados alcanza los 77,6 cm y está fechada en el siglo I a. C. (Ruiz Zapatero *et alii*, 2012: 234).

h. Compases

Es otro instrumento que debió de usarse tanto para trabajos en piedra (Jimeno *et alii*, 1999: 111, fig. 5, B3) como en madera, por parte de canteros y carpinteros respectivamente. A juzgar por los ejemplares recuperados en Numancia, y dentro de que morfológicamente son de un mismo tipo, tienen longitudes y pesos diversos: el n.º de inv. 7.549, 13 cm de longitud y 46 g de peso; el n.º de inv. 7.550, 16 cm de longitud y 66 g; y el s/n de inv. 22 cm de largo y 135 g (Manrique Mayor, 1980: 68-69, fig. 11, s/n y fig. 12, 7.549 y 7.550) (figura 6, c).

i. Mazos de madera

De todas las herramientas hasta aquí referidas se han conservado ejemplares en yacimientos de las dos submesetas porque se fabricaron en hierro, pero con los mazos de madera estamos en la misma situación que con los astiles, las adoberas o las escaleras portátiles: solo a través de evidencias indirectas sabemos que existieron, porque no se han conservado restos carbonizados en los que la nula o escasa transformación estructural nos haya permitido identificarlos. Con ellos se realizarían labores de carpintería y ensamblaje de piezas de madera en las construcciones, lo que nos ha permitido efectuar algunas recreaciones que resultan bastante creíbles, simplemente por sentido común (Ruiz Zapatero *et alii*, 2012: 150-153).

3. Herramientas 3D aplicadas al patrimonio constructivo

Hoy en día, la investigación del patrimonio arqueológico se apoya en gran medida en las posibilidades que ofrece la geomática para obtener productos 2D y 3D de alta calidad. En este sentido, es cada vez más habitual encontrar ejemplos de modelos 3D para documentar, conservar, analizar, estudiar posibles

técnicas de restauración o simplemente reproducir y visualizar diferentes estructuras y artefactos arqueológicos. En este tercer apartado vamos a describir, por un lado, las técnicas no invasivas que podemos utilizar para la documentación y análisis de los elementos, útiles y herramientas constructivas previamente descritos; en segundo lugar, veremos los diferentes atributos que podemos estudiar en estos artefactos, así como los resultados que obtendremos con la aplicación de estas técnicas a escala micro y macro.

En 1990, el investigador Paul Reilley publicó «Towards a virtual archaeology» (Reilley, 1990), artículo con el que nació el concepto de «arqueología virtual» para hablar de la construcción de modelos virtuales que ayudan en la investigación e interpretación del patrimonio arqueológico —aunque las primeras reconstrucciones virtuales se venían realizando ya desde los años ochenta—. Con el cambio de siglo, y como resultado de diferentes reuniones científicas, se publicaron diversos documentos que han sentado las bases de esta disciplina. La llamada *Carta de Londres*, publicada en 2006 y modificada en 2009, recogió una serie de principios y recomendaciones para utilizar las herramientas 3D en el campo del patrimonio cultural¹. Con ello se buscaba fomentar el rigor científico de las herramientas de visualización computarizada, como correspondería al método de investigación de cualquier disciplina científica (Beacham *et alii*, 2006; Denard, 2012). Posteriormente, en el año 2009 se celebró en Sevilla el I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación (ARQUEOLÓGICA 2.0), donde se puso de manifiesto la necesidad de revisar la *Carta de Londres* para crear un documento específico y consensuado internacionalmente para la arqueología virtual. Finalmente, tras diversas reuniones científicas, en el 2012 se publicaron los *Principios Internacionales de la Arqueología Virtual*² —conocidos como la *Carta de Sevilla* o *Principios de Sevilla*—, un documento en el que se reflejan conceptos y principios para regular las prácticas de esta disciplina, ofreciendo además recomendaciones para mejorar su implementación en el campo específico del patrimonio arqueológico.

Tras esta normalización de la arqueología virtual como disciplina científica, en la última década hemos asistido a un desarrollo vertiginoso en la investigación de técnicas y herramientas tridimensionales, con un triple objetivo: mejorar calidad de los resultados —para conseguir un mejor registro, conservación y reproducción de estructuras y artefactos—, reducir los tiempos de trabajo —tanto en la fase de toma de datos como en la de postprocesado— y minimizar costes (Lo Brutto y Meli, 2014). Como consecuencia, se ha desarrollado un conjunto de procedimientos que utilizan una importante variedad de equipos, *softwares* e instrumental para conseguir los mejores resultados en el menor tiempo y con los menores costes posibles.

Con aplicaciones a diferentes escalas, podemos dividir las técnicas que nos permiten documentar y reproducir los objetos arqueológicos en tres dimensiones en dos grandes grupos:

- Técnicas pasivas: aquellas cuyos sensores se limitan a recibir información, como es el caso de la fotogrametría o la microfotogrametría.
- Técnicas activas: aquellas que interactúan con la superficie de los artefactos mediante la emisión o proyección de algún tipo de señal —radar, láser o luz—, como puede ser la tomografía computerizada o el escáner láser.

3.1. Herramientas a nivel macro

A nivel macro, hoy en día existen dos técnicas principales que permiten generar modelos 3D de alta resolución: la fotogrametría y el escaneado láser (figura 7). A estas se suman otras técnicas menos trabajadas

¹ Carta de Londres: <<http://www.londoncharter.org>>.

² Principios Internacionales de la Arqueología Virtual: <<http://www.sevilleprinciples.com/>>.



Figura 7. Recreaciones 3D de construcciones protohistóricas: a. El Ceremeño (© Revives. <<http://revives.es/documental-castro-celtiberico-de-el-ceremeno-keltiberian-hillfort-el-ceremeno/>>); b. Las Merchanas (Romero Serra *et alii*, 2013: 17); c. Numancia (© Arqueomodel 3D. <<https://sketchfab.com/3d-models/numancia-casa-celtibera-8c5591c000ab4b60a6264f98521dd2e0>>)

Figure 7. 3D recreations of Protohistoric buildings: a. El Ceremeño (© Revives. <<http://revives.es/documental-castro-celtiberico-de-el-ceremeno-keltiberian-hillfort-el-ceremeno/>>); b. Las Merchanas (Romero Serra *et al.*, 2013: 17); c. Numancia (© Arqueomodel 3D. <<https://sketchfab.com/3d-models/numancia-casa-celtibera-8c5591c000ab4b60a6264f98521dd2e0>>)

desde la arqueología virtual, y en las que no profundizaremos aquí, como la videogrametría —obtención de modelos 3D a partir de vídeos (Ortiz-Coder y Pino Espinosa, 2013)— o la tomografía axial computarizada (TAC) —técnica basada en la transmisión y absorción de rayos X para obtener información tridimensional de la estructura interna y externa de los objetos de estudio (Isidro *et alii*, 2016)—.

3.1.1. Fotogrametría

La fotogrametría ha sido definida como «the art, science, and technology of obtaining reliable information about physical objects and the environment, through processes of recording, measuring, and interpreting images»³ (Colwell, 1997). En el año 1976, sin cámaras digitales y sin los complejos *softwares* que tenemos hoy en día, Antonio Almagro Gorbea presentó una conferencia en la que desgana las ventajas que esta técnica presentaba para la documentación arqueológica y de monumentos (Almagro Gorbea, 1976). Hoy en día, tras cuarenta y cinco años de constante evolución, la fotogrametría es una herramienta cada vez más habitual en las investigaciones arqueológicas tanto para documentar el avance de los procesos de excavación como para registrar estructuras y artefactos.

En los años noventa, su aplicación en los proyectos arqueológicos no era rentable debido a la cantidad de medidas y previsiones que había que tomar para obtener y procesar los datos: calibración muy precisa de las cámaras, cálculos sobre la posición concreta en la que había que tomar las fotografías, necesidades específicas de iluminación... Una serie de requerimientos y conocimientos técnicos que no se encontraban al alcance de los recursos y las carteras de la mayoría de los proyectos de investigación arqueológica. Sin embargo, gracias a los enormes avances que se han producido en este campo, esta técnica se ha democratizado y es accesible a un público cada vez más amplio: con tan solo una cámara digital —e incluso la cámara de un móvil— y con la ayuda de *softwares* especializados podemos obtener geometrías tridimensionales de gran precisión y un coste económico muy reducido.

La fotogrametría digital es una técnica que nos permite generar de forma semiautomática modelos tridimensionales y ortofotografías de alta resolución a partir de un conjunto de fotografías digitales. Gracias a este método no solo podemos realizar reproducciones de objetos, estructuras o superficies, sino también —siendo lo que más nos interesa en este capítulo— registrar con precisión sus propiedades geométricas, lo que supone una importante ventaja en la documentación arqueológica frente a otras técnicas tradicionales.

La fotogrametría utiliza la técnica Structure from Motion (SfM), que hoy en día se considera uno de los mejores métodos automatizados de alta resolución y bajo coste para conseguir modelos 3D, frente a otras soluciones más costosas como el escáner láser. Esta técnica se basa en el principio de pares estereoscópicos, gracias al cual se pueden construir modelos en tres dimensiones a partir de imágenes en dos dimensiones (Tomás *et alii*, 2016; Sapirstein y Murray, 2017; Jones y Church, 2020). Se identifican los puntos comunes en una serie de imágenes más o menos amplia, y se utiliza la triangulación para calcular las posiciones relativas de cada punto en sus tres dimensiones (x, y, z). Por tanto, para crear una reconstrucción tridimensional, simplemente se necesitan un número significativo de imágenes de un área o un objeto con un alto grado de superposición (de al menos el 60 %), tomadas desde diferentes ángulos. Aunque el requisito mínimo es que un punto sea visible en un mínimo de tres imágenes, cuantas más imágenes se tomen, mayor calidad tendrá el resultado. Para realizar el procesamiento más rápido, todas las imágenes deben tomarse al mismo tiempo con la misma cámara, aunque esto no es un requisito indispensable.

3 «El arte, la ciencia y la tecnología para obtener información fiable sobre objetos físicos y el medio, a través de un proceso de documentación, medición e interpretación de imágenes».

Las nubes de puntos tridimensionales resultantes se generan en un sistema de coordenadas de «espacio de imagen» relativo, es decir, que no tienen escala ni orientación. No obstante, se pueden alinear con un sistema de coordenadas del mundo real utilizando puntos de control terrestre (*ground control points*, GCP), tomados previamente, o utilizando imágenes georreferenciadas. Asimismo, se pueden establecer diversos puntos de control y documentar la distancia entre ellos, con lo que podremos escalar los modelos con precisión. Esto, en el caso de los objetos arqueológicos que aquí estudiamos, se puede hacer a través de dianas —puntos de referencia que el *software* reconozca automáticamente— o con escalas —cuya posición tendremos que introducir manualmente en el programa—.

Actualmente, para la realización de modelos tridimensionales existe una importante oferta de programas de código abierto o de pago, que van desarrollándose y mejorando a velocidades vertiginosas gracias a la activa colaboración de los usuarios y a las enormes inversiones de las grandes corporaciones. Entre las herramientas gratuitas más conocidas encontramos programas como COLMAP (programa creado por el investigador Johannes L. Schönberger, del Microsoft Mixed Reality & AI lab en Zürich), Meshroom (basado en el marco de trabajo de AliceVision, una organización académica cuyo objetivo principal es la democratización de las tecnologías de digitalización 3D), MicMac (desarrollado por el Instituto Geográfico Nacional de Francia y la Escuela Nacional de Ciencias Geográficas de Francia) o VisualSFM (creado por el ingeniero Changchang Wu, de la Universidad de Seattle). Por otro lado, las herramientas de pago más utilizadas, lanzadas por grandes compañías, son Autodesk ReCap Pro, Correlator3D, IMAGINE Protogrammetry o el más conocido Agisoft Metashape, con el que nosotros hemos realizado todos nuestros estudios.

Con diferentes características y posibilidades, estos programas permiten la creación de nubes de puntos a partir de las series de imágenes y, con esa nube, construir una malla, con la que tras una serie de tareas de optimización y limpieza se generará un modelo 3D con información geométrica, que representa con exactitud el elemento físico digitalizado. A este modelo poligonal se le aplica una textura, construida con la información registrada en las fotografías originales. Las mayores diferencias entre unos programas y otros las encontramos en su mayoría en las posibilidades que ofrecen cada uno de ellos a la hora de modificar ajustes y parámetros, editar nubes de puntos o mallas, los formatos de archivos de salida... pero, sobre todo, en el tiempo de procesamiento.

3.1.2. Escáner láser 3D

Por su parte, el escáner láser es un sensor activo de naturaleza topográfica, que realiza un barrido con un haz de láser de una superficie previamente establecida en el *software* asociado, captando miles de puntos por segundo. Esta tecnología permite generar imágenes y modelos 3D fotorrealísticos, de nuevo mediante una técnica sin contacto directo con la superficie del elemento a documentar. A principios del siglo XXI, el escáner láser 3D revolucionó los procedimientos para la captura automatizada de nubes de puntos, ya que permitió una adquisición de información de forma sistemática, a altas frecuencias y con un tiempo de trabajo muy reducido (Böhler, 2006). Junto a su rapidez, otra de las grandes ventajas frente a la fotogrametría es que la toma de datos con escáner láser 3D no se ve afectada por las condiciones de iluminación, pudiendo incluso trabajar a oscuras. No obstante, el peso de los escáneres y su alto coste ha ralentizado su utilización de forma generalizada en los proyectos arqueológicos. Actualmente, las dimensiones de los equipos son cada vez menores, lo que favorece su manejo. Sin embargo, su coste sigue siendo aún muy elevado para las partidas económicas de los proyectos de investigación. En este sentido, frente a la fotogrametría, la rentabilidad de este tipo de equipos se demuestra en levantamientos de grandes dimensiones y, sobre todo, cuando nos encontramos ante geometrías muy complejas.

Actualmente existe una gran cantidad de escáneres láser en el mercado. Podemos diferenciar principalmente dos grandes categorías según estén o no montados sobre plataformas móviles. Hablamos, así, de unidades dinámicas —como es el caso del LiDAR o el Mobile Mapping— o de unidades estáticas, categoría que engloba los escáneres que habitualmente se utilizan para la documentación de artefactos arqueológicos. Estos últimos, a su vez, se clasifican en tres tipos diferentes:

- Escáneres de tiempo de vuelo: aquellos que calculan la distancia midiendo el tiempo entre la emisión del pulso láser y la recepción tras reflejar en el objeto. Los equipos registran el tiempo, la intensidad de la energía reflejada y los parámetros de eje, calculando la distancia y, posteriormente, las coordenadas cartesianas de los puntos (Dias Wutke, 2006). Estos escáneres se emplean para grandes distancias, incluso de kilómetros, y son menos precisos a distancias cortas, sobre todo cuando hablamos de milímetros o centímetros.
- Escáneres de diferencia de fase: aquellos que calculan la distancia mediante la diferencia de fase entre la onda emitida y la recibida (Ortiz-Code y Pino Espinosa, 2013: 92). Es decir, aquel que utiliza las variaciones de onda de ida y de vuelta para hacer mediciones y posicionar los puntos de la nube. Este tipo de aparatos son más rápidos y precisos que los anteriores, pero tienen un menor alcance.
- Escáneres de triangulación óptica: aquellos que calculan las distancias a través del sensor láser y uno o dos sensores CCD (dispositivo de carga acoplada). Para ello, se emite el pulso láser y este, tras reflejar en la superficie del objeto, regresa y es recogido por los sensores. Estos escáneres tienen un corto alcance, no más de 10 m, y están recomendados para objetos pequeños con muchos detalles. Gracias a su precisión, se pueden documentar detalles a escala milimétrica (García-Gómez *et alii*, 2011: 28-29) y es, por tanto, el que más se utiliza para la documentación de objetos arqueológicos como los que estudiamos aquí.

Estos aparatos son capaces de capturar miles o millones de puntos por segundo, obteniendo nubes de puntos muy precisas sin apenas tratamiento de postprocesado, por lo que se reduce mucho el tiempo de trabajo y los costes asociados. Proporcionan, además, unos resultados mucho más precisos que los levantamientos fotogramétricos, logrando una exactitud milimétrica (± 2 mm) muy difícil de obtener mediante fotografías digitales. No obstante, la captura de datos mediante escáner láser no está exenta de cierta problemática, y hay determinadas condiciones —como las superficies reflectantes o una posición oblicua respecto al aparato— que empeoran sensiblemente la calidad del registro (Boehler *et alii*, 2013; Martínez Rubio, 2018). Asimismo, la calidad de las texturas suele ser menor que las obtenidas mediante los procesos fotogramétricos. Aunque cada día aumenta más su uso para todo tipo de aplicaciones arqueológicas y patrimoniales, el alto coste de la adquisición de los equipos y del *software* específico, así como de equipos lo suficientemente potentes para su postprocesado, siguen limitando de forma significativa su aplicación en la investigación arqueológica. No obstante, la posibilidad de alquilar el instrumental para utilizar el tipo de escáner que mejor se adecue a cada proyecto ha democratizado en gran medida esta tecnología.

3.1.3. Posibilidades de las herramientas tridimensionales a nivel macro

La aplicación de la fotogrametría y el escáner láser a materiales, útiles y herramientas constructivas de la Protohistoria de la meseta peninsular ofrece una multitud de posibilidades para la documentación, conservación y análisis de estos artefactos arqueológicos (figura 8). El principal objetivo con la utilización de estas técnicas es (1) la obtención de una copia digital de gran resolución de los objetos que estudiamos,

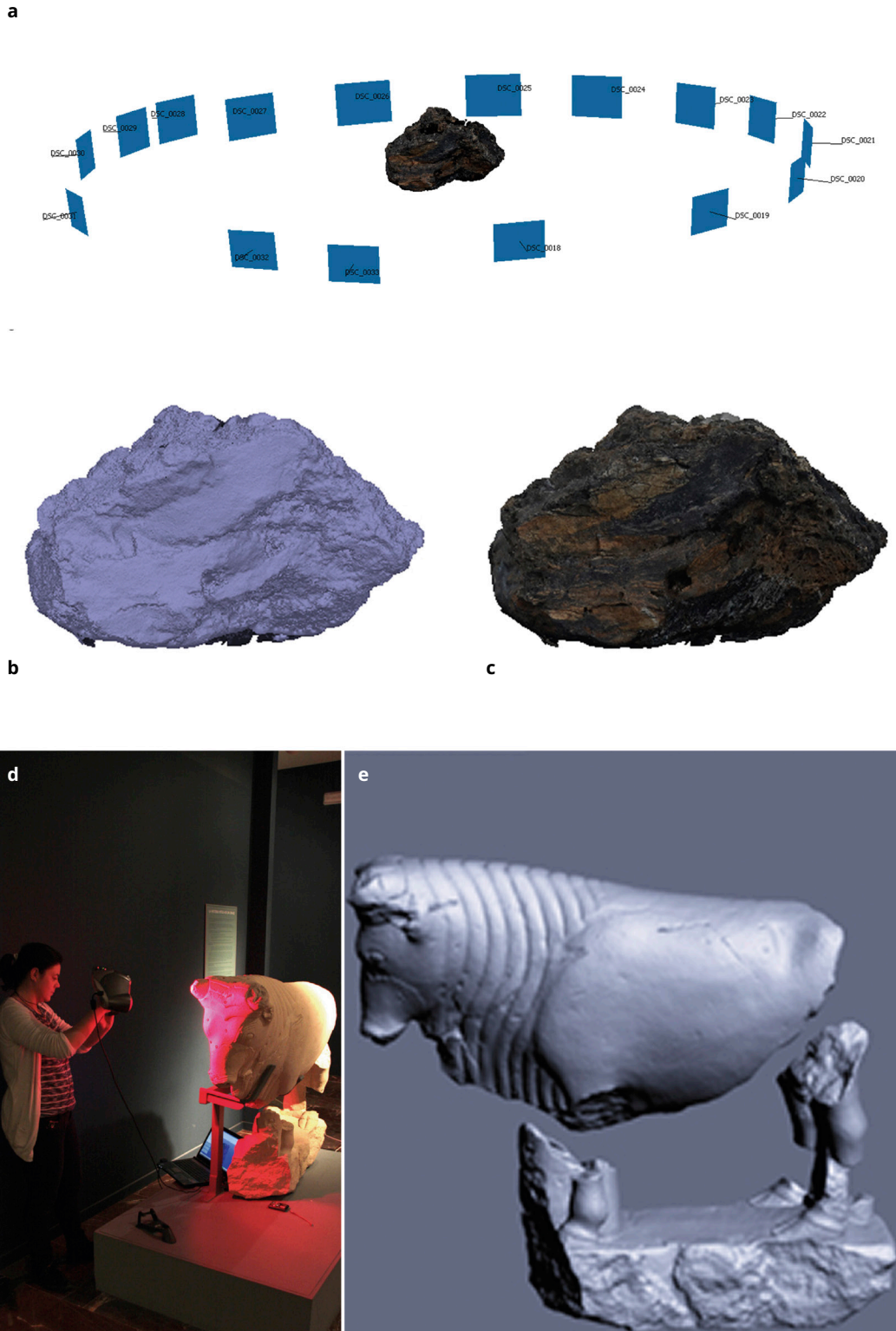


Figura 8. Técnicas 3D a nivel macro. Fotogrametría: a. Nube de puntos y posición de cámaras, b. Modelo 3D y c. Modelo 3D con textura. Escáner láser: d. Técnica (Sánchez Vizcaíno *et alii*, 2014: 125) y e. Resultado (3D-ICONS, Instituto de Arqueología Ibérica-Universidad de Jaén. <http://europeana.eu/portal/record/2020729/HA_43.html>. © Lucía Ruano 2020

Figure 8. 3D techniques at macro level. Photogrammetry: a. Dense cloud and cameras, b. 3D model and c. 3D textured model. Laser scanning: d. Technique (Sánchez Vizcaíno *et al.*, 2014: 125) and e. Results (3D-ICONS, Instituto de Arqueología Ibérica-Universidad de Jaén. <http://europeana.eu/portal/record/2020729/HA_43.html>. © Lucía Ruano 2020

en la que queda registrada con precisión su información geométrica. Al igual que la documentación tradicional fotográfica y en dibujo, los modelos 3D son un instrumento más para garantizar la conservación de la información arqueológica, que puede utilizarse tanto para realizar estudios y análisis, como para apoyar visualmente los datos recogidos en memorias, informes y publicaciones científicas o de divulgación.

Las copias digitales de estos materiales, útiles y herramientas pueden, y deben, utilizarse para (2) mejorar la calidad científica de las infografías que se presentan en las publicaciones o en la cartelería de museos y yacimientos. Como hemos mencionado en nuestra introducción, es cada vez más habitual que se realicen modelizaciones 3D para acompañar visualmente la información escrita sobre yacimientos y estructuras de la Protohistoria meseteña. No obstante, los artefactos que estudiamos en este capítulo no suelen verse reflejados en ellas de forma científica, sino que habitualmente aparecen simplificados o generalizados, e incluso, en muchos casos, ni siquiera se reflejan. Este es el caso, por ejemplo, de los diferentes sistemas para sujetar las cubiertas vegetales, ya que en muchas infografías las cubiertas aparecen colocadas directamente sobre los entramados de madera, y no se refleja ninguno de los diferentes sistemas que se han documentado gracias a la información arqueológica o etnográfica, como pueden los contrapesos de piedra, las redes de cuerdas, los armazones de madera, las cortezas de los árboles o la mezcla del propio material vegetal con barro. Tampoco es habitual encontrar detalles de los sistemas de cierre, en relación con las piedras quicialeras o los herrajes hallados en las intervenciones arqueológicas, así como otros mecanismos que pueden inferirse a partir de evidencias indirectas o etnográficas.

En consecuencia, aunque no podemos olvidar que no todos los modelos tienen los mismos objetivos ni el mismo público, y por tanto el nivel de detalle varía enormemente, debemos aprovechar el estudio y digitalización 3D de los materiales que aquí presentamos para plantear reconstrucciones más científicas, que tengan en cuenta todos los datos que se obtienen de las investigaciones arqueológicas. En este sentido, creemos que la comunidad científica se beneficiaría enormemente con (3) la creación de un catálogo o base de datos *online* —en la misma línea que la biblioteca digital de la cultura europea, *Europeana*⁴ (D'Andrea *et alii*, 2012; Sánchez Vizcaino *et alii*, 2014)—, en la que los diferentes equipos volcasen los modelos 3D de las piezas halladas en sus investigaciones, lo que permitiría examinar estos elementos arqueológicos cuando no puedan visitarse físicamente yacimientos o museos. Podrían establecerse así relaciones transculturales en el tiempo y en el espacio, que enriquecerán significativa los estudios, sin desembolsar los costes que requiere testear las diferentes hipótesis interpretativas mediante reconstrucciones físicas.

Por otro lado, la existencia de estas copias digitales ofrece ventajas respecto a la conservación de las piezas, ya que nos permite realizar un (4) registro exhaustivo de su estado actual y nos ayuda a monitorizar sus cambios a lo largo del tiempo. Con ello, podemos valorar la idoneidad de los protocolos de conservación y restauración en yacimientos y museos. Esta aplicación es valiosa para todas las piezas que estudiamos aquí, pero, sobre todo, resulta de especial interés para aquellos artefactos que se dejan *in situ* en los yacimientos, como son los hogares, hornos, secciones de alzados de tapial o de adobe, o pavimentos de distinto tipo. Estos elementos, que por sus características propias no suelen ser extraídos en las campañas de excavación, sufren en mayor o menor medida las consecuencias del paso del

⁴ *Europeana* es una biblioteca digital europea en la que se incluyen fondos culturales de los veintisiete estados miembros de la Unión Europea: libros, películas, pinturas, manuscritos, mapas... y modelos 3D de elementos patrimoniales (www.europeana.eu/). Dentro de la comunidad *Europeana*, existen líneas especializadas en la digitalización en 3D (<http://3dicons-project.eu/>), en realidad virtual y aumentada (<http://www.vi-mm.eu/>), la aplicación de la metodología BIM al patrimonio histórico, HBIM (<https://www.inception-project.eu/en>) y en la divulgación de elementos patrimoniales en la plataforma *Sketchfab* (<https://share3d.eu/>).

tiempo, por lo que una digitalización 3D nos ayudaría no solo a conservar una copia digital de las piezas en el estado en el que se hallaron, sino a registrar su evolución para valorar y mejorar los procesos y las técnicas de conservación y restauración en el futuro.

Asimismo, la digitalización en 3D también nos ayuda a analizar diferentes aspectos de las piezas arqueológicas que van más allá de su conservación o su uso en infografías. Como hemos reflejado reiteradamente en este trabajo, los modelos 3D recogen con precisión la información geométrica de la pieza, lo que nos aporta muchas ventajas a la hora de (5) analizar los materiales sin tener contacto directo con la pieza, por lo que favorece la preservación del objeto original. En este sentido, con una correcta documentación geométrica, podemos realizar mediciones sobre el modelo digital sin necesidad de manipularlo físicamente, así como ejecutar todo tipo de pruebas y test virtuales que sobre el objeto real podrían tener un carácter destructivo —hablamos de mediciones de distintos elementos, secciones, volúmenes...—. Esto nos permite obtener la máxima información posible para realizar (a) estudios tipológicos y de metrología, pudiendo así establecer comparaciones entre piezas, estructuras y yacimientos; (b) investigar sobre las materias primas, las tecnologías y los trabajos necesarios para su manufactura; o (c) analizar sus características para documentar correctamente su biografía en relación con usos, tareas de mantenimiento, abandono o reutilización (por ejemplo, D'Aranno *et alii*, 2016).

Pero, además de obtener un modelo 3D de la pieza, la enorme ventaja de los *software* de modelización en 3D es que nos permiten, a partir de la copia digital, (6) recrear virtualmente piezas fragmentadas o incompletas, así como (7) restituirlas en su posición original en las estructuras. En este sentido, podemos realizar anastilosis de alzados de adobe o manteado derrumbados (por ejemplo, Stampouloglou *et alii*, 2020); reconstruir elementos parcialmente perdidos, como suele ser el caso de pavimentos o enlucidos, diferenciando sus distintas capas y elementos (por ejemplo, Caldeira *et alii*, 2019); restituir las placas decorativas o las pinturas desprendidas a su posición original en los alzados de las cabañas (por ejemplo, Adembri *et alii*, 2018; Atienza Fuente, 2019); analizar los huecos de los alzados o agujeros de poste en el pavimento para conocer mejor la disposición de los armazones de la cubierta (por ejemplo, Ruano Posada, 2020: fig. 13.30 y 13.31); o proponer diferentes sistemas de giro de las puertas gracias a las evidencias directas e indirectas; entre otros muchos aspectos.

En esta misma línea, las herramientas 3D que aquí analizamos suponen una importante ayuda para el estudio de las escasas evidencias pictóricas documentadas en los alzados de algunas estructuras (Barrio Martín, 1986-1987; Blanco y Retuerce, 2010; Ramírez Ramírez, 1999). En la práctica totalidad de los casos, los alzados aparecen muy fragmentados, por lo que es difícil reconocer patrones y reconstruir los motivos pictóricos. Además, la enorme fragilidad de los fragmentos de barro crudo que sirvieron de lienzo dificulta su manipulación física. En este sentido, al igual que se ha hecho en proyectos de muy diferentes contextos crono-culturales —como la digitalización y reconstrucción de la *Forma Urbis* en Roma (Koller *et alii*, 2006)—, la digitalización de los fragmentos nos ayudaría a encajar los enlucidos y reconstruir los motivos pictóricos, restituyendo los posibles huecos, lo que nos ayudaría a conocer mejor uno de los elementos más delicados que podemos hallar en las excavaciones.

3.2. Herramientas a nivel micro

Los objetos arqueológicos de carácter constructivo también pueden y deben ser analizado mediante técnicas a nivel microscópico, que nos permitan estudiar y documentar otros aspectos sobre su fabricación, uso y abandono. Hasta hace unos años, estas evidencias eran documentadas mediante técnicas microscópicas, pero en los últimos años se ha vivido un crecimiento exponencial de técnicas fotogramétricas y técnicas láser, que no solo han alcanzado el mismo nivel de precisión, sino que han sido capaces incluso de superar los resultados de las costosas herramientas microscópicas (Maté-González *et alii*, 2017) (figura 9).

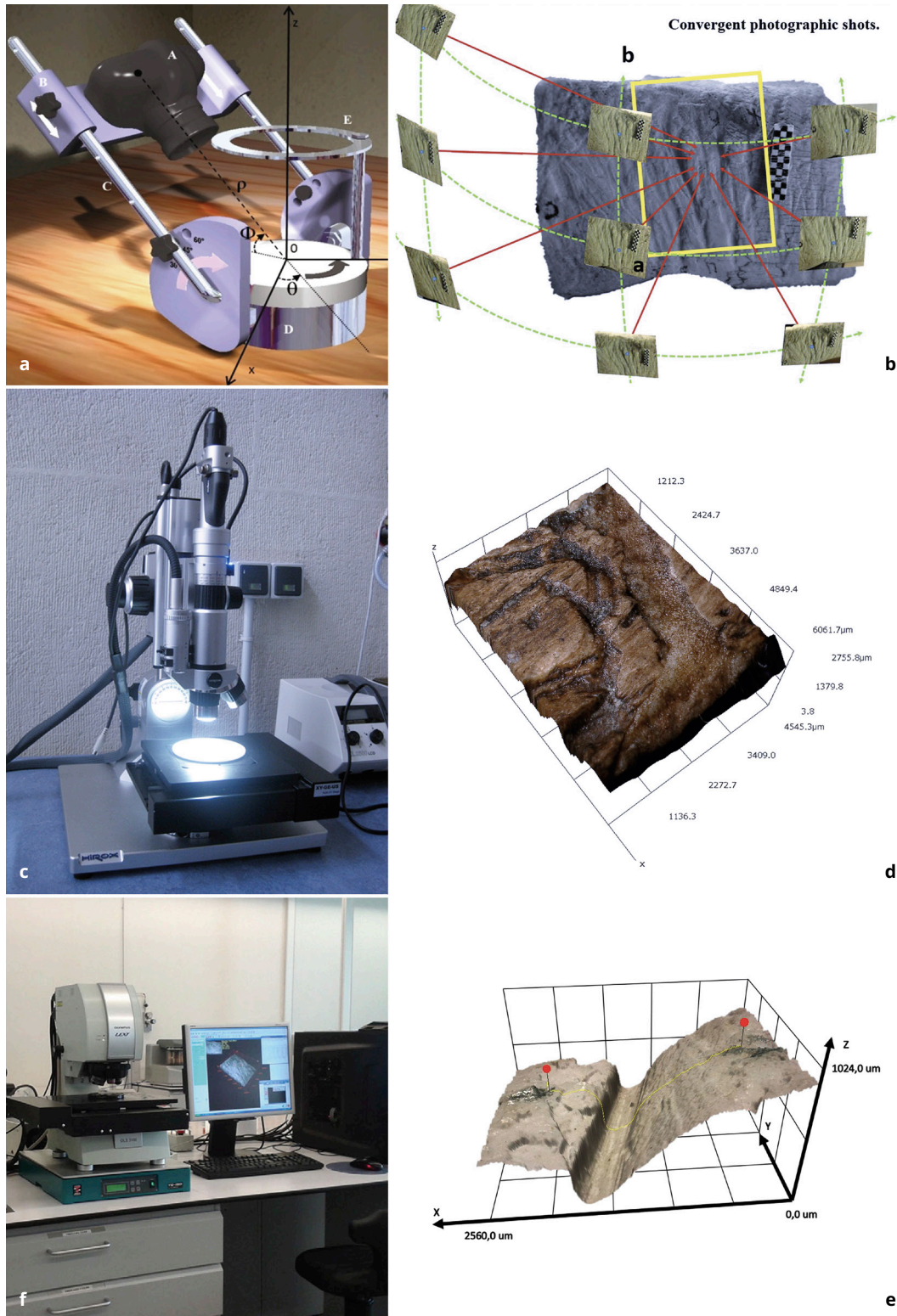


Figura 9. Técnicas 3D a nivel micro. Microfotogrametría: a. Técnica (Galantucci *et alii*, 2018: 63) y b. Resultados (Yravedraa *et alii*, 2017: 108). Microscopio digital tridimensional (3D DM): c. Técnica (Mélard *et alii*, 2016: 906) y d. Resultados (Mélard *et alii*, 2016: 907). Microscopía confocal láser de barrido (LSCM): e. Técnica (Maté-González *et alii*, 2017: 360) y f. Resultados (Maté-González *et alii*, 2017: 361)

Figure 9. 3D techniques at micro level. Micro-photogrammetry: a. Technique (Galantucci *et al.*, 2018: 63) and b. Results (Yravedraa *et al.*, 2017: 108). Three-dimensional digital microscope (3D DM): c. Technique (Mélard *et al.*, 2016: 906) and d. Results (Mélard *et al.*, 2016: 907). Laser scanning confocal microscopy (LSCM): e. Technique (Maté-González *et al.*, 2017: 360) and f. Results (Maté-González *et al.*, 2017: 361)

Lamentablemente, en la investigación arqueológica, este tipo de técnicas no se han utilizado de forma sistemática en el análisis de materiales constructivos, en ninguna época. Por el contrario, es más habitual encontrar este tipo de enfoques aplicados al estudio de las marcas de corte, de uso o grabados en hueso (Abrams *et alii*, 2014; Gu *et alii*, 2014; Maté-González *et alii*, 2015, 2017, 2018; Blasco *et alii*, 2016; Bello y Galway-Witham, 2019); de grabados rupestres (Güth, 2012; Plisson y Zotkina, 2015; García y Barciela, 2019; Gil-Docampo *et alii*, 2020); de marcas o grafitos sobre cerámica (Montani *et alii*, 2012); o de conservación y diagnóstico de diferentes elementos patrimoniales (Tiano *et alii*, 2008). No obstante, estas metodologías se van incorporando progresivamente al estudio de otros artefactos, como por ejemplo piezas extraídas de pecios, ya que su fragilidad limita su manipulación a la hora de realizar análisis (Ashkenazi y Cvikel, 2020; Bram *et alii*, 2020).

3.2.1. Microfotogrametría

La microfotogrametría es una técnica novedosa que, siguiendo en los mismos principios que la fotogrametría, permite obtener modelos 3D en alta resolución de un área concreta de la superficie de un artefacto a través de diferentes imágenes digitales solapadas. Gracias a la gran calidad de las cámaras digitales actuales y de los objetivos macro (con una distancia focal entre 50 mm y 200 mm), así como al uso de un trípode o soporte y una buena iluminación, es posible obtener imágenes de alta resolución a escala milimétrica e, incluso, submilimétrica, lo que nos permite construir modelos tridimensionales de detalles muy específicos de los materiales estudiados (Perocco *et alii*, 2017; Sims-Waterhouse *et alii*, 2017).

Frente a los métodos que veremos a continuación, su mayor ventaja es su reducido coste. No obstante, para realizar un modelo tridimensional mediante microfotogrametría es necesario tener un amplio conocimiento de fotografía y de las características morfológicas del objeto de estudio. En este sentido, es necesario realizar una correcta calibración de los parámetros de la cámara, para gestionar el desenfoque de la imagen y la presión del patrón. Asimismo, una buena gestión de la luz es una cuestión trascendental para la obtención de un buen modelo, por lo que se utilizan diferentes focos de iluminación artificial, así como otros elementos de apoyo, como las cajas de luz. Este utensilio permite controlar la iluminación para obtener una luz uniforme y evitar la aparición de sombras y brillos en las fotografías. Por otro lado, el tiempo de toma de datos y procesado es mucho mayor que con los métodos que veremos a continuación, ya que todo el proceso puede tomar casi una hora de trabajo.

3.2.2. Microscopio digital 3D

Los microscopios digitales son instrumentos que no precisan oculares, sino en los que una cámara digital funciona como detector y las imágenes se visualizan en un monitor o pantalla de ordenador. Más allá de la observación directa de la superficie de la pieza, estos instrumentos están ganando cada vez más popularidad en el campo de la investigación arqueológica ya que permiten la reconstrucción de superficies en 3D con una toma de datos muy rápida. En apenas unos segundos se pueden realizar y procesar varias decenas de fotografías: por ejemplo, la toma 10 fotografías y la obtención de su representación 3D se puede realizar en apenas un segundo.

Estos instrumentos incluyen sistemas de autoenfoque ultrarrápidos, lo que ayuda a prevenir el error humano en el enfoque, y permiten realizar mediciones precisas y calibradas en tiempo real de diámetros, ángulos y áreas, así como de la topografía y rugosidad de la superficie (Ashkenazi y Cvikel, 2020). Por otro lado, al igual que con la microfotografía, para obtener buenos resultados es fundamental una correcta iluminación, por lo que es necesario planificar previamente la intensidad y la incidencia de la luz para que su distribución sea uniforme en toda la superficie y que las zonas más profundas también estén iluminadas.

3.2.3. Microscopio confocal láser de barrido

El microscopio confocal forma parte de las técnicas de microscopía de luz fluorescente, y permite obtener imágenes de un único plano confocal, eliminando la luz procedente de los planos fuera del foco, por lo que la calidad de las imágenes obtenidas es mucho mayor. A diferencia de la fluorescencia convencional, utiliza láser como fuente de luz. Así, se emite un haz que atraviesa un pequeño diafragma, que es el que impide el paso de la luz de los planos fuera del foco.

Con este instrumento podemos tomar varias fotografías a diferentes profundidades de campo, lo que nos permite reconstruir la superficie de un objeto en tres dimensiones con una alta calidad. Sobre este modelo podemos estudiar los diferentes parámetros de la microtopografía de la superficie de los artefactos, evitando los problemas relacionados con la intensidad o incidencia de la luz directa. Al igual que con el microscopio digital 3D, la principal ventaja de esta herramienta es la rapidez en la toma de datos y en el procesamiento. Sin embargo, la resolución y la calidad del color y la textura del modelo 3D es mucho menor que con los instrumentos previamente descritos (Maté-González *et alii*, 2017).

3.2.4. Posibilidades de las herramientas tridimensionales a nivel micro

Diversos estudios comparativos han sido capaces de demostrar que las nuevas metodologías de documentación fotogramétrica y láser son capaces de igualar —e incluso superar en algunos contextos y en determinados materiales— los resultados de las técnicas microscópicas (Maté-González *et alii*, 2017). En este sentido, aunque la microfotogrametría requiera una mayor captura de datos y un mayor tiempo de procesamiento, presenta una enorme ventaja para la investigación arqueológica: su bajo coste. Con una pequeña formación previa, estamos ante una técnica accesible a todos los miembros de la comunidad científica y muy flexible respecto a su transporte, lo que nos permite trabajar tanto a pie de yacimientos como en museos.

Como se ha demostrado ampliamente en otros campos de la investigación arqueológica, este tipo de análisis a escala micro presentan un enorme potencial para la investigación de los elementos constructivos que aquí estudiamos, ya que nos proporciona la posibilidad de estudiar la microtopografía de la superficie de los artefactos, detectando con ello discontinuidades o defectos microscópicos de los que se pueden inferir diferentes cuestiones sobre su manufactura y uso.

En esta línea, un escaneado de la superficie de adobes, tapiales o manteados de barro de los alzados de las cabañas meseteñas nos pueden (1) aportar información sobre las materias primas utilizadas en su fabricación, ya que, por ejemplo, se podrían obtener impresiones digitales de los huecos dejados por los estabilizantes vegetales o los entramados de madera, estos últimos en el caso de los manteados. Estas improntas nos ayudarían a identificar los materiales utilizados para evitar el agrietamiento del barro, habitualmente paja, pero también semillas de cereal, glumas, frutos... Asimismo, también permitirían identificar las especies vegetales utilizados para levantar los armazones internos de madera gracias a las huellas dejadas por sus cortezas. Todo ello aportaría información no solo sobre los procesos de manufactura, sino también sobre el paleoambiente y la economía de las sociedades meseteñas protohistóricas.

Al mismo tiempo, el análisis de la superficie de estos materiales también nos ayudaría a (2) identificar las distintas herramientas utilizadas en su fabricación, de las que apenas tenemos información arqueológica ya que o no se han conservado o no se pueden relacionar directamente con los procesos constructivos. Siguiendo las metodologías aplicadas en otros campos, como por ejemplo en los análisis traceológicos (Maté-González *et alii*, 2015, 2016, 2018; Courtenay *et alii*, 2018) o en los estudios de los grabados rupestres o en hueso (Güth, 2012; Alexander *et alii*, 2015; Plisson y Zotkina, 2015; Mélard *et alii*, 2016;), podemos reconocer las diferentes marcas que han quedado registradas en la superficie

de barro antes de su secado. Así, sería posible identificar el uso repetido de las mismas adoberas o estructuras para la fabricación de adobes o tapiales, de llanas para el alisado de manteados o pavimentos, o de pinceles o brochas para la aplicación de enlucidos de cal o pinturas. Al mismo tiempo, estas técnicas nos permitirían analizar en detalle las decoraciones de las placas y prismas hallados en los yacimientos riojanos y navarros (Romero Carnicero y Pablo Martínez, 2019), pudiendo mejorar nuestro conocimiento sobre los instrumentos utilizados para la realización de los motivos excisos.

Este mismo tipo de análisis traceológicos mediante herramientas tridimensionales nos ayudarían a (3) documentar las huellas de uso en distintos elementos. Este sería el caso, por ejemplo, de los pesos de las cubiertas, bien de barro bien de piedra, ya que analizando sus superficies podríamos llegar a determinar si estaban colocadas directamente sobre la techumbre vegetal o formaban parte de un sistema más complejo de cuerdas y contrapesos, como parecen evidenciar las rozaduras que presentan algunas de ellas. De la misma forma, el análisis detallado de los elementos relacionados con las puertas, como son las piedras quicialeras u otros mampuestos de las jambas, nos ayudarían a entender mejor los sistemas de cierre que se habrían implementado en los distintos yacimientos y fases de ocupación.

Por otro lado, estas técnicas presentan una implementación novedosa en (4) el estudio de los objetos metálicos documentados en los yacimientos, tanto elementos estructurales (clavos, escarpías, bisagras...) como herramientas (cuñas, barrenas, cinceles, martillo, picos...). En este sentido, los análisis realizados en la superficie de piezas metálicas de diversos yacimientos subacuáticos (Ashkenazi y Cvikel, 2020) han demostrado que mediante estas técnicas 3D podemos conocer detalles sobre su microtopografía, morfología, rugosidad y defectos estructurales, a partir de las cuales podemos inferir cuestiones relativas a su composición, manufactura —como por ejemplo la intensidad del martilleado—, utilización, procesos postdeposicionales y actual estado de conservación.

4. Conclusiones

En la actualidad, el repertorio de elementos estructurales que se pueden individualizar en la arquitectura protohistórica meseteña, así como el de útiles y herramientas que tienen relación directa tanto con las tareas constructivas como con el uso que de las edificaciones se ha hecho a lo largo de su vida útil, es ciertamente amplio, como se ha podido comprobar en las páginas precedentes. Sin embargo, hasta ahora la investigación tenía su techo, ya que no se podía ir más allá de simples dibujos y fotografías para dejar constancia gráfica de los mismos y, a partir de aquí, construir explicaciones e hipótesis para acercarnos a la realidad de la vida cotidiana de las sociedades que estudiamos. Las nuevas técnicas 3D de presentación, estudio y análisis de estructuras arquitectónicas y objetos relacionados con la construcción —o con cualquier otra actividad—, están permitiendo exprimir hasta sus últimas consecuencias el enorme caudal de detalles que se nos estaban escapando a los investigadores y que ahora se pueden poner a disposición de la comunidad científica.

Las numerosas campañas de excavación y prospección llevadas a cabo en los diferentes asentamientos de la Meseta y del alto Ebro han sacado a la luz un importante conjunto de materiales, útiles y herramientas relacionadas con las arquitecturas protohistóricas. Estos artefactos, aunque citados de forma recurrente en la bibliografía científica, no siempre son objeto de estudios detallados y, de forma general, no aparecen bien reflejados en las recreaciones virtuales que se han realizado de yacimientos y construcciones individuales. Sin embargo, el uso de herramientas 3D para la visualización y el análisis de estos restos arqueológicos ha demostrado en los últimos años un enorme potencial no solo en las labores de difusión y puesta en valor del patrimonio, sino también en las tareas de conservación y de investigación de los diferentes elementos asociados a las construcciones.

Aunque aún están lejos de las ilustraciones más clásicas, las recreaciones virtuales vienen ganando cada vez más espacio en los museos y en las más diversas actividades de divulgación (aulas arqueológicas, recreaciones de yacimiento, etc.), ya que las posibilidades que ofrecen para la reconstrucción de los espacios y de sus contextos son extraordinarias. Con esta presentación hemos querido ir un paso más allá y poner de manifiesto las posibilidades que presentan estas herramientas a nivel macro y micro para el análisis de los materiales y las herramientas vinculadas con los procesos de construcción protohistóricos. Y es que a partir de una correcta documentación de estas piezas mediante las herramientas explicadas podemos garantizar no solo su conservación, sino también, y sobre todo, estudiar con más detalle cada pieza y mejorar nuestra comprensión sobre su composición, fabricación y uso, lo que nos ayudará a entender mejor la realidad histórico-arqueológica que investigamos.

No obstante, en estas páginas se ha puesto de manifiesto que en nuestro contexto crono-cultural este tipo de herramientas y trabajos son prácticamente desconocidos. Consideramos necesario destacar la importancia de la documentación tridimensional de este tipo de materiales menos monumentales, que nos permitan crear catálogos virtuales de materiales constructivos protohistóricos, lo que a su vez facilitará su difusión y el intercambio de información entre investigadores que estudien distintos contextos cronoculturales. Asimismo, pensamos que es indispensable establecer una correcta metodología para documentar y analizar este tipo de piezas tridimensionalmente, con lo que creemos se fomentará su uso en los proyectos de investigación. Por último, defendemos de nuevo la necesidad de impulsar la interdisciplinariedad, ya que solo uniendo los conocimientos de arqueólogos, arquitectos, constructores, técnicos e ilustradores de realidades virtuales podremos obtener el máximo provecho de las herramientas 3D.

Bibliografía

- Abarquero Moras, F.J. (2006-2007): “Simbolismo cenital en el mundo vacceo. A propósito de un recipiente de cerámica de Las Eras de San Blas (Roa, Burgos)”. *BSAA arqueología*, LXXII-LXXIII: 183-209.
- Abarquero Moras, F.J. y Palomino Lázaro, A.L. (2006): “Vertavillo, primeras excavaciones arqueológicas en un oppidum vacceo del Cerrato palentino”. *PITTM*, 77: 31-116.
- Abarquero Moras, F.J. y Palomino Lázaro, A.L. (2012): *Arquitectura doméstica y mundo simbólico en la ciudad vaccea de Rauda. La ‘Casa del Sótano’ en las Eras de San Blas (Roa, Burgos)*. Burgos.
- Abrams, G., Bello, S.M., Di Modica, K., Pirson, S. y Bonjean, D. (2014): “When Neanderthals used cave bear (*Ursus spelaeus*) remains: Bone retouchers from unit 5 of Scladina Cave (Belgium)”. *Quaternary International*, 326-327: 274-287. <<http://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.10.022>>.
- Adembri, B., Cipriani, L. y Bertacchi, G. (2018): “Virtual anastylosis applied to the architectural decoration of mixtilinear buildings in Villa Adriana: the case study of the scattered friezes of the Teatro Marittimo”. *Applied Geomatics*, 10: 279-293. <<https://doi.org/10.1007/s12518-018-0207-5>>.
- Alexander, C., Pinz, A. y Reinbacher, C. (2015): “Multi-scale 3D rock-art recording”. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2 (2-3): 181-195. <<https://doi.org/10.1016/j.daach.2015.02.003>>.
- Almagro Gorbea, A. (1976): “Aplicaciones de la Fotogrametría como auxiliar en Arqueología y Restauración de Monumentos”. *Ciclo de Conferencias sobre Fotogrametría, Técnicas Instrumentales*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid: 21-42.
- Álvarez-Sanchís, J.R. (1999): *Los vettones*. Bibliotheca Archaeologica Hispana, 1. Madrid.
- Álvarez-Sanchís, J.R. (2008): *Vettones. Pastores y guerreros en la Edad del Hierro*. Catálogo de la Exposición (Alcalá de Henares, 2008). Museo Arqueológico Regional de la CAM. Madrid.
- Álvarez-Sanchís, J.R., Ruiz, G., Lorrio, A., Benito-López, J.E. y Alonso, P. (1998): “Las Cogotas: anatomía de un oppidum vettón”. En M. Mariné y E. Terés (coords.): *Homenaje a Sonsoles Paradinas*. Ávila: 73-94.

- Ashkenazi, D. y Cvikel, D. (2020): "A journey into the microstructure: Using a multifocal 3D digital light microscope to study archaeological artefacts retrieved from shipwrecks". *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 16: 200129. <<https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00129>>.
- Atienda Fuente, J. (2019): "El complejo termal monumental de la ciudad romana de *Valeria*: propuesta de reconstrucción virtual de sus ambientes fríos a la luz de los hallazgos arqueológicos". *Virtual Archaeological Review*, 10(21): 116-131. <<https://doi.org/10.4995/var.2019.11317>>.
- Balmaseda, L.J. y Valiente, S. (1979): "Excavaciones en El Cerrón (Illescas, Toledo)". *Noticiario Arqueológico Hispánico*, 7: 153-210.
- Barril Vicente, M. (1992): "Instrumentos de hierro procedentes de yacimientos celtibéricos de la provincia de Soria en el Museo Arqueológico Nacional". *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 10: 5-24.
- Barrio Martín, J. (1986-1987): "Elementos arquitectónicos del poblado prerromano de la plaza del Castillo de Cuéllar (Segovia)". *Zephyrus: Revista de Prehistoria y Arqueología*, 39-40: 169-177.
- Barrio, J. (1993): "Estratigrafía y desarrollo poblacional en el yacimiento prerromano de la Plaza del Castillo (Cuéllar, Segovia)". En F. Romero, C. Sanz y Z. Escudero (eds.): *Arqueología Vaccea. Estudios sobre el Mundo Prerromano en la Cuenca Media del Duero*. Valladolid: 173-212.
- Barroso Bermejo, R.M. y Díez Rotea, C. (1999): "El castro de Hocincavero, Anguita, Guadalajara. Un avance de sus excavaciones". En J.A. Arenas Esteban y M.ªV. Palacios Tamayo (coords.): *El origen del mundo celtibérico. Actas de los encuentros sobre el origen del mundo celtibérico*. Guadalajara: 97-101.
- Beacahm, R., Denard, H. y Niccolucci, F. (2006): "An Introduction to the London Charter". En M. Ioannides, D. Arnold, F. Niccolucci y K. Mania (eds.): *The e-volution of Information Communication Technology in Cultural Heritage: where hi-tech touches the past: risks and challenges for the 21st century. Project papers from the joint event CIPA / VAST / EG / EuroMed 2006*. Archaeolingua: 263-269. Budapest.
- Beltrán Martínez, A. (1982): "El gran edificio de adobe de *Contrebia Belaisca* (Botorríta): hipótesis y estado de la cuestión". *Boletín del Museo de Zaragoza*, 1: 95-108.
- Bello, S.M. y Galway-Witham, J. (2019): "Bone taphonomy inside and out: Application of 3-dimensional microscopy, scanning electron microscopy and micro-computed tomography to the study of humanly modified faunal assemblages". *Quaternary International*, 517: 16-32. <<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.02.035>>.
- Blanco García, J.F. (1997): "Zoomorfos celtibéricos en perspectiva cenital. A propósito de los hallazgos de *Cauca* y el castro 'Cuesta del Mercado' (Coca, Segovia)". *Complutum*, 8: 183-203.
- Blanco García, J.F. (1998): "Las producciones cerámicas del alfar vacceo de *Cauca* (Coca, Segovia)". *Madrid Mitteilungen*, 39: 121-141.
- Blanco García, J.F. (2015a): "Piedra y barro. La muralla de la ciudad vaccea de *Cauca*". *Vaccea Anuario* 2014, 8: 38-46.
- Blanco García, J.F. (2015b): "La muralla de *Cauca* vaccea". *Espacio, Tiempo y Forma. Serie I, Prehistoria y Arqueología*, 8: 87-134.
- Blanco García, J.F. (2016): "La vivienda vaccea". *Oppidum. Cuadernos de Investigación*, 12: 43-84.
- Blanco García, J.F. (2018a): *Cauca vaccea. Formación, desarrollo y romanización de una ciudad*. Vaccea Monografías, 5. Centro de Estudios Vacceos 'Federico Wattenberg' de la Universidad de Valladolid. Valladolid.
- Blanco García, J.F. (2018b): "Útiles y adornos vacceos fabricados en materias óseas". *Vaccea Anuario* 2017, 11: 48-57.
- Blanco García, J.F., Pérez González, C. y Reyes Hernando, O.V. (2012-2013): "Campana de excavación arqueológica de 1999 en *Cauca* (Coca, Segovia). La secuencia estratigráfica". *Oppidum. Cuadernos de Investigación*, 8-9: 29-144.

- Blanco García, J.F. y Retuerce Velasco, M. (2019): “Últimas intervenciones arqueológicas en el Cerro de La Mota (Medina del Campo, Valladolid)”. *Vaccea Anuario*, 3: 77-79.
- Blasco Bosqued, M.C. y Alonso Sánchez, M.A. (1985): *Cerro Redondo. Fuente el Saz del Jarama*. Excavaciones Arqueológicas en España, 143. Madrid.
- Blasco, M.C. y Alonso, M.A. (1986-1987): “Paralelos arquitectónicos entre la meseta norte y el alto Tajo durante la II Edad del Hierro”. *Zephyrus*, XXXIX-XL: 159-168.
- Blasco, R., Rosell, J., Smith, Krister T., Maul, L.C., Sañudo, P., Barkai, R. y Gopher, A. (2016): “Tortoises as a dietary supplement: A view from the Middle Pleistocene site of Qesem Cave, Israel”. *Quaternary Science Reviews*, 133: 165-182. <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.12.006>>.
- Böhler, W. (2006): “Comparison of 3D laser scanning and other 3D measurement techniques”. En E. Baltasvias, A. Gruen, L. Van Gool y M. Pateraki, M. (eds.): *Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*. Taylor & Francis Group. Londres: 89-99.
- Boehler, W., Bordas Vicent, M. y Marbs, A. (2013): “Investigating Laser Scanner Accuracy”. En M. Orhan Altan (ed.): *Proceedings of the XIXth International Symposium, CIPA 2003: new perspectives to save cultural heritage*. CIPA.
- Bram, M., Iddan, N., Asjkenazi, D. y Cvikel, D. (2020): “The Nineteenth-Century Molyneux’s Boat: Archaeometallurgical Perspective of its Metal Fastenings”. *Metallography, Microstructure, and Analysis*, 9: 721-743. <<https://doi.org/10.1007/s13632-020-00678-7>>.
- Brutto, M. Lo y Meli, P. (2014): “Computer vision tools for 3D modelling in archaeology”. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1 (1, suppl.): 1-6. <<https://doi.org/10.1260/2047-4970.1.0.1>>.
- Cabré, J. (1930): *Excavaciones de Las Cogotas. Cardeñosa, Ávila. I, El Castro*. Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades, 110. Madrid.
- Caldeira, B., Oliveira, R.J., Teixidó, T., Borges, J.F., Henriques, R., Carneiro, A. y Peña, J.A. (2019): “Studying the Construction of Floor Mosaics in the Roman Villa of Pisões (Portugal) Using Noninvasive Methods: High-Resolution 3D GPR and Photogrammetry”. *Remote Sensing*, 11 (16): 1882. <<https://doi.org/10.3390/rs11161882>>.
- Cerdeño, M.L. y García Huerta, M.R. (1992): *El castro de La Coronilla. Chera, Guadalajara (1980-1986)*. Excavaciones Arqueológicas en España, 163. Madrid.
- Charro Lobato, C., Chapa Brunet, T. y Pereira Sieso, J. (2009): “Intervenciones arqueológicas en el Cerro de la Mesa (Alcolea de Tajo, Toledo). Campañas 2005-2007”. En P. Sanabria (ed.): *Lusitanos y vettones. Los pueblos prerromanos en la actual demarcación Beira Baixa-Alto Alentejo-Cáceres*. Cáceres: 131-139.
- Colwell, R.N. (1997): “History and place of photographic interpretation”. En W.R. Philipson (ed.): *Manual of Photographic interpretation. American Society for Photogrammetry & Remote Sensing*. Bethesda: 33-48.
- Courtenay, L.A., Yravedra, J., Huguet, R., Ollé, A., Aramendi, J., Maté-González, M.Á. y González-Aguilera, D. (2019): “New taphonomic advances in 3D digital microscopy: A morphological characterisation of trampling marks”. *Quaternary International*, 517: 55-66. <<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.019>>.
- Cuadrado, E. (1991): “El castro de la Dehesa de la Oliva”. *Arqueología, Paleontología y Etnografía*, 2: 189-255.
- D’Andrea, A., Niccolucci, F., Bassett, S. y Fernie, K. (2012): “3D-ICONS: World Heritage sites for Europeana: Making complex 3D models available to everyone”. En G. Guidi y A.C. Addison (eds.): *18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Milan, Italy, 2012*. Institute of Electrical and Electronics Engineers: 517-520. <<http://dx.doi.org/10.1109/VSMM.2012.6365966>>.
- D’Aranno, P.J., De Donno, G., Marsella, M., Orlando, L., Renzi, B., Salviani, S. y Volpe, R. (2016): “High-resolution geomatic and geophysical techniques integrated with chemical analyses for the characterization of a Roman wall”. *Journal of Cultural Heritage*, 17: 141-150. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2015.06.005>>.

- Delibes de Castro, G., Romero Carnicero, F. y Ramírez Ramírez, M.L. (1995): “El poblado ‘céltico’ de El Soto de Medinilla (Valladolid). Sondeo estratigráfico de 1989-90”. En G. Delibes de Castro, F. Romero Carnicero y A. Morales Muñoz (eds.): *Arqueología y Medio Ambiente. El Primer Milenio a. C. en el Duero Medio*. Valladolid: 149-177.
- Denard, H. (2012): “A New Introduction to the London Charter”. En A. Bentkowska-Kafel, D. Baker y H. Denard (eds.): *Paradata and Transparency in Virtual Heritage Digital Research in the Arts and Humanities Series*. Ashgate: 57-71.
- Dias Wutke, J. (2006): “Métodos para avaliação de um sistema laser scanner terrestre”. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 12 (1): 149-150.
- Espinosa, U. y González, A. (1976): “Urnas y otras piezas de cerámica excisa en la provincia de Logroño”. *Berceo*, 90: 83-102.
- Fernández Gómez, F. (1986): *Excavaciones arqueológicas en El Raso de Candeleda (I)*. Ávila.
- Fernández Gómez, F. (2003): “La Edad del Hierro”. En M. Mariné (coord.) *Historia de Ávila. I. Prehistoria e Historia Antigua*. Ávila: 105-280.
- Fernández Gómez, F. (2011): *El poblado fortificado de ‘El Raso de Candeleda’ (Ávila): el Núcleo D. Un poblado de la III Edad del Hierro en la Meseta de Castilla*. Sevilla.
- Fernández Maroto, D. (2013): “Tornos de alfarero protohistóricos del Cerro de las Cabezas (Valdepeñas, Ciudad Real)”. *Espacio, Tiempo y Forma. Serie 1, Prehistoria y Arqueología*, 6: 297-322.
- Galantucci, L.M., Grazia Guerra, M. y Lavecchia, F. (2018): “Photogrammetry Applied to Small and Micro Scaled Objects: A Review”. En J. Ni, V. Majstorovic y D. Djurdjanovic (eds.): *Proceedings of 3rd International Conference on the Industry 4.0 Model for Advanced Manufacturing. AMP 2018*. Springer: 57-77. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89563-5_4>.
- García-Gómez, I., Fernández de Gorostiza López de Viñaspre, M. y Mesanza Moraza, A. (2011): “Láser escáner y nubes de puntos. Un horizonte aplicado al análisis arqueológico de edificios”. *Arqueología de la Arquitectura*, 8: 25-44. <<https://doi.org/10.3989/arqarqt.2011.10019>>.
- Gil-Docampo, M., Peña-Villasenín, S. y Ortiz-Sanz, J. (2020): “An accessible agile and low-cost workflow for 3D virtual analysis and automatic vector tracing of engravings: Atlantic rock art analysis”. *Archaeological Prospection*. <<https://doi.org/10.1002/arp.1760>>.
- Gómez Pérez, A. y Sanz Mínguez, C. (1993): “El poblado vacceo de Las Quintanas, Padilla de Duero (Valladolid): Aproximación a su secuencia estratigráfica”. En F. Romero, C. Sanz y Z. Escudero (eds.): *Arqueología Vaccea. Estudios sobre el Mundo Prerromano en la Cuenca Media del Duero*. Valladolid: 335-370.
- González-Tablas, F.J. (2008): “La casa vettona. Actuaciones recientes en el castro de La Mesa de Miranda (Chamartín de la Sierra, Ávila)”. En J. Álvarez-Sanchis (ed.): *Arqueología Vettona. La Meseta Occidental en la Edad del Hierro*. Zona Arqueológica, 12. Madrid: 202-211.
- Gu, Z., Pa, W., Song, G., Qiu, Z., Yang, Y. y Wang, C. (2014): “Investigating the tool marks of stone reliefs from the Mausoleum of Cao Cao (AD155-AD220) in China”. *Journal of Archaeological Science*, 43: 31-37. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2013.12.005>>.
- Guerin, P. (2003): *El Castellet de Bernabé y el horizonte ibérico pleno edetano*. Serie de Trabajos Varios del S.I.P., 101. Valencia.
- Güth, A. (2012): “Using 3D scanning in the investigation of Upper Palaeolithic engravings: first results of a pilot study”. *Journal of Archaeological Science*, 39: 3105-3114. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2012.04.029>>.
- Hernández Vera, J.A. (2005): “Contrebia Leukade”. En A. Jimeno (ed.): *Celtíberos. Tras la estela de Numancia*. Catálogo de la exposición (Soria, 2005). Soria: 129-136.

- Isidro, A., Díez-Santacoloma, I., Bagot, J., Milla, L. y Gallart, A. (2016): “Un sarcófago con sorpresa: estudio con tomografía computarizada de una momia egipcia de Baja Época”. *Radiología*, 58 (1): 64-71. <<https://doi.org/10.1016/j.rx.2015.09.007>>.
- Jimeno, A. (2014): “Herramientas”. En M. Arlegui (coord.): *Museo Numantino. Guía*. Soria: 126-127.
- Jimeno, A., Torre, J.I. de la, Berzosa, R. y Granda, R. (1999): “El utillaje de hierro en Numancia y su información económica”. En F. Burillo (coord.): *IV Simposio sobre celtíberos. Economía*. Zaragoza: 103-113.
- Jimeno, A., Revilla, M.L., Torre, J.I. de la, Berzosa, R. y Martínez, J.P. (2002): *Numancia. Guía del yacimiento*. Soria. Junta de Castilla y León. Soria.
- Koller, D., Trimble, J., Najbjerg, T., Gelfand, N. y Levoy, M. (2006): “Fragments of the City: Stanford’s Digital Forma Urbis Romae Project”. *Proceedings of the Third Williams Symposium on Classical Architecture, Journal of Roman Archaeology*, Suppl. 61: 237-252.
- Llanos, A. (1995): “El poblamiento celtibérico en el alto valle del Ebro”. En F. Burillo (coord.): *III Simposio sobre Celtíberos. Poblamiento*. Zaragoza: 289-328.
- Macarro Alcalde, C. y Alario García, C. (2012): *Los orígenes de Salamanca. El poblado protohistórico del Cerro de San Vicente*. Centro de Estudios Salmantinos, Serie Minor, 2. Salamanca.
- Manrique Mayor, M.ªÁ. (1980): *Instrumentos de hierro de Numancia conservados en el Museo Numantino (Soria)*. Madrid.
- Martín Valls, R. y Romero Carnicero, F. (2008): “Las insculturas del castro de Yecla de Yeltes. Nuevas perspectivas para su estudio”. En J. Álvarez-Sanchís (ed.): *Arqueología Vettona. La Meseta Occidental en la Edad del Hierro*. Zona Arqueológica, 12. Madrid: 232-251.
- Maté-González, M.ªÁ., Yravedra, J., González-Aguilera, D., Palomeque-González, J.F. y Domínguez-Rodrigo, M. (2015): “Microphotogrammetric characterization of cut marks on bones”. *Journal of Archaeological Science*, 62: 128-142. <<https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.08.006>>.
- Maté-González, M.ªÁ., Aramendi, J., Yravedra, J., Blasco, R., Rosell, J., González-Aguilera, D. y Domínguez-Rodrigo, M. (2017): “Assessment of statistical agreement of three techniques for the study of cut marks: 3D digital microscope, laser scanning confocal microscopy and micro-photogrammetry”. *Journal of Microscopy*, 267(3): 356-370. <<https://doi.org/10.1111/jmi.12575>>.
- Maté-González, M.ªÁ., Palomeque-González, J.F., Yravedra, J., González-Aguilera, D. y Domínguez-Rodrigo, M. (2018): “Micro-photogrammetric and morphometric differentiation of cut marks on bones using metal knives, quartzite, and flint flakes”. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10: 805-816. <<https://doi.org/10.1007/s12520-016-0401-5>>.
- Mélar, N., Boust, C., Cogne, G. y Maigney, A. (2016): “Comparison of imaging techniques used in the microanalysis of Paleolithic mobiliary art”. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10: 903-909. <<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.05.038>>.
- Misiego Tejada, J.C., Martín Carbajo, M.A., Marcos Contreras, G.J., Sanz García, F.J., Pérez Rodríguez, F.J., Doval Martínez, M., Villanueva Martín, L.A., Sandoval Rodríguez, A.M., Redondo Martínez, R., Ollero Cuesta, F.J., García Rivero, P.F., García Martínez, M.I. y Sánchez Bonilla, G. (2013): *Excavaciones arqueológicas en el yacimiento de ‘La Corona/El Pesadero’, en Manganeses de la Polvorosa. La Edad del Hierro y la Época Romana en el norte de la provincia de Zamora*. Arqueología en Castilla y León. Memorias, 19. Edición digital.
- Morín de Pablos, J., Escolá Martínez, M., Agustí García, E., Barroso Cabrera, R., Pérez-Juez Gil, A. y Urbina Martínez, D. (2005): “El urbanismo”. En S. Quero Castro, A. Pérez Navarro, J. Morín de Pablos y D. Urbina Martínez (coords.): *El Cerro de La Gavia. El Madrid que encontraron los romanos*. Madrid: 125-144.
- Ortega Blanco, J. y Valle Gutiérrez, M. del (2004): “El poblado de la Edad del Hierro del Cerro de la Mesa (Alcolea de Tajo, Toledo). Primeros resultados”. *Trabajos de Prehistoria*, 61(1): 175-185.

- Ortiz-Coder, P. y Pino Espinosa, B. del (2013): “Digitalización 3D automática con láser escáner, fotogrametría y videogrametría. El caso práctico del Templo de Diana (Mérida)”. *Virtual Archaeology Review*, 4(8): 90-94. <<https://doi.org/10.4995/var.2013.4325>>.
- Perocco, G., Grazia Guerra, M., Sánchez Salmerón, A.J. y Galantucci, L.M. (2017): “Experimental investigation on camera calibration for 3D photogrammetric scanning of micro-features for micro-metric resolution”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91: 2935-2947. <<https://doi.org/10.1007/s00170-016-9949-6>>.
- Plison, H. y Zotkina, L.V. (2015): “From 2D to 3D at macro- and microscopic scale in rock art studies”. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2(2-3): 102-119. <<https://doi.org/10.1016/j.daach.2015.06.002>>.
- Polo López, J. y Valenciano Prieto, M.C. (2014): “Últimos avances en la investigación del *Oppidum* de Titulcia (Titulcia, Madrid)”. En E. Baquedano (ed.): *1^{er} Simposio sobre los Carpetanos. Arqueología e historia de un pueblo de la Edad del Hierro*. Zona Arqueológica, 17. Madrid: 86-98.
- Poole, C. (2010): “Excised tile plaques and blocks from Cerro Molino and Bobadilla”. En B. Cunliffe y G. Lock (eds.): *A valley in La Rioja: The Najerilla Project*. Oxford University School of Archaeology, Monograph, 73. Oxford: 139-141.
- Ramírez Ramírez, M.L. (1999): “La casa circular durante la primera Edad del Hierro en el Valle del Duero”. *Numantia. Arqueología en Castilla y León 1995/1996*, 7: 67-94.
- Reilly, P. (1991): “Towards a Virtual Archaeology”. En S. Rahtz y K. Lockyear (eds.) *CAA90. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*. BAR International Series 565). Oxford: 132-139.
- Rodríguez Cifuentes, M. (2014): “Evolución del poblamiento en el enclave carpetano de ‘Cerro de las Brujas’ (Pinto, Madrid)”. En E. Baquedano (ed.): *1^{er} Simposio sobre los Carpetanos. Arqueología e historia de un pueblo de la Edad del Hierro*. Zona Arqueológica, 17. Madrid: 136-148.
- Rodríguez Hernández, J. (2019): *Poder y sociedad: el oeste de la Meseta en la Edad del Hierro*. Diputación Provincial de Ávila. Institución Gran Duque de Alba. Ávila.
- Romero Carnicero, F. (2010): “Las representaciones zoomorfas en perspectiva cenital. Un estado de la cuestión”. En F. Romero y C. Sanz (eds.): *De la Región Vaccea a la Arqueología Vaccea*. Vaccea Monografías, 4. Centro de Estudios Vacceos ‘Federico Wattenberg’, de la Universidad de Valladolid. Valladolid: 467-545.
- Romero Carnicero, F. y Pablo Martínez, R. de (2019): “Producciones cerámicas con decoración excisa en el alto Ebro”. En C. Sanz y J. F. Blanco (eds.): *Producciones excisas vacceas. Antecedentes y pervivencias*. Vaccea Monografías, 7. Centro de Estudios Vacceos ‘Federico Wattenberg’, de la Universidad de Valladolid. Valladolid: 101-138.
- Romero Carnicero, M.V., Romero Carnicero, F. y Marcos Contreras, G.J. (1993): “*Cauca* en la Edad del Hierro. Consideraciones sobre la secuencia estratigráfica”. En F. Romero, C. Sanz y Z. Escudero (eds.): *Arqueología Vaccea. Estudios sobre el Mundo Prerromano en la Cuenca Media del Duero*. Valladolid: 223-261.
- Ruano Posada, L. (2020): *Arqueología de los espacios domésticos. Lectura social de la arquitectura protohistórica en el Cantábrico occidental (IX a. C. – II d. C.)*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Ruiz Zapatero, G., Märten, G., Contreras, M. y Baquedano, E. (2012): *Los últimos carpetanos. El oppidum del Llano de la Horca (Santorcaz, Madrid)*. Catálogo de la Exposición (Alcalá de Henares, 2012). Madrid.
- Sacristán de Lama, J. D. (1986): *La Edad del Hierro en el valle medio del Duero. Rauda (Roa, Burgos)*. Universidad de Valladolid y Junta de Castilla y León. Valladolid.

- Sánchez Vizcaíno, A., Gómez Cabeza, F., Martínez Carrilo, A., Ruiz Rodríguez, A. y Hornos Mata, F. (2014): “El proyecto 3D-ICONS. El patrimonio de los iberos en la Biblioteca Digital Europea”. *Revista PH*, 86: 124-141.
- Sanz Mínguez, C. (1997): *Los Vacceos: cultura y ritos funerarios de un pueblo prerromano del valle medio del Duero. La necrópolis de Las Ruedas, Padilla de Duero (Valladolid)*. Arqueología en Castilla y León, Memorias 6. Salamanca.
- Sanz Mínguez, C., Romero Carnicero, F., Górriz Gañán, C. y Pablo Martínez, R. de (2011): “El foso y el sistema defensivo de Pintia (Padilla de Duero/Peñañiel, Valladolid)”. *Revista d’Arqueologia de Ponent*, 21: 221-232.
- Sanz Mínguez, C., Romero Carnicero, F., Velasco Vázquez, J. y Centeno Cea, I. (2003): “Nuevos testimonios sobre la agricultura vaccea”. En C. Sanz y J. Velasco (eds.): *Pintia. Un Oppidum en los Confines Orientales de la Región Vaccea. Investigaciones Arqueológicas Vacceas, Romanas y Visigodas (1999-2003)*. Catálogo de la Exposición Pintia Cotidiana y Simbólica (Valladolid, 2003). Valladolid: 99-123.
- Sapirstein, P. y Murray, S. (2017): “Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork”. *Journal of Field Archaeology*, 42: 337-350. <<http://dx.doi.org/10.1080/0934690.2017.1338513>>.
- Seco Villar, M. y Treceño Losada, F. (1995): “Perfil arqueológico de un poblado de la Edad del Hierro al sur del Duero: ‘La Mota’, Medina del Campo”. En G. Delibes de Castro, F. Romero Carnicero y A. Morales Muñoz (eds.): *Arqueología y Medio Ambiente. El Primer Milenio a. C. en el Duero Medio*. Valladolid: 219-245.
- Sims-Waterhouse, D., Piano, S. y Leach, R. (2017): “Verification of micro-scale photogrammetry for smooth three-dimensional object measurement”. *Measurement Science and Technology*, 28(5). <<https://doi.org/10.1088/1361-6501/aa6364>>.
- Stampoulouglou, M., Toska, O., Tapinaki, S., Kontogiannic, G., Skamantzarić, M. y Georgopoulou, A. (2020): “Archaeological anastylosis of two Macedonian tombs in a 3D virtual environment”. *Virtual Archaeology Review*, 11(22): 26-40. <<https://doi.org/10.4995/var.2020.11877>>.
- Taberner, C., Heras, E., Benito, J. P. y Sanz, A. (2005): “*Segontia Lanka*”. En A. Jimeno (ed.): *Celtiberos. Tras la estela de Numancia*. Catálogo de la exposición (Soria, 2005). Soria: 197-204.
- Taracena, B. (1927): *Excavaciones en las provincias de Soria y Logroño*. MemJSEA, 86. Madrid.
- Taracena, B. (1929): *Excavaciones en las provincias de Soria y Logroño*. MemJSEA, 103. Madrid.
- Tiano, P., Tapete, D., Matteini, M. y Ceccaroni, F. (2008): “The microphotogrammetry: a new diagnostic tool for on site monitoring of monumental surfaces”. *In situ Monitoring of Monumental Surface*: 97-106.
- Tomás, R., Riquelme, A., Cano, M., Abellán, A. y Jodá, L. (2016): “Structure from Motion (SfM): una técnica fotogramétrica de bajo coste para la caracterización y monitoreo de macizos rocosos”. *Reconocimiento, tratamiento y mejora del terreno 10º Simposio Nacional de Ingeniería Geotécnica: A Coruña, 19, 20 y 21 de octubre de 2016*. Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica. Madrid: 209-216.
- Torre Echávarri, J.I. de la, Martínez, J.P. y Méndez, D. (2017): “El poblado celtibérico de Castil de Griegos. Novedades arqueológicas de sus sistemas defensivos y su relación con la necrópolis de Puente de la Sierra (Checa, Guadalajara)”. En M.A. Cuadrado (coord.): *Arqueología en Guadalajara. Trabajos inéditos. Boletín de la Asociación de Amigos del Museo de Guadalajara*, 8: 69-92.
- Urbina Martínez, D. (2014): “Tierras, huesos, semillas y personas. Economía y sociedad en la Carpetania”. En E. Baquedano (ed.): *1º Simposio sobre los Carpetanos. Arqueología e historia de un pueblo de la Edad del Hierro*. Zona Arqueológica, 17. Madrid: 176-199.

- Urbina Martínez, D, Morín de Pablos, J., Escolá Martínez, M., Agustí García, E. y Yravedra Saínz de los Terrenos, J. (2005): “La vida cotidiana”. En S. Quero Castro, A. Pérez Navarro, J. Morín de Pablos y D. Urbina Martínez (coords.): *El Cerro de La Gavia. El Madrid que encontraron los romanos*. Madrid: 147-175.
- Urquijo Álvarez de Toledo, C. y Urbina Martínez, D. (2000): *El Proyecto Arqueológico Plaza de Moros*. Madrid.
- Vega y Miguel, J.J., Méndez Madrid, J.C., Menduiña García, R.C., Díez Baranda, S. y Cuesta Salcedo, M. (2014): “El poblado ‘En Espolón’ carpetano del cerro de ‘Fuente de la Mora’ en Leganés (Madrid)”. En E. Baquedano (ed.): *1^{er} Simposio sobre los Carpetanos. Arqueología e historia de un pueblo de la Edad del Hierro*. Zona Arqueológica, 17. Madrid: 176-199.
- Yravedra, J., García-Vargas, E., Maté-González, M.Á., Aramendi, J., Palomeque-González, J.F., Vallés-Iriso, J., Matesanz-Vicente, J., González-Aguiler, D. y Domínguez-Rodrigo, M. (2017): “The use of Micro-Photogrammetry and Geometric Morphometrics for identifying carnivore agency in bone assemblages”. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14: 106-117. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.05.043>>.