Arqueología de la Arquitectura, 21
enero-diciembre 2024, 392
eISSN: 1989-5313
https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2024.392

ESTUDIOS / STUDIES

Arqueología experimental para el estudio y la conservación de la arquitectura protohistórica del bajo Guadalquivir: el taller práctico de construcción en tierra cruda

Experimental archaeology for the study and preservation of the Protohistoric architecture of the Lower Guadalquivir:the practical workshop of building with raw earth

Francisco José García Fernández
Universidad de Sevilla, España
fjgf@us.es / ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-4978-8818

Arturo Jiménez Viera
Universidad de Sevilla, España
ajimviera@us.es / ORCID iD: https://orcid.org/0000-0003-0358-5449

Sebastián Vargas-Vázquez
Universidad de Sevilla, España
svargas2@us.es / ORCID iD: https://orcid.org/0000-0002-6015-412X

RESUMEN
Se presentan los resultados preliminares de un taller de arqueología experimental orientado al estudio y la conservación de la construcción con tierra cruda del bajo Guadalquivir en época protohistórica. Entre sus objetivos figura, por un lado, profundizar en el conocimiento de este tipo de arquitectura, sus antecedentes orientales y su desarrollo regional a lo largo de la Edad del Hierro, especialmente lo que se refiere a los materiales, técnicas, procedimientos y soluciones constructivas. Por otro lado, esta experiencia ha proporcionado una gran cantidad de información para evaluar el comportamiento material y diagnosticar posibles afecciones con el fin de establecer las estrategias de intervención más adecuadas para la preservación de estas estructuras arqueológicas. Los trabajos se han desarrollado a lo largo del año 2022 en un espacio de titularidad municipal de La Rinconada (Sevilla), próximo al yacimiento protohistórico de Cerro Macareno, que ha servido de referencia.

Palabras clave: construcción; arquitectura tradicional; Edad del Hierro; materiales constructivos; adobe; biopolímeros naturales; fibras naturales; conservación.

ABSTRACT
Aimed to study and conserve raw earth buildings in the Lower Guadalquivir Valley during the Protohistoric period, the preliminary results of an experimental archaeology workshop are here explained. Its objectives include, on the one hand, to increase our knowledge of this type of architecture, its Oriental origins, and its regional development throughout the Iron Age. It focuses thereby on the materials, techniques, procedures, and constructive solutions. On the other hand, this experience has provided a great deal of information to evaluate their material performance and to diagnose possible affections with the main goal of establishing the most appropriate intervention strategies for the preservation of these archaeological structures. The works have been carried out throughout the year 2022 in a municipal-owned space in La Rinconada (Seville), close to the Protohistoric site of Cerro Macareno, which has served as a reference.

Keywords: building; traditional architecture; Iron Age; construction materials; adobe; natural biopolymers; natural fibers; conservation.

Recibido: 30/04/2024. Aceptado: 14/10/2024. Publicado: 19/03/2025.

Como citar este artículo / Citation: García Fernández, F. J., Jiménez Viera, A. y Vargas-Vázquez, S. 2024: "Arqueología experimental para el estudio y la conservación de la arquitectura protohistórica del bajo Guadalquivir: el taller práctico de construcción en tierra cruda", *Arqueología de la Arquitectura*, 21: 392. https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2024.392

Copyright:© CSIC, 2024. © UPV/EHU Press, 2024. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

1. INTRODUCCIÓN ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El *Taller práctico experimental de construcción con tierra cruda* surge como una de las principales actividades de un proyecto de investigación de mayor envergadura desarrollado entre los años 2022 y 2023. El proyecto CrudUS[1] planteaba tres grandes metas que fueron abordadas transversalmente por el taller de forma coordinada con los otros estudios y análisis previstos en el mismo. Por un lado, el estudio de las técnicas de construcción con tierra en la Baja Andalucía durante la Protohistoria y la Antigüedad, en general, así como su proyección sobre las arquitecturas posteriores, desde una perspectiva material, constructiva, formal y social. Por otro lado, el análisis diagnóstico y experimental de los materiales y procedimientos de intervención más adecuados para la preservación de estas estructuras arqueológicas: tratamiento preventivo, conservación, restauración, restitución, mantenimiento, etc. En último lugar, la recuperación de la arquitectura tradicional en tierra que, más allá de sus valores patrimoniales o sociales, ofrece, por sus propias condiciones y su adecuación al entorno, un tipo de hábitat ecoeficiente y sostenible, apropiado a las necesidades actuales, como han puesto de relieve otras iniciativas orientadas a la implementación de estas técnicas y materiales en el marco de los principios de la bioconstrucción (García y Rodríguez 2023). Para satisfacer estos objetivos se decidió llevar a cabo un taller de arqueología experimental donde reproducir los materiales y técnicas constructivas registrados en los contextos arqueológicos estudiados en el proyecto, de acuerdo con los parámetros utilizados en los periodos históricos abordados por aquel.

Obviamente, no se trata de la primera iniciativa de este tipo y mucho menos la más ambiciosa. Es evidente el interés despertado por la construcción en tierra cruda en las últimas décadas, tanto en el ámbito de la arqueología (Pastor 2017) como, en general, en el de la arquitectura y la ingeniería de la edificación (Mileto *et al.* 2017). Más allá de su conocimiento científico, se está realizando un enorme esfuerzo por analizar y revertir el proceso de degradación que afecta a este tipo de arquitectura, con diferentes iniciativas lideradas por organismos internacionales (ICOMOS), fundaciones (por ejemplo, Getty Conservation Institute), asociaciones y redes académicas (Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra-Red PROTERRA), centros de investigación (Centre international de la construction terre-CRAterre) o proyectos (SOStierra), donde está adquiriendo un protagonismo creciente la experimentación (por ejemplo, Karmowski 2014; Littman *et al.* 2014; Seco *et al.* 2022). En España, este esfuerzo se ha materializado en la publicación del volumen correspondiente a la arquitectura en tierra del proyecto COREMANS, destinado a ofrecer unos criterios generales para la conservación y restauración de este tipo de bienes, especialmente orientados al patrimonio tradicional vivo, así como pautas metodológicas para su estudio (Mileto y Vegas 2017). En los últimos años, se están realizando también importantes avances en el diagnóstico de las principales patologías, el desarrollo de metodologías para su sistematización a través del análisis de riesgos y la búsqueda de soluciones desde el ámbito de la conservación (Gómez-Patrocinio *et al.* 2020; Manzano-Fernández *et al.* 2022; 2024; Mileto *et al.* 2022, entre otros), poniendo siempre en valor la sostenibilidad de la arquitectura en tierra (Vegas *et al.* 2023). Paralelamente, desde el propio proyecto CrudUS se ha elaborado una guía de buenas prácticas destinada a servir de orientación durante el proceso de excavación y estudio de estructuras de este tipo con el objeto de reducir al máximo el impacto y las afecciones derivadas de la intervención (García Fernández *et al.* 2023).

Los proyectos de arqueología experimental orientados al estudio de la arquitectura en tierra se remontan en nuestro país a inicios de los años noventa, muy dirigidos al principio a la reconstrucción e interpretación arquitectónica de yacimientos arqueológicos, como parte del proceso de puesta en valor, aunque supeditados lógicamente a las necesidades de conservación. Merece la pena destacar el caso pionero de la ciudadela ibérica de Calafell o Alorda Park (Tarragona), considerado el primer yacimiento arqueológico de la península ibérica reconstruido mediante la arqueología experimental, con el doble propósito de contrastar las hipótesis sobre las técnicas empleadas en su construcción y proveer de un recurso didáctico para su interpretación y dinamización turística (Pou *et al.* 1995; 2001). A este se suma poco después el laboratorio de arqueología experimental de El Vendrell (Tarragona), vinculado a la Universitat de Barcelona y que nace como un espacio al aire libre destinado a

> reproduir experimentalment construccions del període protohistòric independentment de llur cronologia i de la natura del jaciment on hagin estat descobertes, amb la sola limitació que tinguin un interès objectiu per a la comprensió de les tècniques i materials emprats per a llur

1 Véase apartado Fuentes de financiación.

> construcció i per a les condicions d'habitabilitat de les estructures resultants (Morer *et al.*1999: 124; véase también Morer *et al.* 2001).

Estos proyectos sirvieron de inspiración para otras intervenciones realizadas posteriormente en distintos yacimientos de la geografía española con la misma filosofía, aunque con diversa orientación, como es el caso de la casa ibérica reconstruida en la Bastida de les Alcusses (Valencia; Bonet *et al.* 2000; 2001), la casa celtibérica y el tramo de muralla de Numancia (Soria; Jimeno *et al.* 2001), el lagar celtibérico de Segeda (Zaragoza; Burillo 2009) o el poblado ibérico de El Cabo (Teruel). En este último caso la intervención tuvo poco margen para la experimentación, ya que consistió en el desmontaje completo de las estructuras, que se encontraban amenazadas por las labores de explotación de una mina de carbón a cielo abierto, y su traslado inmediato al cerro de San Macario (Parque arqueológico de El Cabo), situado en la vecina localidad de Andorra, donde se procedió a la reconstrucción de varias de las viviendas y parte de su muralla (Benavente y Galve 2005). En un ámbito geográfico y cultural distinto, y también con otros materiales, podemos reseñar la reconstrucción de tres cabañas de finales de la Edad del Hierro en el castro de Vigo (González y Rodríguez 2011), que viene a unirse a otras experiencias análogas llevadas a cabo en poblados castreños de la cornisa cantábrica y el noroeste peninsular (Cabanzón 2021). Sin embargo, por su dilatada trayectoria y por el impacto científico y social de sus resultados, destaca sobre todo el denominado Camp Experimental de la Protohistòria (CEP), puesto en marcha en 2009 en el yacimiento ibérico de Els Estinclells (Verdú, Lérida) y aún en activo. Se trata de un poblado del siglo III a. C. que se venía excavando desde varios años atrás y donde se transfirieron los objetivos, parte de los recursos humanos y todo el *know how* generado por el laboratorio de arqueología experimental de El Vendrell (Morer *et al.* 2013; 2015). La propuesta nació con el fin de crear y concentrar en un mismo espacio físico las principales líneas de investigación de la arqueología experimental del mundo protohistórico peninsular: la construcción, la agricultura y transformación de productos, la ganadería, la alfarería y otras actividades artesanales (Morer *et al.* 2013: 338).

En Andalucía, las iniciativas realizadas en esta línea han sido pocas y de mucho menor impacto a diferencia, por ejemplo, de los proyectos de arqueología experimental orientados al estudio de la producción alfarera. Contamos solo con un interesante antecedente en el poblado ibérico del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba), donde se han reproducido experimentalmente tres viviendas y un horno cerámico, además de otras instalaciones (Muñiz 2022). Por su parte, la Asociación Taph-Taph, destinada a promover la construcción biosostenible, desarrolla proyectos y actividades con instituciones científicas, administraciones y otras asociaciones (por ejemplo, Jiménez *et al.* 2019), entre las que destacan las orientadas al estudio, reproducción experimental y recuperación de las técnicas constructivas antiguas. De hecho, de la colaboración entre varios profesores/as de la Universidad de Sevilla y los miembros de la Asociación Taph-Taph surgió el *Taller de arqueología experimental. La construcción en tierra cruda: desde las técnicas protohistóricas a la bioarquitectura sostenible*, un proyecto de innovación docente financiado por la Universidad de Sevilla a través del cual se desarrollaron una serie de actividades prácticas en el entorno Cerro Macareno (La Rinconada, Sevilla), un poblado de la Edad del Hierro situado en el antiguo estuario del Guadalquivir y construido casi en su totalidad en tierra cruda (Rodríguez *et al.* 2022). Esta experiencia tuvo su continuación en el *Taller práctico de arquitectura y construcción con tierra en yacimientos arqueológicos protohistóricos*, llevado a cabo en este caso en las instalaciones del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, en Sevilla. Ambos talleres sirvieron de base para el diseño del proyecto CrudUS, una parte de cuyos resultados se presentan aquí (Jiménez 2022).

En esta ocasión nos centraremos en la construcción con tierra cruda del bajo Guadalquivir, de donde procede la muestra de casos analizada en el proyecto CrudUS (Fig. 1)[2]. El ámbito cronológico será de nuevo la Edad del Hierro, tanto la denominada fase "orientalizante" o "tartésica", coincidente con la I Edad del Hierro (fines del siglo IX a mediados del VI a. C.) como el periodo turdetano (fines del siglo VI a fines del III a. C.). Los objetivos del taller coinciden transversalmente con los del propio proyecto, y pueden resumirse en:

1. La definición y caracterización arqueológica de las técnicas constructivas basadas en el empleo de la tierra cruda, especialmente adobe, a través de la reproducción de los materiales, tipologías y procesos productivos empleados en el área de estudio durante la Protohistoria con base en los contextos arqueológicos estudiados.
2. La identificación de las materias primas utilizadas originalmente en la construcción mediante la utili-

2 Todas las figuras y tablas son de elaboración propia.

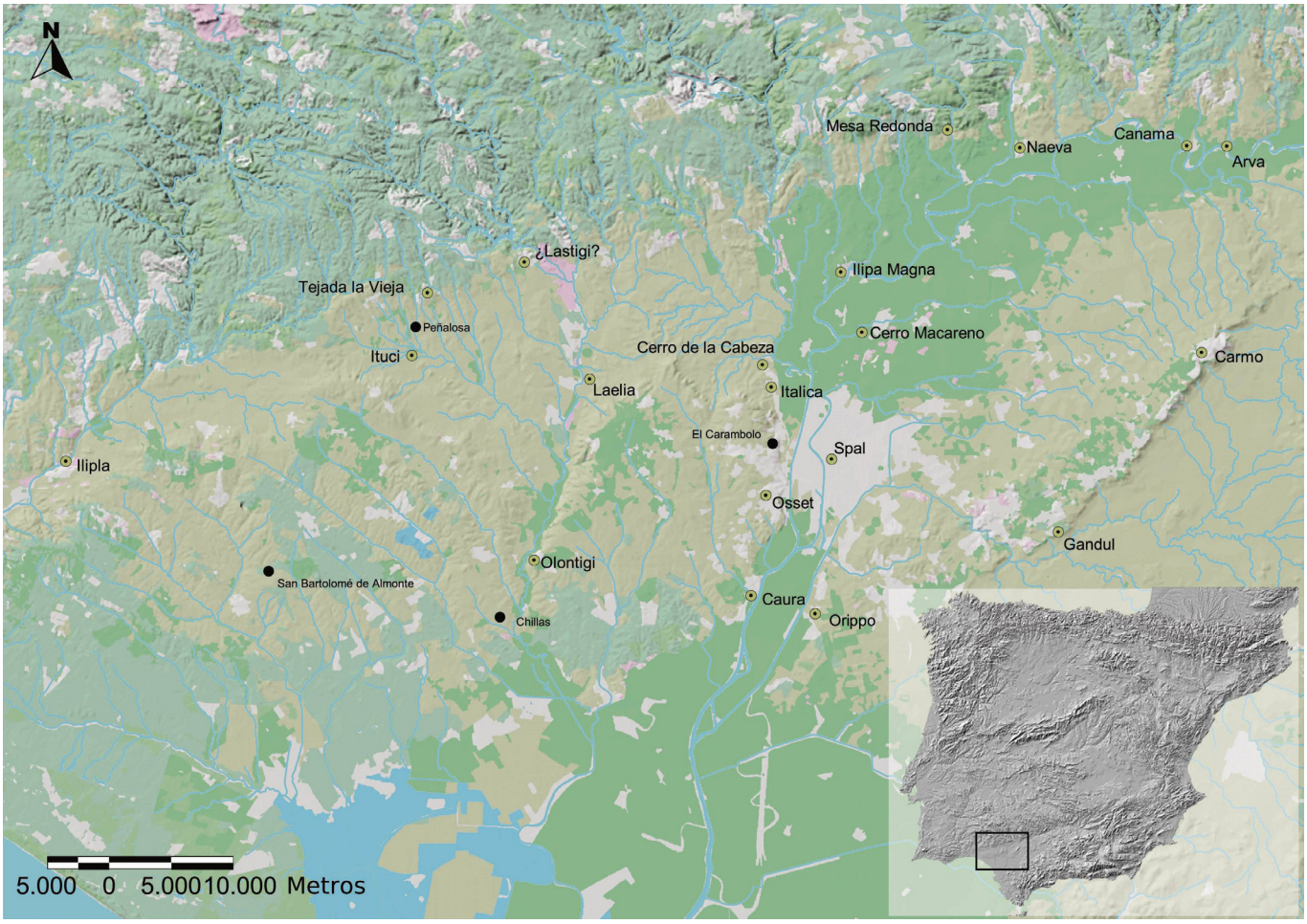

Figura 1. Mapa del bajo Guadalquivir con los principales asentamientos en época protohistórica sobre la base del fotoplano TIFF de Andalucía (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía). En punto grueso se señalan aquellos que acaban adquiriendo un rango urbano en la II Edad del Hierro. Asimismo, se subrayan los yacimientos que han servido de base para la documentación y estudio de los materiales y técnicas constructivas empleados en el taller, todos en la provincia de Sevilla: *Spal* (Sevilla), Cerro Macareno (La Rinconada), *Ilipa Magna* (Alcalá del Río), El Carambolo (Camas), *Italica* (Santiponce) y *Caura* (Coria del Río).

zación de productos procedentes del mismo entorno geográfico, su testeo y análisis comparativo posterior, sobre todo en el caso de las tierras. Esto está relacionado también con el comportamiento de los materiales: resistencia mecánica, higroscopicidad, retracción/expansión, durabilidad, etc.

3. La búsqueda de los procedimientos de intervención más apropiados para la conservación, restauración, restitución o mantenimiento de estas estructuras en yacimientos arqueológicos musealizados, gracias a la evaluación de los procesos de degradación de las probetas como respuesta a diferentes agentes ambientales (bióticos y abióticos) y humanos.
4. La lectura de los resultados de esta experiencia puede ser igualmente útil para la comprensión de los procesos constructivos y su implementación en la bioarquitectura de nueva planta de acuerdo con los principios de transferencia que subyacen a todo el proyecto.

La novedad que ofrece esta propuesta reside, por un lado, en el ámbito espacial y temporal que abarca. Como se ha visto, son muy pocos los proyectos de arqueología experimental que hayan tenido por objeto la investigación de la construcción con tierra cruda en la Baja Andalucía en época protohistórica. Resulta paradójico, si tenemos en cuenta que es en este momento cuando se difunden las nuevas técnicas constructivas introducidas en el sur de la península ibérica a través de la colonización fenicia y de los posteriores influjos mediterráneos, produciéndose un salto cualitativo en las tradiciones constructivas locales, basadas en los mismos materiales y heredadas de la Prehistoria (Fig. 1). Es más, apenas contamos con trabajos monográficos dedicados al estudio de la arquitectura de la Edad del Hierro en esta región que no se centren únicamente en casos concretos (una excepción en Serrano 2015). Por otro lado, el *Taller práctico de construcción con tierra cruda* nace con una

doble orientación histórica y patrimonial que trata de trascender la tradicional dicotomía entre la investigación y el conocimiento aplicado. En consecuencia, más allá de los resultados directos obtenidos durante el desarrollo de los trabajos y la inspección posterior de los ensayos realizados, se espera que la información generada por el taller pueda nutrir a medio plazo otras líneas de investigación del proyecto, especialmente la caracterización de las fuentes de materias primas (canteras de tierra, graveras, etc.) en relación con los principales centros urbanos del Guadalquivir protohistórico; el estudio comparado de los materiales empleados en la construcción a partir de técnicas de análisis organolépticas, mecánicas y arqueométricas; la evaluación de los procesos y factores de degradación de la arquitectura en tierra en contextos arqueológicos o el diseño de protocolos de intervención en el ámbito de la conservación, restauración y reconstrucción de bienes inmuebles.

2. METODOLOGÍA

El *Taller práctico experimental de construcción con tierra cruda* se ha desarrollado en su totalidad en los terrenos anejos de la Hacienda de Santa Cruz, una de las bibliotecas públicas del municipio de La Rinconada (Sevilla). Mientras que el proyecto de innovación docente que sirvió de antecedente a esta iniciativa tuvo lugar, como se ha indicado más arriba, en el entorno de un yacimiento arqueológico de la Edad del Hierro, en esta ocasión se ha optado por un lugar próximo, pero suficientemente separado del área protegida donde poder crear un espacio de trabajo al aire libre siguiendo de alguna manera el modelo del laboratorio de arqueología experimental de El Vendrell.

Para su realización se han seguido cinco pasos principales que se detallan a continuación: 1) búsqueda de referencias en las evidencias conservadas sobre arquitectura en tierra de época protohistórica en la Baja Andalucía, principalmente –aunque no solo– en la arquitectura doméstica del periodo turdetano (II Edad del Hierro), la más abundante; 2) diseño de las probetas, planimetría, mediciones, cronograma y equipo de trabajo, de acuerdo con la cadena operativa expuesta en el siguiente apartado; 3) captación de recursos: materias primas, materiales y herramientas; 4) fabricación y puesta en obra de elementos constructivos: adobes, sobrecimientos, alzados, coronaciones, revestimientos y pinturas; 5) análisis y valoración de las patologías surgidas por causa espon-

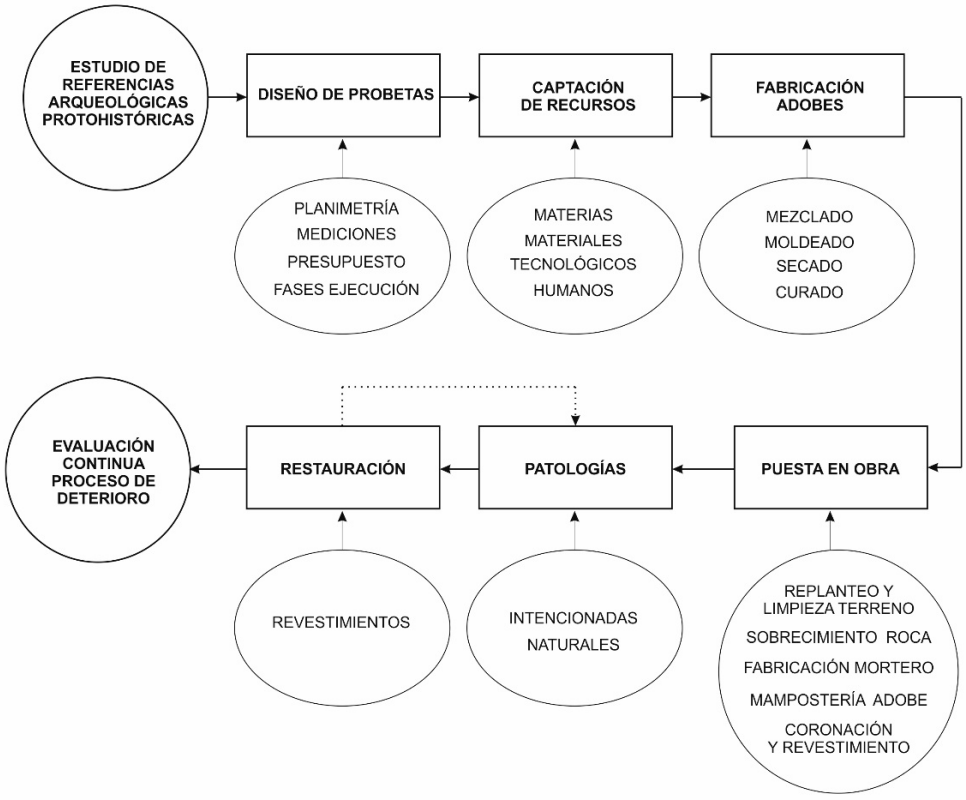

Figura 2. Diagrama de procesos de los trabajos realizados.

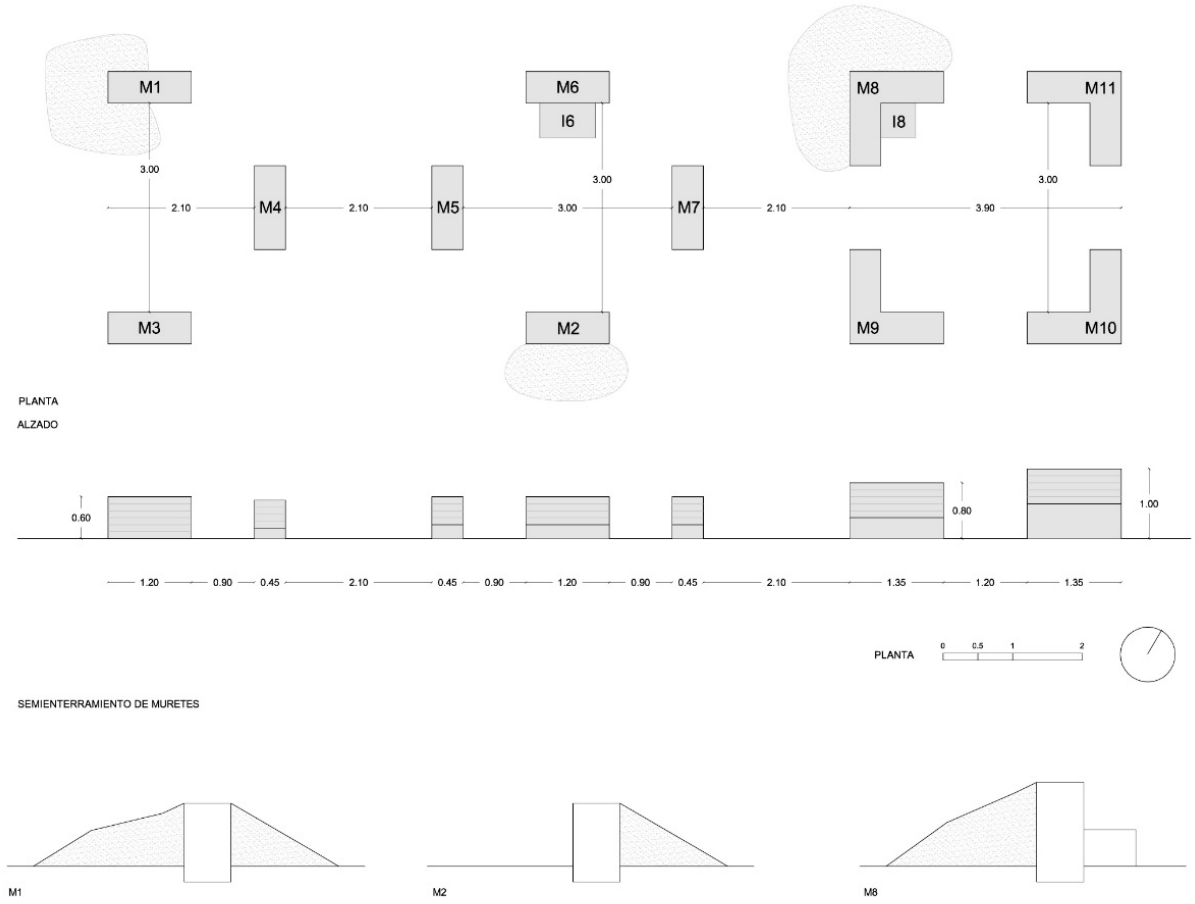

Figura 3. Planimetría identificativa y acotada de las probetas o muretes realizados.

tánea (lluvia, viento, etc.) como también de las provocadas intencionadamente, de cara al establecimiento de recomendaciones generales para la conservación preventiva a largo plazo (Fig. 2).

Así pues, ha sido preciso caracterizar previamente los materiales, técnicas, soluciones y acabados más frecuentes en el valle bajo del Guadalquivir mediante el estudio de las tradiciones constructivas introducidas por los colonizadores orientales a inicios de la Edad del Hierro, así como sus desarrollos locales, principalmente en la arquitectura doméstica, a lo largo del I milenio a. C. Las principales referencias proceden sobre todo de los seis casos estudiados monográficamente en el proyecto CrudUS: *Ilipa Magna*, la actual Alcalá del Río (Ferrer y García 2007), Cerro Macareno (García 2020), Itálica (Escacena 2022), *Spal*/Sevilla (García y González 2007), El Carambolo (Fernández y Rodríguez 2007) y *Caura*/Coria del Río (Escacena 2018), así como, en menor medida, de otros yacimientos del entorno, situados en las provincias de Sevilla y Huelva (Fig. 1). Ello ha ayudado a decidir no solo qué tipos de estructuras reproducir, sino con qué recursos, con qué dimensiones o con qué tipo de aparejo, revestimientos y acabados, además del propio proceso constructivo. Asimismo, también se ha podido experimentar con distintas materias primas, elaboraciones y dosificaciones. En este sentido, la toma de muestras a las tierras utilizadas permitirá, en un momento posterior, la realización de análisis con el fin de comparar su composición con la de los materiales constructivos (adobes, fragmentos murarios y pavimentos, principalmente) registrados en las excavaciones llevadas a cabo en el vecino yacimiento de Cerro Macareno con el fin de determinar su mayor o menor similitud y, por lo tanto, avanzar en el estudio de las fuentes de aprovisionamiento utilizadas en esta zona.

El siguiente paso ha sido la elaboración de la planimetría y de los detalles constructivos básicos para la puesta en obra y experimentación con las estructuras (Figs. 3-4). Teniendo en cuenta los objetivos del taller y del propio proyecto CrudUS, se ha creído conveniente no levantar un edificio o una unidad de habitación completa, sino una serie de muros probeta que recojan la variabilidad

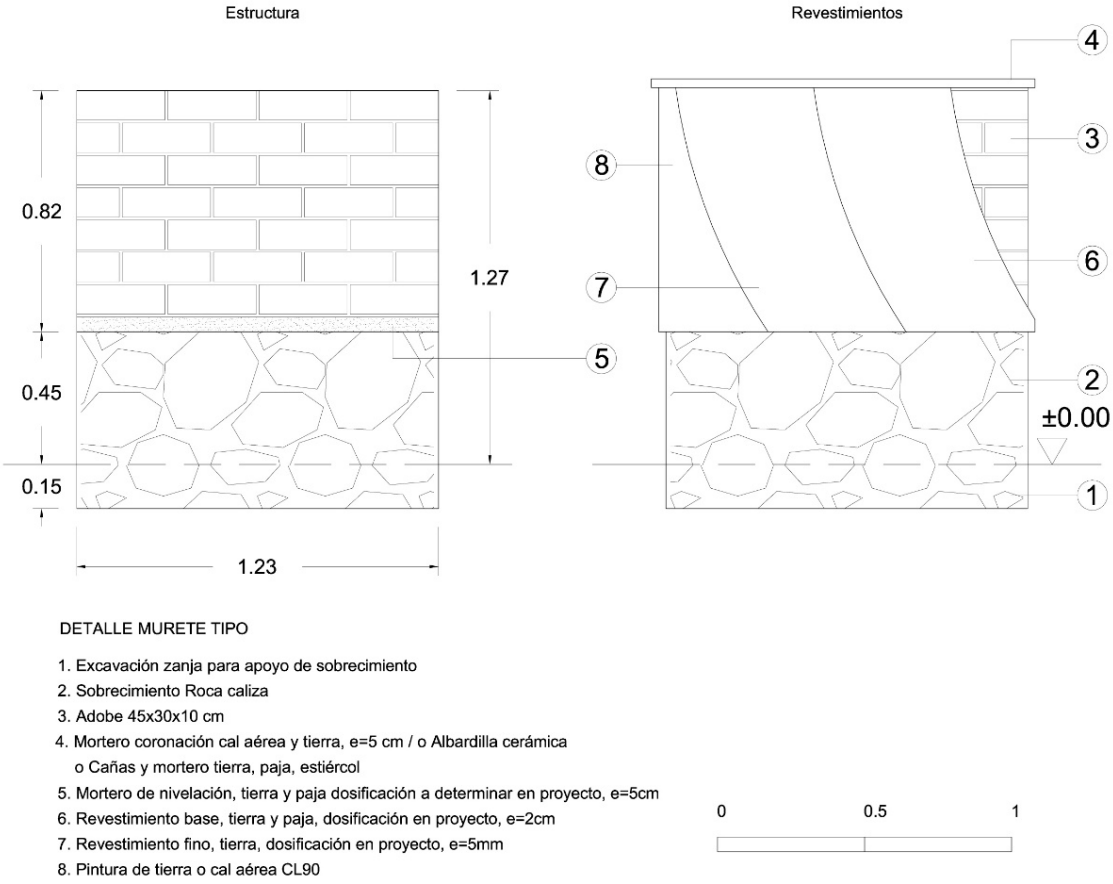

Figura 4. Detalles constructivos de un murete tipo.

de materiales, técnicas, soluciones y acabados empleados en la región a lo largo de la Edad del Hierro y permitan evaluar, por separado, tanto los procedimientos necesarios para su construcción como el comportamiento de las estructuras ante los agentes atmosféricos. Para ello se han diseñado las plantas y secciones de distintos tipos de paramentos, realizado las mediciones correspondientes y calculado los recursos implicados, el presupuesto y el proceso de trabajo. Este último se ha organizado en dos fases: la primera, entre los meses de mayo y julio de 2022, estuvo destinada a la construcción de las probetas, mientras que la segunda, entre octubre y noviembre del mismo año, se dedicó a la elaboración de las coronaciones y elementos auxiliares, a la aplicación de los revestimientos y pinturas y a la generación de afecciones. Tanto en una como en otra, además de los miembros del proyecto, han participado como parte del equipo de trabajo estudiantes y profesores/as de los títulos de Grado y Máster en Arqueología impartidos por la Universidad de Sevilla. También asistieron durante las sesiones prácticas estudiantes voluntarios/as de arqueología de la Universidad de Idaho, así como escolares y otros colectivos ciudadanos en el marco de las actividades realizadas por el Museo de la Rinconada en torno al taller, garantizando su difusión y transferencia a la sociedad.

Por lo que respecta a las materias primas, se han tratado de seleccionar aquellas que más se aproximan a las utilizadas en el periodo y área de estudio (Fig. 5, Tabla 1), especialmente en lo referido a la piedra, los áridos, las fibras vegetales y aditivos empleados en los elementos constructivos. En el caso de los sobrecimientos, las dos piedras más frecuentes en la arquitectura de la región son las rocas calizas procedentes del piedemonte de Sierra Morena y la calcarenita de la comarca de Los Alcores, optándose por la primera por su mayor presencia en los yacimientos de referencia. A ellas habría que sumar también los cantos de río, que constituyen a menudo la única base de los muros de adobe levantados en la región, al menos hasta la generalización del zócalo de mampuestos pétreos hacia el siglo III a. C. (García 2020: 122). Las tierras arcillosas utilizadas para la fabricación de los adobes, morteros de unión, revestimientos y pin-

Figura 5. Captación de recursos. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: tierra A, La Rinconada (Sevilla); roca caliza, Villanueva del Río y Minas (Sevilla); tierra C caolinita, Zalamea de la Serena (Badajoz); tierra B, La Rinconada (Sevilla).

turas, se han obtenido en dos puntos del municipio de La Rinconada: uno próximo a Cerro Macareno y a un viejo canal del Guadalquivir activo en época protohistórica (tierra A), que podría corresponder con toda probabilidad al área de captación de recursos de los habitantes de este yacimiento; y otro algo más al interior, en los propios terrenos de la Hacienda Santa Cruz, aprovechando las labores de extracción que se estaban realizando en la parcela (tierra B). Este último se sitúa sobre suelos aluviales más antiguos y rubefactados, por lo que la tierra se ha destinado principalmente a los revestimientos y pinturas, dadas sus propiedades cohesivas. Asimismo, para la elaboración de pinturas se usaron dos tierras claras procedentes de Zalamea de la Serena (tierra C) y Mairena del Aljarafe (tierra D), que fueron aplicadas en su color natural o teñidas con pigmentos minerales. Por el contrario, las arenas finas y gruesas se han adquirido ya cribadas, primando sus características granulométricas y propiedades frente a su origen local, mientras que en el caso las fibras vegetales, ante la ausencia de estudios sobre las especies empleadas en los elementos constructivos documentados en esta región, se ha optado por la paja de trigo cortada, por ser la más compatible con las especies herbáceas cultivadas a finales de la Edad del Hierro y por su fácil disponibilidad en la actualidad.

Por lo que respecta a las coronaciones de los muros, apenas contamos con referencias arqueológicas en la región, como tampoco de las techumbres, cubiertas y los elementos de sustentación. En estos casos se ha recurrido a los paralelos conocidos en otras áreas geográficas, aunque también se han ensayado soluciones que, sin estar constatadas arqueológicamente, permiten testar la idoneidad de los materiales. Así pues, para las coronaciones, además de los áridos señalados en el párrafo anterior, se han utilizado también tierra, cal aérea, paja de trigo y estiércol fresco de vaca para otorgar mayor

ID	Materia prima	Municipio. Origen	Provincia	Elemento constructivo donde es usado
1	Roca caliza	Villanueva del Río y Minas	Sevilla	Sobrecimiento
2	Roca. Canto rodado	La Rinconada	Sevilla	Arranque base murete
3	Tierra A	La Rinconada	Sevilla	Adobe. Morteros unión y revestimientos
4	Tierra B	La Rinconada	Sevilla	Adobe. Morteros unión y revestimientos
5	Arena gruesa	Sevilla	Sevilla	Adobe. Morteros unión y revestimientos
6	Arena fina	Rociana del Condado	Huelva	Adobe. Morteros unión y revestimientos
7	Paja de trigo	Guillena	Sevilla	Adobe. Morteros unión y revestimientos
8	Estiércol de vaca	Sevilla	Sevilla	Pintura. Revestimientos. Coronación
9	Caña común (*Arundo donax*)	La Rinconada	Sevilla	Coronación murete. Cubierta
10	Albardilla cerámica sin esmalte 30 × 60 cm	Bailén	Jaén	Coronación murete. Cubierta
11	Cal aérea CL90	Morón de la Frontera	Sevilla	Coronación murete. Pintura
12	Leche vaca	Alcalá de Guadaíra	Sevilla	Pintura
13	Harina de trigo (*Triticum)*	Sevilla	Sevilla	Pintura
14	Pigmento Óxido de hierro	Casariche	Sevilla	Pintura
15	Tierra C Caolinita	Zalamea de la Serena	Badajoz	Pintura
16	Tierra D ocre	Mairena del Aljarafe	Sevilla	Pintura
17	Pigmento ocre	Casariche	Sevilla	Pintura

Tabla 1. Captación de recursos: materias primas empleadas, procedencia y elemento constructivo donde es usado.

resistencia frente a los agentes atmosféricos. Solo en dos ocasiones se han introducido otros materiales: la caña común (*Arundo donax*) y las albardillas cerámicas, destinadas a simular dos tipos de coronaciones de muros, la vegetal –probablemente la más frecuente en la región en época protohistórica– y la construida con lajas de pizarra, con pequeños vuelos que protegen parcialmente los revestimientos verticales y la base de los muros. Tampoco se conoce en profundidad la composición de las pinturas en los pocos casos donde se han conservado, por lo que estas se han realizado a partir de materias comunes transformadas *in situ*, tanto orgánicas (estiércol de vaca, caseína de leche de vaca y engrudo de harina de trigo) como inorgánicas (cal, tierra), a excepción de algunas tierras y pigmentos minerales que, como muy probablemente ocurría en la época, eran objeto de intercambio con otras áreas más o menos alejadas, como es el caso del ocre o la caolinita.

En cuanto a las herramientas, salvo las adoberas, que se han construido en madera siguiendo las medidas de los adobes de la época, se ha utilizado mayoritariamente material de ferretería común y actual, adaptado, eso sí, a cada tipo de trabajo: pala, paleta, fratás, llana, criba, nivel de burbuja, pico, cinta métrica, carretilla, cubetas, etc. Es muy probable que en el pasado se utilizaran también animales para ciertas actividades (transporte, picado de las fibras vegetales, amasado de los materiales, etc.), como se ha podido constatar a través de la analogía etnográfica, aunque se desconoce su protagonismo en la cadena operativa en el periodo y área geográfica que abarca este estudio. Finalmente se ha optado por no introducir fuerza de trabajo animal, por lo que parte de las tareas donde estos estarían implicados, especialmente el transporte y amasado de la mezcla para realizar los adobes y el batido de los morteros, se ha hecho con medios humanos y mecánicos.

Más compleja ha sido la toma de decisiones en relación con la cantidad y variedad de estructuras a reproducir. Como se ha indicado más arriba, se han intentado integrar en un mismo experimento los tipos de paramento documentados con mayor frecuencia en los asentamientos del bajo Guadalquivir durante la II Edad del Hierro en lo que se refiere a dimensiones, sobrecimientos, alzados, aparejos, coronaciones y revestimientos (*vide supra*). Teniendo en cuenta que en la arquitectura doméstica protohistórica de la región no solían realizarse cimentaciones profundas, se han levantado 11 muros probeta, agrupados en tres conjuntos con características constructivas análogas que emulan, a su vez, los volúmenes de tres estancias de forma cuadrangular y tamaño medio de 3 × 3 m (Fig. 3, Tabla 2), que son las medidas más recurrentes en este tipo de arquitectura (Díes 2001: 92). Esto ha permitido disponer las estructuras siguiendo las orientaciones predominantes en la zona y época estudiadas, que tienden a reproducir la de los principales edificios de culto fundados por los fenicios en la región (Esteban y Escacena 2013): NE/SO y NO/SE, con una variabilidad más o menos amplia en grados con respecto al N/S o E/O según el caso. De este modo, se ha garantizado además la exposición de sus caras hacia todas las direcciones, posi-

	Dimensiones (cm)			Cimentación y Sobrecimiento				Mampostería de adobe	
Nº	Ancho	Largo	Altura	Material cimentación	Profundidad cimentación (cm)	Sobrecimiento, mampostería irregular roca caliza	Altura sobrecimiento (cm)	Aparejo	Dimensiones adobe (cm)
M1	30	90	65	Inexistente	0	Sí	20	Soga	10 × 30 × 45
M2	30	120	70	Inexistente	0	Sí	25	Soga	10 × 30 × 45
M3	30	90	65	Canto rodado 20 cm	10	No	Inexistente	Soga	10 × 30 × 45
M4	30	120	60	Inexistente	0	Sí	20	Soga	10 × 30 × 45
M5	45	125	70	Inexistente	0	Sí	20	Tizón	10 × 30 × 45
M6	30	140	80	Inexistente	0	Sí	30	Soga	10 × 30 × 45
M7	45	110	70	Inexistente	0	Sí	20	Tizón	10 × 30 × 45
M8	45	115	90	Inexistente	0	Sí	35	Tizón	10 × 30 × 45
M9	45	125	90	Inexistente	0	Sí	30	Tizón	10 × 30 × 45
M10	45	110	115	Inexistente	0	Sí	50	Tizón	10 × 30 × 45
M11	45	110	110	Inexistente	0	Sí	40	Tizón	10 × 30 × 45
I6	45	95	30	Inexistente	0	No	0	Tizón	10 × 30 × 30
I8	45	65	35	Inexistente	0	No	0	Tizón	8 × 25 × 30

Tabla 2. Identificación de probetas con todos sus elementos constructivos y medidas: sobrecimiento, alzado, tipo de aparejo, revestimientos, enlucidos, etc. Se diferencian los muros (M) de las instalaciones (I) adosadas a los mismos.

bilitando con ello el análisis de la incidencia del sol y los agentes atmosféricos sobre las mismas. Aunque en ocasiones los muros de la época se asentaban sobre la superficie regularizada del terreno o directamente sobre los pavimentos, en este ensayo las estructuras se han levantado sobre pequeñas zanjas de cimentación de aproximadamente 10 cm de profundidad, que son las más habituales en los contextos arqueológicos conocidos en el bajo Guadalquivir (Serrano 2015: 334-335). Asimismo, con el fin de facilitar el aparejado de los muros y el mantenimiento de las medidas previstas se ha utilizado también un mismo tipo de adobe, de 45 × 30 × 10 cm, inspirado en los usados en la fase V del santuario de El Carambolo, de inicios de la Edad del Hierro (Fernández y Rodríguez 2007: 97). Se ha seleccionado esta medida por ser la que más se aproxima a los estándares fenicios introducidos en la región, en concreto al codo de 52 cm, evitando así elegir entre la enorme diversidad de formatos de adobes que encontramos indistintamente en las construcciones de época turdetana a partir de los mismos patrones métricos orientales (Serrano 2015: 375-376) y, por tanto, tener que construir varias adoberas para las mismas estructuras. Del mismo modo, se han mantenido en la medida de lo posible las mismas dosificaciones para los diferentes elementos (adobes, morteros y revestimientos), a excepción de las pinturas, donde se han ensayado distintas recetas con materiales orgánicos e inorgánicos (Tabla 3).

En el primer conjunto, formado por los muros 1, 3 y 4, se han reproducido estructuras de escasa potencia y anchura, construidas solo con una base de cantos rodados (M3) o con sobrecimientos de mampuestos de no más de 0,20 m de altura (M1 y M4). Se trata de las soluciones más frecuentes en los yacimientos de referencia a lo largo de toda la Protohistoria, especialmente en la arquitectura doméstica, donde perdurarán con pocos cambios hasta finales de la Edad del Hierro. Los pequeños sobrecimientos-zócalos de mampuestos están constatados, al menos, desde el siglo VIII a. C. en *Caura*/Coria del Río (Escacena e Izquierdo 2001: 127-128), El Carambolo (Fernández y Rodríguez 2007: 110) o *Ilipa*/Alcalá del Río (Prados y Fernández 2018: 108), generalizándose en el siglo VII a. C. en el resto de los sitios. Estos se utilizan sobre todo en los muros maestros de los edificios, mientras que los tabiques de compartimentación pueden llevar indistintamente una base de mampuestos, de cantos rodados, o bien asentarse directamente sobre el firme o pavimento. Tratando de imitar a estos últimos, los alzados se han aparejado en todos los casos con adobes a soga, con una anchura de 0,30 m y una altura de entre 0,40 y 0,60 m, sin coronación ni revestimientos, a excepción de M3, que se ha cubierto con albardillas cerámicas de 0,30 × 0,60 m dispuestas también a soga y sin vuelo sobre el muro y tomadas con mortero de cal (D4).

El segundo conjunto está compuesto por dos estructuras de similares características a las anteriores (M2 y M6) y otras dos ligeramente más anchas (M5 y M7), en todos los casos con sobrecimientos de entre 0,20 y 0,30 m y alzados que rondan los 0,50 m. En las dos pri-

Nº	Materia prima	Elemento constructivo
D1	3 TA + 1,5 AG + 1,5 AF+ 2 PT	Enfoscado Base. Mortero de nivelación. Adobe murete
D2	1,25 TA cribada 3 mm + 3 AF + 0,25 TB	Enfoscado fino
D3	1 TA cribada 3 mm + 3 AF + 0,5 TB + 1 ES	Enfoscado fino
D4	1 TA cribada 3 mm + 1,5 AG + 1,5 AF + 1 CL	Coronación muro. Mortero agarre
D5	0,5 TA cribada 3 mm + 3 AG + 1 AF + 0,5 CL + 0,25 TB	Coronación muro. Mortero agarre
D6	2 TA + 1 TB + 1 AG + 1 AF + 1,5 PT	Coronación muro. Mortero agarre
D7	1 CA + 1 TB + 1 PH	Pintura
D8	1 CA + 1 TD + 1 PO	Pintura
D9	1 E + 1 TB + 1 PH	Pintura
D10	1 E + 1 TD + 1 CL	Pintura
D11	1 TD + 1 AF + 1 CL	Pintura
D12	1 TC + 1 CL	Pintura
D13	1 CL	Pintura
D14	1 TD + 1 ES	Pintura
D15	1 TB + 1 PH	Pintura

Tabla 3. Descripción de dosificaciones por cada tipo de elemento: adobes, revestimientos, mortero de coronación, etc. * Dosificaciones en volúmenes. ** Tierra A (TA), Tierra B (TB), Tierra C (TC), Tierra D (TD), Arena gruesa (AG), Arena fina (AF), Paja trigo (PT), Estiércol (ES), Cal aérea (CL), Caseinato de amonio (CA), Pigmento óxido de hierro (PH), Pigmento ocre (PO), Engrudo harina trigo (E).

meras se han colocado los adobes a soga, con un ancho de 0,30 m, mientras que las otras dos (M5 y M7) se han aparejado a tizón, alcanzando los 0,45-0,50 m de anchura. Solo M7 se ha dejado al descubierto, protegido únicamente por su revestimiento base y fino (D1, D2), mientras que M5 y M6 llevan una coronación con mortero de cal (D4), y M2 ha sido cubierta con albardillas cerámicas de las mismas medidas que las de M3 y sin vuelo. Por lo que respecta a los revestimientos, a todos los muros se les ha aplicado una capa de base y otra fina (D1, D2). Asimismo, se han hecho pruebas de pinturas en M2 y M5, con distintas capas y composiciones. Por último, se ha decidido adosar una instalación a la cara sur de M6 (la I6). Se trata de un hogar construido sobre una base de adobes revestidos de mortero de barro de 0,95 m de longitud, 0,45 de anchura y 0,30 de altura, con un *locus* central para disponer el fuego y las brasas. No es infrecuente encontrar hogares adosados a muros, contando con algunos ejemplos en *Ilipa Magna*/Alcalá del Río que se remontan al menos a los siglos VI-V a. C. (Ferrer y García 2007: 106, fig. 4, lám. I).

El tercer conjunto de estructuras es el más amplio en dimensiones y complejo en detalles constructivos y elementos decorativos. Está conformado por cuatro pares de muros dispuestos en ángulo recto que delimitan un espacio cuadrangular abierto en sus cuatro caras. Los paramentos se han levantado sobre potentes sobrecimientos de entre 0,30 y 0,50 m de altura, con una anchura media de 0,50 cm. Este tipo de sobrecimientos-zócalos se generaliza en el bajo Guadalquivir a finales de la Edad del Hierro e inicios del periodo romano (siglos III-II a. C.) según se desprende de los ejemplos documentados en Cerro Macareno (García *et al.* 2022: 101-103, fig. 10-D), *Spal*/Sevilla (Jiménez *et al.* 2006: 292-295, fig. 5) y *Caura*/Coria del Río (Escacena 2018: 192-193, fig. 23), entre otros lugares. Los alzados, por su parte, oscilan entre 0,60 m (M8 y M9) y 0,65-0,70 m (M10 y M11), y están aparejados en todos los casos a tizón, con una anchura de 0,45 m, sin contar los revestimientos que han tenido un espesor medio de 2,5 a 4 cm. También se han trabado los adobes en las esquinas para dar mayor solidez al conjunto. Por lo que respecta a las coronaciones, en M10 y M11 se ha aplicado una capa de mortero de cal aérea (D4), mientras que M8 se ha cubierto con albardillas cerámicas de 0,30 × 0,60 m dispuestas a tizón. Por su parte, sobre M9 se ha colocado una capa de cañas dispuestas en horizontal y trabadas con mortero de tierra y paja para simular el detalle constructivo correspondiente al encuentro entre la coronación de los muros de adobe y las cubiertas horizontales de entramado vegetal (D1, D6/D3), probablemente las más frecuentes en esta época y territorio (Serrano 2015: 348-351). En cuanto a los revestimientos, todas las estructuras llevan una capa de base y otra de fino, que sirve de preparación para la decoración pintada (D1, D2/D3). Esta última se ha distribuido por todas las estructuras y muros ensayando diferentes composiciones, tanto en lo que se refiere a los aglutinantes como a los tipos de pigmentos utilizados (Tabla 4); de este modo, las pinturas de base orgánica (caseinato, engrudo de harina y estiércol de vaca) se con-

	a			b			c			d			e			f			Coronación
Nº Probeta	EB	EF	P	EB	EF	P	EB	EF	P	EB	EF	P	EB	EF	P	EB	EF	P	
M1	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No							No
M2	D1	D2	No	D1	D2	No	D1	D2	No	D1	D2	No							Albardilla cerámica tomada mortero cal aérea CL90 y arena gruesa (1:4)
M3	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No							Albardilla cerámica tomada mortero cal aérea CL90 y arena gruesa (1:4)
M4	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No							No
M5	D1	D2	No	D1	D2	No	D1	D2	No	D1	D2	No							Mortero tierra A y cal aérea CL90
M6	D1	D2	No	D1	D2	No	D1	D2	No	D1	D2	No							Mortero tierra A y cal aérea CL90
M7	D1	D2+ D3	No	D1	D2+ D3	No	D1	D2+ D3	No	D1	D2+D3	No							Mortero tierra A, paja de trigo y estiércol
M8	D1	D2	D7	D1	D2	D8	D1	D2	D8	D1	D2	D7	D1	D2	D7	D1	D2	D7+ D8	Albardilla cerámica tomada mortero cal aérea y arena gruesa
M9	D3	D3	D10	D3	D3	D10	D3	D3	D9	D3	D3	D9	D3	D3	D9	D3	D3	D10	Formación de alero de caña común tomada con mortero tierra y paja. Recubrimiento mortero de nivelación tierra A, paja de trigo y estiércol; mortero enfoscado fino tierra B y óxido de hierro
M10	D1		D13	D1		D13	D1		D13	D1		D11	D1		D11+D12	D1		No+ D11	Mortero arena gruesa y cal aérea CL90
M11	D1	D2	No	D1	D2	D15	D1	D2	D15	D1	D2	D15	D1	D2	D14	D1	D2	D14	Mortero arena gruesa y cal aérea CL90
I6	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
I8	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

Tabla 4. Descripción de revestimientos por cada probeta: alzados (a-f) y coronaciones. * Identificación de alzados según planimetría. Inicio en alzado norte, sentido agujas del reloj. ** Enfoscado base (EB); Enfoscado fino (EF); Pintura (P); Coronación muro (CM). *** Dosificaciones (D).

centran respectivamente en M8 y M11 (D7-D10), mientras que las de base inorgánica (tierra y cal) lo hacen en M9 y M10, con distintas recetas y capas, que varían de una cara a otra (D11-D15). Por último, en este conjunto se ha levantado también un banco (I8) adosado hacia el interior de la esquina conformada por M8. Se trata de la instalación más habitual en este periodo, tanto en los edificios singulares como en la arquitectura doméstica. Está construido con el mismo tipo de adobes recubiertos con mortero de barro y presenta unas dimensiones de 0,65 m de longitud por 0,45 de anchura y 0,35 de altura.

El número, disposición y composición de estos muros probeta han permitido comprobar sistemáticamente el comportamiento de los distintos materiales, fábricas, soluciones constructivas y acabados ante los agentes externos, tanto ambientales como antrópicos. Se trata no solo de analizar las patologías que pudieran desarrollar este tipo de estructuras, sino también, como se ha dicho al principio, valorar el potencial de la arqueología experimental para encontrar soluciones a los problemas de conservación de los restos excavados y plantear estrategias de preservación, restauración, restitución y mantenimiento adecuados. En este sentido, además de las afecciones derivadas de su exposición a la intemperie, que podríamos denominar pasivas (precipitaciones, viento, cambios bruscos de temperatura y humedad, crecimiento de vegetación, etc.), se han provocado de forma activa afecciones de distinto tipo, abióticas y bióticas, tales como pérdidas de volumen y desprendimientos de revestimientos, fisuración y cambio cromático. Estas han consistido principalmente en la realización de fogatas junto a las caras internas de algunos muros, aprovechando las dos instalaciones construidas (I6 e I8), con el fin de testar el comportamiento de los revestimientos y pinturas al calor y la acción directa de las llamas; la cubrición parcial o total de varias probetas con tierra y piedras similares a las usadas en su construcción, simulando el material de relleno generado por un derrumbe; y el sembrado de especies vegetales en su superficie para acelerar la edafización de estos depósitos (Fig. 13). Se ha procurado, en todo caso, reproducir dentro de lo posible las distintas condiciones de conservación de los paramentos enterrados: total, parcialmente, por una o por dos de sus caras.

Con el fin de sistematizar el diagnóstico de las afecciones que pudieran surgir en las distintas probetas se

ha diseñado un modelo de ficha individual que permite describir en cada murete los daños detectados y su posible origen, incluyendo fotografías generales y de detalle, e indicando las posibles estrategias para su reparación. Esta se está utilizando en el examen periódico de los conjuntos de estructuras descritas anteriormente que se va a desarrollar durante un periodo de dos años. Todo ello contribuirá, a medio plazo, a comprender las patologías presentes y futuras que puedan surgir en yacimientos protohistóricos construidos en tierra cruda, sus causas y sus posibles remedios.

3. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

Como se ha indicado más arriba, el taller se ha organizado en dos fases, que han requerido de equipos materiales y humanos sensiblemente diferentes: una entre mayo y julio, en la que se construyeron los muros probeta, y otra entre octubre y noviembre de 2022, donde se realizaron las coronaciones, revestimientos, pinturas, instalaciones auxiliares y se provocaron distintos tipos de afecciones.

3.1. Fase 1

La primera semana se destinó a la organización del taller: traslado de las herramientas; valoración, selección y acopio de materiales; delimitación de los espacios de trabajo; y definición del cronograma de tareas. Para ello se acotó un sector de la parcela que, a su vez, se subdividió en diferentes áreas destinadas a las distintas labores: provisión de materiales, preparación de las dosificaciones y mezclas, moldeado y secado de los adobes y construcción de las estructuras. A continuación, se llevó a cabo el desbroce, limpieza superficial y nivelación de estas áreas y al replanteo sobre el terreno de los lugares donde se iban a levantar los muros con ayuda de cuerdas y estacas. Mientras tanto, se fueron recepcionando y distribuyendo los diferentes materiales por el espacio de trabajo: piedra de cantera, tierra arcillosa (tierra A), de donde se extrajeron mediante cribado los cantos rodados y la gravilla, arena fina, arena gruesa, cal aérea y balas de paja. La tierra B, por su parte, se obtuvo directamente de la parcela a demanda, mientras que el abastecimiento de agua estaba asegurado por las propias instalaciones de la Hacienda

Figura 6. Fabricación de adobes. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: acopio de materiales; mezclado; moldeado; secado o curado.

Figura 7: Ejecución de muretes probeta. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: replanteo; construcción de los sobrecimientos; aparejado de los adobes; verificaciones.

Santa Cruz. Por último, se procedió a la excavación de las zanjas de cimentación de los distintos muros y a la limpieza del entorno retirando la tierra sobrante.

A partir de aquí se emprendieron dos tareas de forma simultánea por parte de dos equipos: por un lado, la construcción de los sobrecimientos de piedra y, por el otro, la dosificación de los materiales para la realización de los adobes y el moldeado de estos últimos (Figs. 6-7). En el primer caso se utilizó la técnica de la piedra seca, sin mortero de unión, que es la que tenemos constatada mayormente en el bajo Guadalquivir a finales de la Edad del Hierro e inicios de la presencia romana en los casos de estudio señalados anteriormente. La anchura y potencia de estos sobrecimientos venía determinada por las medidas previstas para cada probeta, aunque podía variar sensiblemente en función del tamaño de los mampuestos (Tabla 2). Solo en un caso, como se ha comentado más arriba (M3), se utilizaron cantos rodados unidos con barro como cimentación, reproduciendo una solución constructiva generalizada en la arquitectura doméstica de la región, sobre todo en la I Edad del Hierro, pero también en la fase turdetana. Paralelamente, se llevó a cabo en otro sector de la parcela la dosificación y mezcla de los materiales para la fabricación de los adobes empleando al mismo tiempo cuatro áreas de amasado donde se pudieron ensayar dos recetas distintas con más o menos arena (D1), tal como se describe en la Tabla 3.

El proceso de elaboración de los adobes siguió una secuencia de tareas muy precisa basada en los procedimientos tradicionales que puede resumirse en los siguientes pasos: acarreo de la tierra A y la arena gruesa a zona de amasado; mezclado en seco de la tierra y la arena; adición de agua y amasado hasta alcanzar una consistencia plástica; adición de paja de trigo cortada y agua manteniendo una consistencia plástica; maduración de la mezcla durante 24-48 horas; moldeado de los adobes en las adoberas; disposición de los ejemplares en una zona abierta a la sombra y secado durante tres días; volteado de los adobes y secado durante otros cuatro días; perfilado de los cantos, almacenaje y curado de los adobes durante dos semanas (Fig. 6). Cabe señalar que estos tiempos corresponden a los necesarios para el secado y curado del adobe en las condiciones de temperatura y

humedad de La Rinconada (área metropolitana Sevilla) en el momento del año en que se fabricaron (mediados de mayo), teniendo en cuenta además las dimensiones, módulos y composición de los adobes. En total, se fabricaron unas 220 unidades, incluyendo las que contaban con algunos desperfectos, que fueron igualmente utilizadas en distintos momentos de la construcción.

Una vez pasadas las dos semanas de maduración se preparó el mortero de nivelación para la coronación de los sobrecimientos-zócalos, que servía asimismo de base para la construcción de los alzados de adobe (Tabla 3). Este se realizó siguiendo dos recetas, una con paja sin picar y otra con paja picada (D1). Mientras tanto, se fueron apilando los adobes al pie de los muros y ensayando

Figura 8 (a y b). Fotogrametría general realizada al finalizar la Fase 1.

el aparejado previsto para cada uno en función de la longitud y anchura de los sobrecimientos. A continuación, se fue aplicando el mortero de nivelación a los distintos muros, comenzando por los de mayor tamaño (M10 y M11) y terminando por M1, M3 y M4, al tiempo que se iban levantando los alzados en el mismo orden (Fig. 7). Para fijar los adobes y garantizar unos tendeles de al menos 1 cm de ancho se preparó una nueva dosificación de mortero, en este caso solo con paja picada, que se elaboró a demanda a medida que se fueron levantando los muros (D1). Este proceso se llevó a cabo a lo largo de dos semanas, entre mediados de junio y mediados de julio, con un mes de separación entre ellas con el fin de facilitar el secado de los morteros sin ejercer demasiada presión sobre los mismos y comprobar su consistencia. Durante esa última semana, además de completar la construcción de las probetas, se procedió a rellenar con argamasa las irregularidades que habían quedado entre los sobrecimientos y los alzados, nivelando la superficie de los muros, y se realizó una primera prueba de mortero base de revestimiento en la cara exterior de M10 para testar el funcionamiento de la receta (D1). Una vez completados los trabajos se llevó a cabo una primera fotogrametría general de las probetas (Fig. 8).

3.2. Fase 2

Esta fase comenzó la primera semana de octubre con la aplicación del revestimiento base a todos los muros (D1) y su posterior alisado con el fratás, a excepción de M1, M3 y M4, que se mantuvieron con los adobes a la vista. A medida que se fue completando esta tarea se iniciaron sus coronaciones según la distribución prevista. En concreto, se cubrieron con albardillas cerámicas M2, M3 y M8, las dos primeras a soga y la última a tizón, con un vuelo sobre la cara exterior del muro de unos 8 cm. Asimismo se avanzó en las coronaciones de M5, M6, M10 y M11, realizadas con mortero (D4). A continuación, se aplicó el revestimiento fino (D2) a los muros correspondientes y se alisaron de nuevo con el fratás (Fig. 9). Las recetas empleadas en los distintos acabados y coronaciones se detallan en las Tablas 3 y 4. Una vez concluidos estos trabajos, se dejaron secar las probetas durante dos semanas. Sin embargo, dos jornadas de intensas lluvias provocaron

Figura 9. Ejecución de acabados y revestimientos. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: revestimiento base; revestimiento fino; coronaciones y cubiertas; pintura.

Figura 10 (a y b). Fotogrametría general realizada al finalizar la Fase 2.

Figura 11. Fotografía de detalle de las instalaciones adosadas a los muros 66 (izquierda) y 8 (derecha).

daños en los revestimientos, que variaron sensiblemente de una probeta a otra según el tipo de acabado.

Este aparente inconveniente fue aprovechado para registrar todas las afecciones de forma sistemática, realizar un primer catálogo de patologías y evaluar el comportamiento de las distintas recetas utilizadas con objeto de mejorarlas. Se pudo comprobar que los muros sin revestimiento o con revestimiento base acusaban menos daños que los demás, pues los revestimientos finos carecían de suficiente cohesividad ante la acción de las primeras lluvias. Estos se vieron muy alterados, con grietas y desprendimientos, que eran más profundos en los lugares donde coincidían con los puntos por donde se evacuaba el agua de las coronaciones de los muros o las juntas de las albardillas. A partir de esta evaluación de daños se decidió sustituir el revestimiento fino de todos los muros afectados por una nueva receta más enriquecida en arcilla (tierra B) a la que se incorporó en algunos casos de forma experimental, como hidrofugante, estiércol de vaca (D2-D3).

La última semana de octubre se procedió a eliminar el revestimiento fino en los muros más afectados por las lluvias (M8, M9, M10 y M11), dejando a la vista el revestimiento base y, en su caso, el mortero de coronación. A continuación, se recubrieron con la nueva mezcla, alternando la dosificación enriquecida solo con arcilla (M8 y M11) y la que llevaba además de bosta de vaca (M9 y M10), y se alisaron con la llana hasta conseguir una superficie apta para la posterior aplicación de las pinturas (Fig. 9). Lo mismo se hizo en el conjunto formado por M2, M5, M6 y M7, aunque en este último muro se optó por aplicar las dos dosificaciones (sin estiércol en la mitad sur y con estiércol en la mitad norte), con objeto de documentar en una misma probeta el comportamiento diferencial de ambas recetas ante la incidencia de los agentes atmosféricos (Tablas 3 y 4).

A lo largo de esa semana se reparó también el mortero de coronación de M10 y M11 (D4) con una lechada de arena y cal destinada a sellar las grietas surgidas por la contracción de la mezcla durante el secado, así como a servir, a su vez, de base para una nueva capa de mortero. En esta última se emplearon, como relleno, pequeños cantos y gravilla con objeto de conseguir dar forma a una superficie ligeramente inclinada hacia las distintas vertientes de los muros que facilitara la evacuación del agua de lluvia. Del mismo modo, en M8 se rellenaron con el mismo mortero de cal las juntas de las albardillas, así como el hueco existente entre estas y la parte superior del muro. Por otro lado, se llevó a cabo la construcción de la cubierta de M9 y su posterior hidrofugado. Para ello se colocó una hilera de cañas sobre una base de mortero de tierra y paja (D1, D6/D3), sobresaliendo entre 8 y 10 cm hacia el exterior y de 2 a 4 cm hacia el interior del muro. A continuación, se cubrieron con dos capas de este mismo mortero (D6), al que se dio también una pendiente a cuatro aguas similar a la coronación de M10 y M11, y se taparon todas las juntas. Por último, después de secarse se aplicó una nueva capa de mortero, en este caso enriquecido con estiércol de vaca, con una receta similar a la utilizada en los revestimientos de los muros (D3).

Paralelamente, se fueron preparando los enlucidos y pinturas, tanto a base de aglutinantes orgánicos (engrudo de harina y caseína de leche) como inorgánicos (tierra y cal) y distintos tipos de pigmentos (Tabla 3). Una vez realizada una primera prueba de densidad y color en M2, se procedió a aplicar las diferentes recetas a M8, M9,

Figura 12 (a y b). Fotogrametría general realizada una vez expuestos los muretes probeta a las principales fuentes de afección.

M10 y M11, conforme a la distribución y número de capas que se indican en la Tabla 4.

Esta tarea se completó durante la primera semana de noviembre, mediante la incorporación de una banda roja en la cara exterior de M11 y de un zócalo rojo en la misma cara de M10. Además de tratar de reproducir la decoración de los muros a partir de los dos colores mayoritarios presentes en los casos estudiados –recordemos que, a excepción de algunas estancias de El Carambolo (Fernández y Rodríguez 2007: 137, fig. 39), no se han constatado en la región composiciones complejas–, también se ha intentado testar el comportamiento de diferentes materiales y composiciones superpuestas, como suele ser común en las estructuras que han sido

Figura 13. Selección de patologías. (1) testeo de consolidantes en una muestra estratificada de revestimientos y pinturas (M5); (2) pérdida de revestimientos y pinturas a causa del agua de lluvia (M5); (3) aplicación directa de las llamas sobre los revestimientos y pinturas (M8); (4) oscurecimiento, fisuración y desanclaje de los revestimientos a causa del fuego (M6); (5) enterramiento parcial de un muro y crecimiento de vegetación en la superficie de los depósitos (M1); (6) testeo de las dosificaciones de revestimiento fino con o sin estiércol (M7); (7) respuesta de los revestimientos y pinturas a su exposición al agua de lluvia en un muro protegido con cubierta de cañas y voladizo (M9); (8) respuesta de los revestimientos y pinturas a su exposición al agua de lluvia en un muro protegido con una coronación de mortero de cal (M11).

ocupadas durante un dilatado periodo de tiempo. Con este objeto, se preparó una cata estratificada de los distintos revestimientos y pinturas en la cara interior del muro 5. Para ello se llevó a cabo una secuencia de franjas verticales de 18 cm de ancho donde se mostraban de izquierda a derecha las distintas capas que lo componen: adobe, revestimiento base, revestimiento fino, primera, segunda y tercera capa de pintura. Para terminar, se llevó a cabo el segundo levantamiento fotogramétrico (Fig. 10) de todas las probetas previamente a la aparición/provocación de las primeras patologías.

La última semana del taller, la segunda de noviembre, se corrigieron algunos desperfectos surgidos en M5, M6 y M7, aplicando una nueva capa de revestimiento enriquecido con estiércol (D3) y una nueva coronación de mortero de cal (D5). Asimismo, se construyeron dos instalaciones con hogares adosadas respectivamente a la esquina interior de M8 y a la cara sur de M6 (Fig. 11). La primera se levantó con los mismos adobes utilizados en los alzados (45 × 30 × 10 cm), dispuestos a tizón y unidos con mortero de barro. La segunda, por su parte, se realizó con adobes de menor tamaño (30 × 25 × 8 cm), aparejados a tizón y recubiertos con adobes del mismo tipo colocados en vertical, lo que permitía crear un borde sobre la parte superior de la mesa, que quedaba ligeramente deprimida. A continuación, se llevaron a cabo las tareas conducentes a acelerar o provocar las afecciones (Figs. 12-13). Por un lado, se cubrieron total o parcialmente tres probetas: M1, por las dos caras, dejando solo a la vista su extremo oriental; M2, por su cara sur, hasta la cresta del muro; y M8, por todo su perímetro exterior, sin llegar a taparlo por completo. La tierra elegida para estos rellenos procedía del mismo solar de la Hacienda Santa Cruz, por lo que es muy cercana en su composición a la empleada en la elaboración de los adobes, mientras que las piedras utilizadas fueron las sobrantes de la construcción de los cimientos. Sobre su superficie se esparcieron, además, semillas de leguminosas. Con ello se favorecía la aparición de patologías relacionadas con su exposición diferencial a los agentes atmosféricos o a las condiciones asociadas al suelo (humedad, raíces, etc.). Paralelamente, se realizaron dos fogatas de distinta intensidad sobre las instalaciones adosadas a M6 y M8 que se mantuvieron vivas durante una mañana completa. Una vez concluida la combustión y comprobado el estado de los revestimientos y pinturas, se mantuvieron los hogares cubiertos con sus propias brasas y una capa de tierra. Finalmente, se fotografiaron todas las probetas, incluyendo un último levantamiento fotogramétrico (Fig. 12), y se registraron para su valoración las principales afecciones detectadas antes de dejar las estructuras en las condiciones descritas para que actuasen los agentes externos durante el periodo previsto por el proyecto para el examen periódico de su degradación (12 meses; Figs. 12 y 13).

4. RESULTADOS

La durabilidad de los elementos constructivos realizados en tierra cruda está claramente comprometida ante la presencia de agua de cualquier origen. Como puede comprobarse en los casos de estudio utilizados como referencia en este trabajo, las culturas protohistóricas del bajo Guadalquivir desarrollaron en su arquitectura en mayor o menor medida soluciones para fomentar esta durabilidad: ubicación de edificación en un terreno adecuado ante las posibles inundaciones, elevación de la cota de habitación con respecto a los espacios exteriores de circulación, uso de sobrecimientos, etc. En comparación con la arquitectura monumental coetánea, estas protecciones alumbran ser menores, seguramente a cambio de garantizar un mayor mantenimiento. Esto se ha demostrado en el taller experimental, donde con las lluvias de otoño comenzaron a aparecer las primeras patologías, lo cual obligó a los organizadores del taller a mejorar los revestimientos finos y pinturas a la vez que se aumentaba su diversidad. Es por ello que los yacimientos arqueológicos formados predominantemente por construcciones de tierra cruda deben ser encarecida e integralmente protegidos ante la acción de los agentes atmosféricos.

El comportamiento mecánico o estructural de estas edificaciones domésticas depende de un gran número de factores: sismicidad, geología, existencia de cimentación sobre un suelo apropiado, protecciones ante el agua de cualquier tipo, unión entre muros perpendiculares, esbeltez vertical y horizontal, apertura y posición de huecos, etc. En el taller experimental se han construido muretes de escasa potencia que no han permitido evaluar el comportamiento mecánico, en relación con lo que sería hacerlo de una forma más amplia y compleja con una edificación completa. Una edificación completa también serviría para conocer mejor otros aspectos de habitabilidad, durabilidad o de puesta en obra. Sin embargo, y como es manifiesto, se han observado cómo, además de los factores citados, la forma de aparejar y unir muros, así como la resistencia mecánica de los materiales empleados son otros aspectos fundamentales en estas evaluaciones y que necesitan también ser conocidos.

El origen y características de las materias primas, materiales, herramientas, maquinaria y medios de trans-

porte implicados, se ha adaptado a las posibilidades de los organizadores del taller experimental. Por lo que respecta a las primeras, se han tratado de aprovechar al máximo los recursos naturales existentes en el entorno del taller y que corresponden, como se ha dicho, al área de captación de los yacimientos de la Edad del Hierro que han servido de caso de estudio y modelo para esta actividad. Por otro lado, si bien algunas tareas como el transporte de tierras al lugar de trabajo, la extracción de los materiales (rocas, áridos, tierras, etc.) o el batido de morteros se han llevado a cabo por medios mecánicos, el resto de las tareas se han realizado manualmente con la ayuda de herramientas empleadas actualmente tanto en la construcción como en agricultura (picos, paletines, azadas, etc.), que cuentan con paralelos en la Edad del Hierro. A pesar de que, como se ha visto, es probable que en la Protohistoria se utilizaran animales para ciertas tareas, en este taller se ha primado el uso de la tracción y fuerza humana. La organización de las jornadas ha contado, dependiendo de los tipos de trabajo a realizar y el esfuerzo requerido, entre seis y veinte participantes, acompañados de dos o tres formadores/as e investigadores/as. Es evidente que realizar estas mismas tareas con los medios existentes en época protohistórica requeriría un esfuerzo mucho mayor, tanto de tiempo como organizacional.

En relación con el uso de biopolímeros de origen animal y vegetal durante el taller, se vislumbra un nuevo campo de estudio para la arqueología de la Protohistoria peninsular, ya que históricamente, y en paralelos actuales etnográficos, se ha constatado la utilización de estas sustancias por sociedades campesinas y para la mejora de ciertas propiedades, especialmente de los revestimientos, cohesivas e hidrófugas. Es por ello por lo que las investigaciones científicas debieran orientarse también a la posible detección y caracterización del uso de estas sustancias.

Otro de los aspectos evidenciados durante la realización del taller experimental ha sido la organización social necesaria para la creación de estas edificaciones domésticas. Mientras que la planificación y coordinación de los trabajos ha estado en manos de los/as formadores/as e investigadores/as responsables del taller, el resto de las tareas han sido realizadas indistintamente por todos/as los/as participantes del mismo: la extracción, transporte, transformación de materias primas; la puesta en obra de los materiales; labores especializadas como la elaboración de pinturas o la construcción de cubiertas, que corresponderían probablemente a oficios independientes; la evaluación de soluciones constructivas y habitabilidad; etc. Esto sumerge al grupo en conexión territorial e histórica, lo que permitirá el desarrollo de futuras hipótesis e investigaciones que redundará en el conocimiento de las relaciones sociales, las cadenas operativas y los trabajos colaborativos realizados necesarios en los periodos estudiados.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y transcurridos los doce meses previstos por el proyecto para proceder al primer examen periódico que evalúe la degradación de las probetas, los resultados han sido los siguientes (Fig. 13):

1. Por un lado, destaca la ausencia de afecciones de relevancia en la fábrica de la totalidad de los muros, incluyendo aquellos que no cuentan con la protección de las capas de revestimiento o coronaciones. Llama la atención, además, que el muro M3, que solo tiene una capa de cantos como cimentación, no muestre indicios evidentes de deterioro, a pesar de tener los mampuestos de adobe en contacto directo con el suelo. Es probable que, al tratarse de un murete exento y de escasa altura, no acuse daños visibles, aunque ello no evitaría la pérdida de resistencia estructural que se manifestaría en el caso de que tuviera que soportar un mayor peso, colapsando con el tiempo.
2. Con respecto a los revestimientos y pinturas, es evidente que se conservan mejor en los muros que cuentan con cubierta y, dentro de estos, en aquellas caras protegidas con un voladizo de mayor tamaño. También se constata que las cubiertas con albardillas cerámicas protegen mejor los revestimientos que las cubiertas de cañas con mortero de tierra, donde son frecuentes las pérdidas en los puntos próximos a la evacuación del agua de lluvia. Asimismo, en estos casos y con las mismas cubiertas, han sufrido menos los efectos climáticos los revestimientos y pinturas de las caras orientadas al suroeste que las orientadas al sureste y noroeste. Es probable que, en la Edad del Hierro y otros momentos históricos, las cubiertas contasen con voladizo o antepecho tipo pretil, así como con dispositivos (gárgolas, caños u otros elementos), que alejaran aún más el agua de lluvia procedente de la cubierta. Los aleros protegen parcialmente los alzados, ya que el agua-viento hace que los muros de mayor altura se mojen casi por completo, mientras que las gárgolas y los caños y canalones evitan la caída directa sobre los mismos de grandes volúmenes de agua.
3. Por su parte, los muros que cuentan con cubiertas de mortero de cal se conservan también muy bien, aun-

que los revestimientos sí que se han visto dañados por el agua de lluvia evacuada desde el coronamiento, debido a que el borde del revestimiento no está protegido con alero y evacúa mucha agua por los puntos por donde esta encuentra paso y desciende, reblandeciéndolo y debilitándolo.

4. Se constata, asimismo, que la pintura es otro de los elementos protectores de los revestimientos y, con ellos, de la fábrica en general. Así se ha podido comprobar a partir de la evidencia manifiesta en los tramos en los que se han aplicado mayor número de capas. Especialmente ilustrativo es el muro M5, en el que se aplicó una muestra estratificada, consistente en una secuencia creciente de distintas capas de revestimiento y manos de pintura, donde se ha podido comprobar la mejor conservación de aquellos tramos que cuentan con varias capas de pintura, debido a que, al reducir la porosidad del soporte, el agua resbala más y penetra menos. Otro de los elementos que demuestra haber aportado una mayor resistencia a los revestimientos ha sido el estiércol, utilizado como hidrofugante, aumentando asimismo la cohesividad del mortero, independientemente de si están cubiertos con pintura o no.
5. Interesante ha sido, además, observar el impacto del fuego intenso sobre los revestimientos, pues, a pesar de manifestar grietas provocadas por la contracción de los materiales a causa del efecto del calor, su endurecimiento, fruto de la cocción de los áridos, hace que se conserven mejor. Este endurecimiento provoca, asimismo, que cuando se desprenden lo hagan en fragmentos grandes.
6. En el caso de los muros que se cubrieron con depósitos de tierra, hasta el momento se han preservado bien sus revestimientos, especialmente en las caras que se encuentran enterradas, aunque se observan desprendimientos de las capas de pintura justo en los puntos donde se produce la transición entre la superficie cubierta y la aérea.
7. Por último, solo nos queda decir que, por el momento, no se aprecian afecciones aparentes provocadas por la vegetación, ni la surgida en el suelo, al pie de los muros, ni la que ha crecido sobre los depósitos que los cubren. Solo en algunos casos han germinado pequeñas plantas en los alzados, que han agrietado las capas de revestimiento, pero son puntuales. La particularidad, en este caso, quizás tenga que ver con la ausencia hasta ahora de vegetación y arbustos de mayor porte y con raíces más invasivas y dañinas.

5. CONCLUSIONES

A tenor de los resultados mostrados en el apartado anterior, queda demostrada la gran utilidad de la Arqueología Experimental, interdisciplinar y participativa, para el estudio, intervención y recuperación de la construcción con tierra en la Baja Andalucía. Ampliando las habituales metodologías científica y pedagógica de carácter transmisiva hacia un carácter más experiencial en la que los/as participantes puedan adquirir nuevos conocimientos, habilidades y competencias profesionales, el plan de trabajo ha incluido un programa formativo donde se han combinado las sesiones teóricas con actividades prácticas que han involucrado a docentes y discentes. El carácter interdisciplinar de formadores/as, investigadores/as y estudiantes participantes, de campos de estudio de Arqueología, Arquitectura y Conservación de la Universidad de Sevilla, así como las visitas didácticas realizadas por el Museo de La Rinconada, se ha combinado como un acto de creación, divulgación e intercambio del conocimiento, enfatizando los valores de la arquitectura antigua y tradicional para reflexionar sobre su utilidad en el presente y futuro de la construcción.

Para empezar, se ha avanzado en el conocimiento de las técnicas constructivas basadas en el empleo de la tierra cruda en época antigua, abordando todas las fases de la cadena operativa (objetivo 1): selección y tratamiento de las materias primas, preparación de los materiales constructivos, puesta en obra, construcción de los diferentes elementos (sobrecimientos, alzados, revestimientos, cubiertas, pinturas), analizando con detalle el funcionamiento de las diferentes recetas y soluciones constructivas a partir de su comparación con los ejemplos registrados arqueológicamente en la región. Asimismo, se han podido explorar, preliminarmente, aspectos relacionados con la organización del trabajo y la estructura social que podría haberle dado soporte: número de trabajadores/as intervinientes, nivel de especialización, jerarquización de tareas y roles, etc.

Asimismo, se ha avanzado en la caracterización de las materias primas empleadas en la construcción con tierra en el área de estudio, tanto en lo que se refiere a la determinación de su origen como a la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas, comportamiento (resistencia, durabilidad), etc. (objetivo 2). Para ello nos hemos apoyado no solo en la réplica experimental de las estructuras y su monitoreo, sino también en los análisis organolépticos, mecánicos y arqueométricos que se están realizando en el marco del mismo proyecto CrudUS. A

través de ellos, como ya se ha indicado, se está tratando de comparar muestras de diferentes tipos de estructuras arqueológicas realizadas con tierra cruda en el periodo estudiado, especialmente de Cerro Macareno, con muestras de materias primas extraídas de su entorno, ya sea de testigos naturales o artificiales existentes en el terreno como de los sondeos geoarqueológicos realizados paralelamente. Con ello se espera en el futuro no solo determinar la procedencia de las materias primas, sino también estudiar las vías de abastecimiento y transporte hacia los núcleos urbanos del valle del Guadalquivir.

Además del examen de los restos conservados en los casos de estudio seleccionados con el fin de detectar las lesiones existentes, la fabricación de probetas mediante arqueología experimental ha permitido analizar las afecciones provocadas por su exposición a los agentes ambientales o a distintos procesos antrópicos, como el fuego (objetivo 3). En concreto, y como se ha visto en el apartado anterior, el taller de construcción con tierra cruda ha proporcionado una gran cantidad de información para evaluar el comportamiento de estas estructuras y diagnosticar las patologías más frecuentes con el objetivo de establecer las estrategias de intervención idóneas para su preservación. Ello implica el testeo de los materiales más adecuados para los trabajos de conservación y reintegración, el desarrollo de procedimientos de restauración y reconstrucción basados en las mismas técnicas constructivas, que garanticen el mantenimiento de sus valores arquitectónicos e históricos, y la búsqueda de fórmulas y planes de mantenimiento eficientes y sostenibles.

Finalmente, ha quedado patente la enorme utilidad que supone este reconocimiento y rescate de la arquitectura en tierra de época protohistórica para el sector de la construcción actual, sector que tiene el reto de reorientarse hacia soluciones edificatorias de menor impacto y toxicidad ante la comprometida situación ambiental (objetivo 4). La arquitectura en tierra cruda ha tenido continuidad hasta mediados del siglo XX en estos territorios, lo que avala, junto a otras bondades como la baja huella ecológica, la escasa generación de residuos o la mayor eficiencia energética de las construcciones que la emplean masivamente, su reincorporación a la arquitectura contemporánea, actualizando las condiciones de seguridad, salubridad, confort o coste que se requieran según el contexto.

Por último, solo nos queda añadir un nuevo objetivo de futuro, encaminado a la configuración del espacio donde se han desarrollado las acciones de arqueología experimental expuestas en este trabajo, en un lugar de experimentación continua, incorporando nuevos ensayos y propuestas que podrán repercutir, igualmente, en el mejor conocimiento de la arquitectura antigua en tierra, sus particularidades y funcionamiento, conservación y restauración, y en el que se podrá desarrollar un programa de divulgación permanente que la haga accesible y visible en todos los ámbitos de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas, investigadores/as de distintas áreas de especialización de la Universidad de Sevilla y del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, a los/as colaboradores/as de la Asociación Taph Taph, estudiantes y otros/as profesionales del ámbito de la arqueología, la bioconstrucción y la arquitectura sostenible, que de manera activa han participado en este proyecto.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto de investigación “Estudio, intervención y recuperación de la construcción con tierra en la Baja Andalucía” (CrudUS), financiado a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades de la Junta de Andalucía, dentro del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020 (US-1381493). También ha contado con el apoyo del VI Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad de Sevilla (VI PPIT-US) a través de un contrato de acceso al Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación, disfrutado por uno de los autores.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Francisco José García Fernández: conceptualización, análisis formal, obtención de fondos, investigación, metodología, administración de proyecto, redacción – borrador original.

Arturo Jiménez Viera: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.

Sebastián Vargas-Vázquez: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.

BIBLIOGRAFÍA

Benavente Serrano, J. A., Galve Juan, F. 2005: "El Cabo" de Andorra (Teruel): un complejo arquitectónico de divulgación de la cultura ibérica del Bajo Aragón", en C. de Francia Gómez, y R. Erice Lacabe (coords.), *III Congreso Internacional sobre musealización de yacimientos arqueológicos: de la excavación al público. Procesos de decisión y creación de nuevos recursos*, pp. 97-100. Ayuntamiento de Zaragoza, Institución Fernando el Católico, Zaragoza.

Bonet Rosado, H., Díes Cusí, E. y Rubio Gómez, F. 2000: "Proyecto de área didáctica y de investigación arquitectónica. La construcción de una casa ibérica en la Bastida de les Alcusses (Moixent, València)", en C. Mata Parreño y G. Pérez Jordá (coords.), *III Reunió sobre Economía en el Món Ibèric* (*Sagvntvm* Extra-3), pp. 431-439. Universidad de Valencia, Valencia.

Bonet Rosado, H., Díes Cusí, E. y Rubio Gómez, F. 2001: "La reconstrucción de una casa ibérica en la Bastida de les Alcusses", en M. C. Belarte, J. Pou, J. Sanmartí y J. Santacana (eds.), *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània. Actes de la I Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell* (*Arqueo Mediterrània*, 6), pp. 75-94. Universitat de Barcelona, Barcelona.

Burillo Mozota, F. 2009: "Proyecto Segeda Vitivinícola. La casa del lagar", en A. Domínguez Arranz (ed.), *El Patrimonio Arqueológico a debate: su valor cultural y económico*, pp. 173-183. Gobierno de Aragón, Diputación de Huesca e Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca.

Cabanzón García, D. 2021: *La puesta en valor del patrimonio arqueológico de la Edad del Hierro aplicado a los denominados "Poblados Cántabros"*. Trabajo Fin de Máster inédito, Máster en Patrimonio Histórico y Territorial, Universidad de Cantabria, Santander.

Díes Cusí, E. 2001: "La influencia de la arquitectura fenicia en las arquitecturas indígenas de la Península Ibérica (s. VIII-VII)", en D. Ruiz Mata y S. Celestino Pérez (coords.), *Arquitectura Oriental y Orientalizante en la Península Ibérica*, pp. 69-121. Centro de Estudios del Próximo Oriente, Madrid.

Escacena Carrasco, J. L. 2018: "Secuencia arqueológica del Cerro de San Juan. Intervenciones del "Proyecto Estuario", en J. L. Escacena Carrasco, A. Gómez Peña y L. G. Pérez Aguilar (coords.), *Caura: arqueología en el estuario del Guadalquivir*, pp. 375-396. Editorial Universidad de Sevilla, Sevilla.

Escacena Carrasco, J. L. 2022: "Itálica antes de Roma", en J. Beltrán Fortes y J. L. Escacena Carrasco (coords.), *Itálica. Investigaciones arqueológicas en la* Vetus Urbs, pp. 281-316. Editorial Universidad de Sevilla, Sevilla.

Escacena Carrasco, J. L. e Izquierdo de Montes, R. 2001: ""Oriente en Occidente. Arquitectura civil y religiosa en un 'barrio fenicio' de la Caura tartésica", en D. Ruiz Mata y S. Celestino Pérez (coords.), *Arquitectura Oriental y Orientalizante en la Península Ibérica*, pp. 123-157. Centro de Estudios del Próximo Oriente, Madrid.

Esteban, C. y Escacena Carrasco, J. L. 2013: "Arqueología del cielo. Orientaciones astronómicas en edificios protohistóricos del sur de la Península Ibérica", *Trabajos de Prehistoria*, 71.1, pp. 113-138. https://doi.org/10.3989/tp.2013.12105

Fernández Flores, A. y Rodríguez Azogue, A. 2007: *Tartessos desvelado. La colonización fenicia del suroeste peninsular y el origen y ocaso de Tartessos*. Almuzara, Córdoba.

Ferrer Albelda, E. y García Fernández, F. J. 2007: "Primeros datos sobre la Ilipa turdetana", en E. Ferrer Albelda, A. Fernández Flores, J. L. Escacena Carrasco y A. Rodríguez Azogue (eds.), *Ilipa Antiqva. De la Prehistoria a la Época Romana*. *I Congreso de Historia de Alcalá del Río*: pp. 103-130. Ayuntamiento de Alcalá del Río, Sevilla.

García Fernández, F. J. 2020: "Cerro Macareno (La Rinconada, Sevilla): nuevos datos sobre su secuencia de ocupación y rasgos constructivos", *Spal*, 29.1, pp. 93-127. https://doi.org/10.12795/spal.2020.i29.04

García Fernández, F. J., Arjonilla Álvarez, M.ª, Jiménez Viera, A., Vargas Vázquez, S., García De Casasola Gómez, M., Espinosa Gaitán, J. y Gómez Villa, J. L. 2023: *Guía de buenas prácticas para la intervención arqueológica sobre arquitectura en tierra cruda*. Consejería de Turismo, Cultura y Deporte, Junta de Andalucía, Sevilla.

García Fernández, F. J. y González Acuña, D. 2007: "Secuencias estratigráficas y contextos culturales de la Sevilla prerromana", en M. Bendala Galán y M. Belén Deamos (eds.), *El nacimiento de la ciudad: la Carmona protohistórica. Actas del V Congreso de Historia de Carmona*, pp. 525-566. Ayuntamiento de Carmona, Carmona.

García Fernández, F. J. y Rodríguez Gutiérrez, O. 2023: "El proyecto CrudUS amplía el conocimiento de la arquitectura en tierra de la Baja Andalucía", *PH*, 110, pp. 25-29. https://doi.org/10.33349/2023.110.5455

García Fernández, F. J., Sáez Romero, A. M. y Tirabassi, L. 2022: "Primeros avances sobre la construcción en tierra en el yacimiento arqueológico de Cerro Macareno (La Rinconada, Sevilla)", en O. Rodríguez Gutiérrez y A. Jiménez Viera (coords.), *Adobes & cía.: estudios multidisciplinares sobre la construcción en tierra desde la prehistoria hasta nuestros días*, pp. 91-113. Editorial Universidad de Sevilla, Sevilla.

Gómez-Patrocinio, F. J., Mileto, C., García-Soriano, L. y López-Manzanares, F. V. 2020: "Material Weathering and Structural Damage in Historic Adobe Constructions in Spain: Preliminary Results of a Quantitative Approach", *Studies in Conservation*, 65.8, pp. 450-464. https://doi.org/10.1080/00393630.2020.1727695

González Méndez, M. y Rodríguez Sáiz, E. 2011: "Valoración de resultados de la revalorización y musealización del castro de Vigo (Vigo, Pontevedra)", *Férvedes*, 7, pp. 266-267.

Jiménez Sancho, A., García Vargas, E., García Fernández, F. J. y Ferrer Albelda, E. 2006: "Aportación al estudio de la Sevilla prerromana y romano-republicana. Repertorios cerámicos y secuencia edilicia en la estratigrafía de la calle Abades 41-43", *Spal* 15, pp. 281-312. https://doi.org/10.12795/spal.2006.i15.15

Jiménez Viera, A. 2022: "Metodología práctica para la selección de suelos y fibras vegetales en la construcción con adobe y tapia", en O. Rodríguez Gutiérrez y A. Jiménez Viera (coords.), *Adobes & cía.: estudios multidisciplinares sobre la construcción en tierra desde la prehistoria hasta nuestros días*, pp. 187-204. Editorial Universidad de Sevilla. Sevilla.

Jiménez Viera, A., Rodríguez Mariscal, J. D., Usero Fernández, J. J. y Moya Muñoz, J. 2019: "HELPS, autocostrucción colaborativa y ecológica", *PH*, 96, pp. 23-24. https://doi.org/10.33349/2019.96.4278

Jimeno Martínez, A., Sánz Aragonés, A. y Benito Batanero, J. P. 2001: "La reconstrucción arquitectónica, alternativa para la

comprensión de Numancia", en M. C. Belarte, J. Pou, J. Sanmartí y J. Santacana (eds.), *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània. Actes de la I Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell* (*Arqueo Mediterrània*, 6), pp. 117-132. Universitat de Barcelona, Barcelona.

Karmowski, J. 2014: "Remarks on mud brick architecture from the Predynastic Period in Ancient Egypt: methodology of documentation and an attempt of reconstruction", *Journal of Heritage Conservation*, 39, pp. 45-53.

Littman, R. J., Lorenzon, M. y Silverstein, J. 2014: "With & without straw: How Israelite slaves made bricks", *Biblical Archaeology Review*, 40.2, pp. 60-71.

Manzano-Fernández, S., Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F., y Cristini, V. 2022: "Construcción con tierra en arqueología de España: metodología de estudio para análisis de riesgos", en *20º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT)*, pp. 427-437. Trinidad (Cuba).

Manzano-Fernández, S., Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F. y Cristini, V. 2024: "Conservation and in situ Enhancement of Earthen Architecture in Archaeological Sites: Social and Anthropic Risks in the Case Studies of the Iberian Peninsula", *Heritage*, 7.5, 2239-2264. https://doi.org/10.3390/heritage7050106

Mileto, C. y Vegas López-Manzanares, F. 2017: *Proyecto COREMANS. Criterios de intervención en la arquitectura en tierra*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid.

Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F., García-Soriano, L. y Cristini, V. (eds.) 2017: *Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London.

Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F., García-Soriano, L. y Pérez-Vila, A. 2022: "Assessment of Vulnerability of Earthen Vernacular Architecture in the Iberian Peninsula to Natural Risks. Generation of an Analysis Tool", *International Journal of Architectural Heritage*, 16.6, pp. 885-898. https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1970284

Morer, J., Belarte, M. C., Sanmartí J. y Santacana, J. 1999: "El laboratori d'Arqueología Experimental del Vendrell (Baix Penedès): Primers resultats", *Pyrenae*, 30, pp. 123-145. http://hdl.handle.net/2445/21189

Morer, J., Belarte, M. C., Sanmartí J. y Santacana, J. 2001: "El laboratori d'arquitectura protohistòrica de la Universitat de Barcelona", en M. C. Belarte, J. Pou, J. Sanmartí y J. Santacana (eds.), *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània. Actes de la I Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell* (*Arqueo Mediterrània*, 6), pp. 157-180. Universitat de Barcelona, Barcelona.

Morer de Llorens, J., Cardona Colell, R., Ferrer Alvarez, C., García Dalmau, C., Pou Vallès, J., Asensio i Vilaró, D. y Saula Briansó, O. 2013: "La creació d'un camp experimental per a la protohistòria a la fortalesa ilergeta dels Estinclells (Verdú, l'Urgell)", en A. Palomo, R. Piqué y X. Terradas (eds.), *Experimentación en arqueología. Estudio y difusión del pasado*, Sèrie Monogràfica 25.2, pp. 337-345. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona.

Morer de Llorens, J., Cardona Colell, R., Ferrer Alvarez, C., García Dalmau, C., Pou Vallès, J., Asensio i Vilaró, D., Saula i Briansó, O. y Alonso Martínez, N. 2015: "The Creation of an Experimental Camp of Protohistory at de Iberian Settlement of Estinclells (Verdú, Urgell, Catalonia)", *EXARC Journal*, 3, pp. 1-12. Disponible en: https://exarc.net/ark:/88735/10201 (consultado el 24/04/2023).

Muñiz Jaén, I. 2022: "El Ecomuseo del río Caicena en Almedinilla miscelánea de los trabajos de etnoarqueología y restauración de las construcciones de tierra en el poblado ibérico del Cerro de la Cruz (Almenidilla-Córdoba)", en O. Rodríguez Gutiérrez y A. Jiménez Viera (coords.), *Adobes & cía.: estudios multidisciplinares sobre la construcción en tierra desde la prehistoria hasta nuestros días*, pp. 231-244. Editorial Universidad de Sevilla, Sevilla.

Pastor Quiles, M. 2017: *La construcción con tierra en Arqueología: Teoría, método, técnicas y aplicación*. Universidad de Alicante, Alicante.

Prados Pérez, E. y Fernández Flores, A. 2018: "Ilipa durante la Edad del Hierro I", en *Homenaje a Juana Bedia*, pp. 99-135. Junta de Andalucía, Huelva.

Pou Vallés, J., Sanmartí Grego, J. y Santacana i Mestre, J. 1995: "La reconstrucció del poblat ibèric d'Alorda Park o de les Toixoneres (Calafell, Baix Penedès)", *Tribuna d'Arqueologia* 1993-1994, pp. 51-62.

Pou Vallés, J., Santacana i Mestre, J., Morer De Llorens, J., Asensio i Vilaró, D. y Sanmartí Grego, J. 2001: "El projecte d'interpretació arquitectònica de la Ciudadela ibèrica de Calafell (Baix Penedès)", en M. C. Belarte, J. Pou, J. Sanmartí y J. Santacana (eds.), *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània. Actes de la I Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell,* Arqueo Mediterrània, 6, pp. 95-115. Universitat de Barcelona, Barcelona.

Rodríguez Gutiérrez, O., García Fernández, F. J., Jiménez Viera, A., Moya Muñoz, J., Canivell García de Paredes, J., Ferrer Albelda, E., Rodríguez García, R., Escacena Carrasco, J. L., Tabales Rodríguez, M. A. y González Serrano, A. 2022: "Jugando con el barro: arqueología experimental en torno a la construcción en tapia y adobe desde época antigua hasta nuestros días", en O. Rodríguez Gutiérrez y A. Jiménez Viera (coords.), *Adobes & cía.: estudios multidisciplinares sobre la construcción en tierra desde la prehistoria hasta nuestros días*, pp. 277-292. Editorial Universidad de Sevilla, Sevilla.

Seco Álvarez, M., Martínez Babón, J. y Gamarra Campuzano, A. 2022: "Consideraciones sobre las estructuras de adobe y su conservación en el templo de Millones de Años de Tutmosis III", en O. Rodríguez Gutiérrez y A. Jiménez Viera (coords.), *Adobes & cía.: estudios multidisciplinares sobre la construcción en tierra desde la prehistoria hasta nuestros días*, pp. 17-26. Editorial Universidad de Sevilla, Sevilla.

Serrano Martín, T. 2015: *La arquitectura doméstica de época turdetana en el Bajo Guadalquivir.* Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla. http://hdl.handle.net/11441/34619

Vegas López-Manzanares, F., Mileto, C. y García Soriano, L. 2023: "La arquitectura de tierra como ejemplo histórico de sostenibilidad. Proyectos de investigación, estudio y difusión", *PH*, 110, pp. 192-205. https://doi.org/10.33349/2023.110.5435