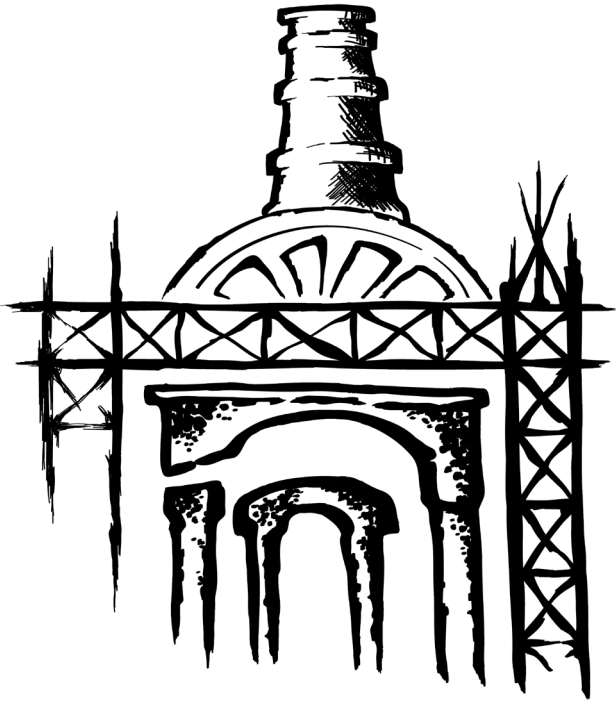


Núm. 1 (2016)

ISSN: 2530-4933



REVISTA **OtArq**

OTRAS ARQUEOLOGÍAS



ÍNDICE

Introducción. <i>Francisco Reyes, Alberto Polo e Irene Palomero</i>	<i>i</i>
Otras arqueologías son posibles, pero... <i>Prólogo de la Junta Directiva del Colegio de Arqueólogos de Madrid</i>	<i>iii</i>
Editorial al primer volúmen	<i>vii</i>
SESIÓN 1. Arqueobiología	1
<hr/>	
Antropoarqueología en la magdalena. El estudio de restos óseos humanos: ciencia técnica y método entre la multi y la transdisciplinariedad, <i>César Heras Martínez y Virginia Galera Olmo</i>	<i>3</i>
Los enterramientos de “La Dehesa” (Alcalá de Henares, Madrid). Estudio antropológico, <i>Elena Marinas Díez</i>	<i>29</i>
Momias y huesos en la necrópolis del Espigón (Puntallana, La Palma). Estudio bioantropológico preliminar de una cultura desaparecida, <i>Nuria Álvarez Rodríguez et al</i>	<i>47</i>
Aportaciones de la palinología y la arqueozoología al estudio de la movilidad de los grupos humanos en el Paleolítico Superior en el valle guipuzcoano del río Urola: Ekain, Erralla y Amalda, <i>Rodrigo Portero Hernández</i>	<i>65</i>
Los yacimientos con enterramiento en silo. Una aproximación al conocimiento de las prácticas funerarias durante la prehistoria reciente en la campiña litoral y banda atlántica de Cádiz. Estado de la cuestión, <i>Adolfo Moreno Márquez</i>	<i>85</i>
Aportaciones de los remontajes óseos en los estudios zooarqueológicos, tafonómicos y de arqueología espacial, <i>María Cristina Fernández-Laso</i>	<i>101</i>
Pequeños pero visibles: el estudio osteológico de los individuos no-adultos como fuente de información arqueológica, <i>María Molina Moreno et al</i>	<i>119</i>
Las representaciones zoomorficas del arte mueble en soporte lítico en la transición msf-aziliense del norte peninsular, <i>Cristina de Juana Ortín</i>	<i>135</i>

SESIÓN 2. Otras ciencias y técnicas aplicadas en arqueología	147
---	------------

Arqueosismología: una nueva herramienta para la sismología y la protección del patrimonio, Miguel Angel Rodríguez Pascual et al	149
--	------------

Alcoxisilanos en la consolidación de materiales pétreos, Isabel de hierro y Yolanda Pérez	169
--	------------

Arqueología aérea y fuentes de datos libres. Posibilidades y límites, Adara López-López y Enrique Cerrillo Cuenca	179
--	------------

Hacia la autosostenibilidad en procesos de excavación: conservación preventiva y gestión de riesgos, Ana Pastor y y Olalla Canseco Domínguez	193
---	------------

El vidrio romano de ventana en la bética. Una aproximación a su estudio a través de la arqueometría, Almudena Velo Gala	221
--	------------

SESIÓN 3. Arqueología y nuevas tecnologías	231
---	------------

El grado de evidencia histórico-arqueológica de las reconstrucciones virtuales: hacia una escala de representación gráfica, Pablo Aparicio Resco y César Figueiredo	233
--	------------

Creación de la malla en el conjunto arqueológico de Cástulo: de la disciplina al vector, Libertad Serrano et al	247
--	------------

Evolución humana y antropología virtual: una propuesta para la docencia y la investigación, Alexia Serrano Ramos et al	265
---	------------

Proceso de digitalización y análisis de una inscripción romana: el caso del contrapeso del <i>torcularium</i> de Los Palacios (Villanueva del Pardillo, Madrid), Miguel Fernández Díaz et al	283
---	------------

Aplicación de nuevas tecnologías al estudio de posiciones de la guerra civil española en Pinto (Madrid), Ángela Crespo et al	299
---	------------

El uso de fotogrametría de bajo coste en la creación de nubes de puntos aplicada a la arqueología comercial, Moisés Hernández Cordero	309
--	------------

La torre almenara de San García, Algeciras (s. XVII-XVIII). Recuperación virtual de una estructura militar gracias a la tecnología, Pablo Aparicio Resco	323
---	------------

INTRODUCCIÓN

Estos dos volúmenes monográficos tienen su origen en la organización del Congreso Internacional sobre Otras Arqueologías (COTARQ) celebrado en noviembre de 2014 en el Campus de Vicálvaro de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. El compromiso como coordinadores del evento fue la publicación de los trabajos presentados, así como el sistema de evaluación por pares. Una serie de problemas burocráticos y económicos nos han obligado a dilatar la edición de estos dos volúmenes que, por otro lado, sirven como inicio de otro proyecto que busca la continuidad de la filosofía con la que nació este Congreso, la revista Otarq.

El COTARQ fue subvencionado a través de la *Convocatoria de Ayudas a la Organización de Congresos, Jornadas y Seminarios del año 2014 de la Universidad Rey Juan Carlos*, y con el patrocinio y colaboración del Colegio de Arqueólogos de Madrid, Beta Analytic, la Venta Tabanera y JAS Arqueología, sin los cuáles este evento no hubiera sido posible y a los que reiteramos nuestro agradecimiento. También desde esta coordinación debemos mostrar nuestra gratitud a los colaboradores que, de manera personal, nos ayudaron antes y durante el Congreso para que los asistentes se sintieran como en su propia casa, reconociendo de manera especial el apoyo de los alumnos del Laboratorio de Arqueología del Campus de Vicálvaro.

Los trabajos que se publican consideramos que, no sólo cumplen con los criterios de calidad, sino que lo hacen con la filosofía con la que nació el Cotarq, dar la palabra dentro de los encuentros científicos a aquellas especialidades que, dentro de la Arqueología, no habían tenido o no tienen cabida dentro de los planes de estudio universitarios, congresos, etc. Nuestro fin sería mostrar no muchas arqueologías, sino una sola Arqueología que rompa fronteras, tanto en su carácter multitemporal como interdisciplinar.

Las comunicaciones dentro del congreso tuvieron, además, una participación heterogénea con representantes del mundo de la Universidad, de centros de investigación, de empresas y de estudiantes, así como de especialistas de otros campos fuera de la Arqueología como químicos, geólogos o educadores, entre otros, lo que favoreció el debate tanto dentro como fuera de las salas del Congreso en pro de una visión cada vez más interdisciplinar y cercana a la sociedad.

Francisco Reyes

Alberto Polo

Irene Palomero

Coordinación del I COTARQ. Congreso Internacional sobre Otras Arqueologías



OTRAS ARQUEOLOGÍAS SON POSIBLES, PERO...

Prólogo de la Junta Directiva del Colegio de Arqueólogos de Madrid

Durante el mes de noviembre del 2014 se celebró en Madrid el I Congreso Internacional sobre Otras Arqueologías, en adelante COTARQ, dirigido por el Área de Arqueología de la Universidad Rey Juan Carlos. A lo largo de tres días, un buen número de investigadores procedentes de toda España ofrecieron diferentes versiones acerca del papel que juegan algunas disciplinas en el campo de la Arqueología, tan variadas como la Arqueología del Conflicto o la Arqueología Industrial, técnicas como la virtualización o las *nuevas tecnologías* aplicadas a la caracterización de materiales, y esferas de la investigación arqueológica como la Didáctica o la Divulgación. El Congreso se distribuyó en varias sesiones, durante las cuales, tras las intervenciones, se abrieron algunos debates acerca de la importancia de tanto de los nuevos planteamientos, como de las líneas de investigación generadas.

El Colegio de Arqueólogos participó en este evento como entidad patrocinadora. Esta Junta Directiva ha abogado siempre por la colaboración y la participación en eventos de este tipo, considerándolo un marco perfecto no solo para la exposición de trabajos de investigación o proyectos, sino también para la colaboración entre colectivos y profesionales que se dedican a aspectos tan variados como la musealización, la documentación por medio de técnicas micoscópicas complejas o el análisis del impacto social de la Arqueología. Todas ellas merecedoras de nuestra atención y sin duda, de un evento como fue el COTARQ.

El congreso, dirigido por Francisco Reyes y coordinado por Alberto Polo e Irene Palomero se desarrolló en el campus de Vicálvaro, un amplio espacio de la Universidad Rey Juan Carlos, donde profesionales, estudiantes, profesores e investigadores pudieron intercambiar impresiones y conocimientos acerca del discurrir de esas *otras arqueologías* que, a pesar de la buena impresión global del evento, nos dejaron un cierto sabor agridulce.

Un mal endémico, quizá motivado por la juventud de los asistentes, fue la escasa disposición de los asistentes y participantes a los debates teóricos, constatando, como viene siendo habitual en los congresos de arqueología, la escasez de debate y reflexión acerca no solo de la teoría arqueológica, sino que las exposiciones públicas ahondan en la presentación de resultados de las investigaciones, presentándolas como absolutos, sin apenas margen para la discrepancia.

Desde el colectivo profesional no son pocas las voces que echan de menos un debate teórico abierto sobre las formas de investigar, las líneas argumentales de la difusión de la Arqueología o sus planteamientos teóricos. En el COTARQ se



continuó con esta tendencia, quizá matizada por la presencia de investigadores de distintos centros de investigación como José Yravedra (UCM), Manuel Martín Bueno (UniZar) o Enrique Cerrillo (CSIC), que aportaron una opinión crítica sobre el papel de las *nuevas tendencias arqueológicas*; la asistencia de arqueólogos profesionales de experiencia contrastada, caso de Jorge Morín (AUDEMA) o Eduardo Penedo (AQABA). Estos planteamientos aportaron visiones diferenciales ante un graderío en donde la asistencia de estudiantes era mayoritaria. La participación nacional la completaron investigadores de la talla de Desiderio Vaquerizo (UCO), Gemma Cardona (UB) o Belén Bengoetxea (UPV-EHU), quienes participaron en los debates y en las discusiones más activas del Congreso.

Un acierto del Congreso fue, precisamente, la gran variedad de temas tratados y la talla de los profesionales que participaron. Así, por ejemplo, podemos destacar a Miguel Ángel Rodríguez (IGME) quien explicó la aplicación de la *arqueosismología* en la protección del Patrimonio arqueológico; David Sanz y Pablo Guerra (UPM) defendieron las técnicas de caracterización microscópicas en morteros históricos; o Moisés Hernández (MOLA, *Museum of London Archaeology*) quien habló sobre el uso de la fotogrametría en la investigación arqueológica. Fueron muchos los comunicantes que defendieron, el trabajo *multidisciplinar*, *interdisciplinar* o *transdisciplinar* como pilar básico de la arqueología del siglo XXI.

Desde el Colegio de Arqueólogos de Madrid nos enorgulleció ver la activa presencia y participación de diversos colegiados, así como la oportunidad brindada del tan necesario intercambio mediante esta técnica milenaria de la conversación, acerca de la variedad de disciplinas implicadas en la investigación arqueológica, el trabajo en equipo y la colaboración activa entre compañeros de un sector que necesita, más que nunca, de la solidaridad.

Congresos como el COTARQ no solo sirven para explicar y mostrar los resultados de los distintos trabajos, sino para mostrar las carencias generados por la dinámica investigadora tradicional, dejando al descubierto la flaqueza de la profesión y de la disciplina. No todo son técnicas novedosas o métodos revolucionarios. Las carencias propias de un sector profesional y científico han de ser abordados por el colectivo y no únicamente presentadas de manera unidireccional por algunas voces, encontrando una falta de *feedback* dentro del ámbito disciplinar.

Defendemos y apoyamos que “*otras arqueologías*” son posibles, pero aún queda mucho por hacer tanto en el plano individual como en el colectivo.

La asistencia debe ser mayoritaria en eventos de este nivel, y no solo por la calidad de los ponentes o de las sesiones planteadas, sino por el espíritu crítico que nos debería caracterizar. Esa actitud es imprescindible no solo para desarrollarnos como profesionales sino como motor tendente a mejorar la imagen y la situación de la arqueología española. La ausencia de debates originales en este Congreso no es achacable a la Organización, quienes se esmeraron en la consecución de un programa variado y completo. La ausencia de una “*polémica constructiva*” fue,



sin duda, consecuencia de las dinámicas que vienen rigiendo los planteamientos arqueológicos en los últimos decenios.

En cualquier caso, desde esta Junta Directiva consideramos de ley felicitar a Francisco Reyes, Alberto Polo e Irene Palomero por el ingente esfuerzo realizado, los buenos resultados de participación global y por crear un precedente perfecto para continuar con esta saga colectiva llamada COTARQ, en la que este Colegio de Arqueólogos siempre estará dispuesto a estar presente.

Junta Directiva.
Colegio de Arqueólogos de Madrid.



EDITORIAL AL PRIMER VOLUMEN

La Arqueología y su devenir investigador en los últimos tiempos ha ido asumiendo una disciplina cada vez más integradora de otras ciencias, técnicas y metodologías en los equipos de trabajo arqueológicos. La inter y transdisciplinariedad debe constituirse como uno de los pilares básicos para el conocimiento de las sociedades del pasado.

Este primer volumen monográfico está dedicado a tres bloques temáticos, con las aportaciones presentadas durante la celebración del I COTARQ-Congreso Internacional sobre Otras Arqueologías. Las sesiones que se tratarán abordan esta inter y transdisciplinariedad desde campos tan diversos como la Arqueobiología, las Ciencias y Técnicas en la Arqueología y las Nuevas Tecnologías.

A lo largo de estas páginas podremos ver análisis realizados por equipos de trabajo muy variados, donde ha primado el diálogo y discusión interdisciplinar, así como la integración de otras ciencias y técnicas en los debates teóricos y metodológicos de la Arqueología.

El bloque dedicado a Arqueobiología nos muestra modelos teóricos de aplicación y colaboración transdisciplinar desarrollados desde la Antropología y la Arqueología, como por ejemplo para el estudio de la muerte como fenómeno socio-cultural, en este caso expuesto por César Heras y Virginia Galera. Otro aporte significativo de carácter metodológico es el presentado por M^a Cristina Fernández-Laso, en su estudio de los remontajes óseos en la zooarqueología y la tafonomía.

Siguen a estos trabajos, los análisis desarrollados desde la Antropología física y la Bioarqueología de Elena Marinas sobre los enterramientos de “La Dehesa” (Alcalá de Henares, Madrid) o el estudio sobre las prácticas funerarias durante la Prehistoria reciente en la campiña litoral y banda atlántica de Cádiz, de Adolfo Moreno. A estos hay que unir presentaciones de carácter novedoso, como las realizados sobre momias y huesos en el Barranco del Espigón (Puntallana, La Palma) que aportan una nueva visión a las sociedades prehistóricas de Canarias de Nuria Álvarez, Antonio Moreno y Jorge Pais. Los estudios realizados por María Molina, Ana Mercedes Herrero y Armando González, centrados en individuos no-adultos en el Cerro de La Encantada adscrito al Bronce de La Mancha, aportan nuevos planteamientos de trabajo para el estudio de estos individuos, así como consejos de conservación para futuras excavaciones.

Finalmente, el bloque se cierra con dos trabajos sobre las sociedades paleolíticas, el primero desde perspectivas transdisciplinares, es una disertación de Rodrigo Portero, sobre la movilidad de los grupos humanos durante el Paleolítico Superior, en el valle guipuzcoano del río Urola; la segunda un análisis desde la transversalidad de la Arqueología, sobre las representaciones zoomórficas del arte



mueble en soporte lítico y la necesidad de *“volver a incluir en la investigación arqueobiológica el proceso de estudio de la representaciones zoomorfas”*, como señala Cristina de Juana en su artículo centrado en la transición al Aziliense en el norte peninsular.

El segundo bloque de comunicaciones aporta una visión de las ciencias y técnicas aplicadas en Arqueología. Las contribuciones presentadas muestran diferentes posibilidades y elementos muy variados tanto en las temáticas como en las técnicas y herramientas mostradas por las diferentes disciplinas afines. Geólogos como Miguel Ángel Rodríguez y su equipo presentaron sus trabajos en Arqueosismología, técnica multidisciplinar enfocada al estudio de los terremotos en el pasado; Químicos como Isabel del Hierro y Yolanda Pérez nos muestran la utilización de los alcoxisilanos en la consolidación de materiales pétreos; y desde la Arqueología y la conservación del Patrimonio, Ana Pastor y Olalla Canseco nos hacen una propuesta autosostenible en la prevención y minimización de los riesgos durante los procesos de excavación.

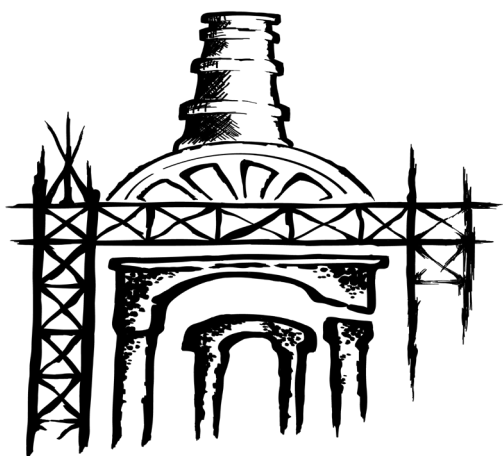
Finalmente, cierran este bloque dos artículos que hablan de dos tipos de análisis que han irrumpido con mucha fuerza en el panorama arqueológico en los últimos años. En primer lugar la arqueometría, en este caso aplicada al estudio de los vidrios romanos de ventana en la Bética de Almudena Velo; y en segundo lugar, al uso de la Arqueología aérea y fuentes de datos libres como herramientas de localización de yacimientos y el estudio del Paisaje en el pasado.

El tercer bloque, dedicado a las Nuevas Tecnologías presenta aportaciones diversas tanto en técnicas como en aplicaciones de las mismas. En primer lugar, se presenta la herramienta de escala evidencia histórico-arqueológica y su aplicación en las reconstrucciones virtuales de Pablo Aparicio y César Figueiredo. A ésta podemos sumar la propuesta para el estudio de la evolución humana presentado por Alexia Serrano, J.M. Jiménez y J.A. Esquivel, habiendo creado a través de las tecnologías 3D una colección de referencia virtual, no sólo dedicada a la investigación sino también a la docencia.

Por último, cierran este bloque temático la puesta en práctica de estas herramientas y metodologías de tecnologías y herramientas en 3D en diferentes proyectos tanto de la Comunidad de Madrid como de fuera de ella. Como son los casos, en primer lugar, del *Torcularium* de Los Palacios (Villanueva del Pardillo, Madrid), presentado por Miguel Fernández, Mónica Major y Eduardo Penedo o las posiciones de la Guerra Civil española en Pinto (Madrid) por parte del equipo formado por Ángela Crespo, Miguel Ángel Díaz, Mercedes Farjas, Guillermo Martínez-Pardo. Y de otras partes de España y el extranjero, se incluyen las investigaciones llevadas a cabo en Cástulo (Linares, Jaén) y expuestas por M^a Paz López, Libertad Serrano y David Expósito; las aplicadas a la recuperación de la Torres Almenara de San García en Algeciras también de Pablo Aparicio y, los trabajos de Moisés Hernández y el uso de la fotogrametría de bajo coste en la

arqueología comercial, dentro de los proyectos llevados a cabo dentro del equipo de Geomática del Museum of London Archaeology (MOLA).

Los editores esperamos que estas páginas que inauguran la Revista Otarq sirvan como medio para fomentar el debate teórico y metodológico, así como el diálogo interdisciplinar en Arqueología, planteando nuevos interrogantes y respuestas acordes a los nuevos tiempos.



SESIÓN 1

ARQUEOBIOLOGÍA

ANTROPOARQUEOLOGÍA EN LA MAGDALENA. EL ESTUDIO DE RESTOS ÓSEOS HUMANOS: CIENCIA TÉCNICA Y MÉTODO ENTRE LA MULTI Y LA TRANSDISCIPLINARIEDAD

César HERAS MARTÍNEZ ^{1, 2, 3}

Virginia GALERA OLMO ^{2, 3}

Resumen:

La interacción entre las Antropologías y la Arqueología se muestra como una necesidad básica a la hora de interpretar los distintos parámetros que concurren en los estudios de los procesos naturales y culturales de las sociedades del pasado. Tras años de asentamiento y difusión, primero de los estudios multidisciplinarios y más actualmente de los interdisciplinarios, es necesario dar una nueva vuelta de tuerca a estos distintos estudios y a su forma de enfrentarnos a ellos, aportando una visión transversal a los problemas planteados, conformando una visión transdisciplinar del objeto de investigación.

Palabras clave:

Antropología-Antropologías; Arqueología; Tafonomía; Tanatología; Ritual funerario; La Magdalena-Alcalá de Henares

Abstract:

The interaction between the Archaeology and the different branches of Anthropology is shown as a need in order to interpret the various parameters that occur in the studies of the natural and cultural processes of the past. After years of settling and diffusion, first by multidisciplinary studies and then the interdisciplinary ones, is once again necessary to create a new way to work with this processes, one that allows a transversal vision of the matter of study, creating a transdisciplinary view of the investigated issue.

Key words:

Anthropology-Anthropologies; Archaeology; Taphonomy; Thanatology; Burial ritual; La Magdalena-Alcala de Henares

1 Trébede, Patrimonio y Cultura, S.L.

2 Universidad de Alcalá (UAH)

3 Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales (IUICP-UAH)



Introducción: Antropoarqueología versus arqueoantropología

Etimológicamente, la palabra “antropología” se deriva de la raíz griega *anthropo-* (“hombre”) y de la terminación nominal *-logia* (“ciencia”). Su significado literal es, por tanto “la ciencia del hombre”. La Antropología combina en una sola disciplina los enfoques de distintas ciencias, tanto biológicas como sociales. Sus problemas se centran, por un lado, en el hombre como miembro del reino animal y, por otro, en el comportamiento del hombre como miembro de una sociedad (Beals y Hoijer, 1978: 5). El antropólogo no se limita a un grupo particular de hombres o a un periodo dado de la historia. Por el contrario, se interesa tanto por las formas pretéritas del hombre y de su comportamiento, como por las actuales.

Partiendo de estos principios, si seguimos la clasificación de la UNESCO, la Antropología física (disciplina 2402), el primero de los ejes que componen nuestro encuadre científico, quedaría integrada dentro del campo de las ciencias de la vida. Por su parte, la Antropología cultural, la Etnografía/Etnología y la Antropología social (disciplinas 5101 a 5103, respectivamente) quedan integradas dentro del campo de la Antropología. Sin embargo, la Arqueología no aparece sino dentro del campo de la Historia, aunque no con el mismo rango disciplinar de las anteriores, sino como un subapartado disciplinar de las Ciencias auxiliares de la Historia (en este caso 550501), dándole el mismo rango que, por ejemplo, el estudio sobre la cerámica (550502).

Esta situación parte de la definición tradicional dada a la Arqueología, como la “ciencia que estudia lo que se refiere a las artes, a los monumentos y a los objetos de la antigüedad, especialmente a través de sus restos” (RAE, 22ª edición, 2014). En ella se prima el elemento material e incluso el estilístico, en detrimento de aquello que los profesionales han venido interpretando, al menos desde los últimos decenios, en el sentido de que la Arqueología pretende reconstruir las formas culturales del pasado, y rastrear su crecimiento y desarrollo en el tiempo, a la par que imbrica todo ello con los distintos procesos de desarrollo y adecuación biológicos del ser humano.

Bajo estas premisas, la comprensión del fenómeno humano en sus vertientes tanto física como socio-cultural, atendiendo tanto al sujeto, como al objeto, y añadiendo la variable que ofrece el mundo de lo inmaterial, clave para la correcta interpretación del ser humano en todo su contexto, se convierte en el nuevo modelo paradigmático para la global interpretación del hombre y sus circunstancias, todo ello visto a la par desde una perspectiva de hitos sincrónicos entramados en un eje diacrónico.

La visión histórica, eminentemente diacrónica, aporta la secuenciación necesaria para la interpretación de los procesos de desarrollo, tanto evolutivos como involutivos, conformando el tercer eje del armazón del fenómeno humano,



junto con la antropología física y la socio-cultural, y todo ello interrelacionado, primeramente con el entorno medioambiental, y posteriormente con cuanto modelo disciplinar aborde aspectos del desarrollo humano, tales como la antropología del derecho, la filosofía, la economía, la política, etc.

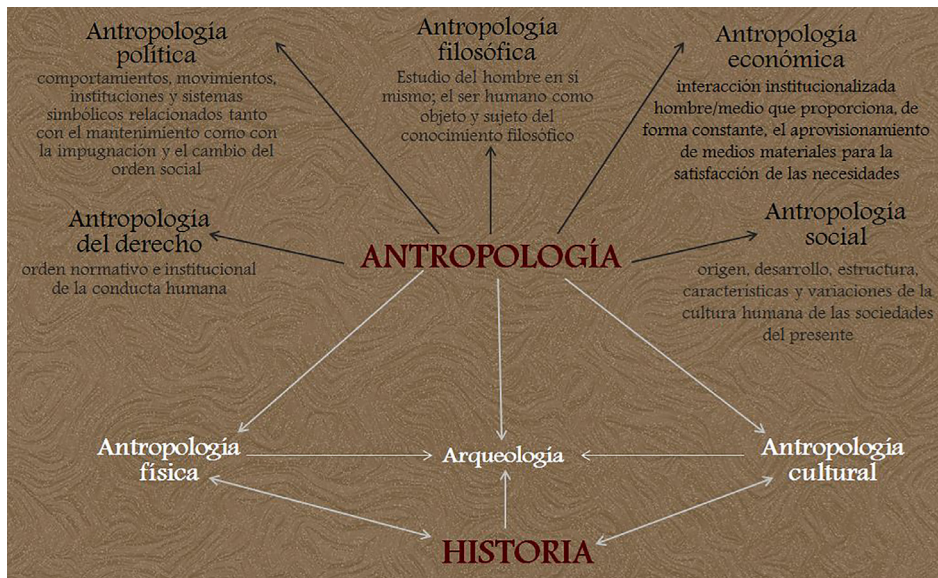


Fig. 1. Interrelación entre la/s Antropología/s y la Arqueología, esta última cada vez más relacionada con el sujeto aunque sin olvidar el objeto.

Edgar Morin, en su obra *Introducción al pensamiento complejo* (2009) nos habla de trascender las visiones pluridisciplinarias o multidisciplinarias y las interdisciplinarias, que han ido abriendo el camino de la interacción de las diversas disciplinas científicas, tanto físicas como sociales, alcanzando un planteamiento transdisciplinar, entendida tal como una forma de organización de los conocimientos que trascienden las disciplinas de una forma radical. Se ha entendido la transdisciplina haciendo énfasis a) en lo que está entre las disciplinas, b) en lo que las atraviesa a todas, y c) en lo que está más allá de ellas.

La transdisciplinariedad es una concepción relativamente reciente. La propia complejidad del mundo en que vivimos nos obliga a valorar los fenómenos interconectados. Las actuales situaciones físicas, biológicas, sociales y psicológicas no actúan sino interactúan recíprocamente. La descripción del mundo y de los fenómenos actuales nos exige una nueva forma de valoración desde una perspectiva más amplia, con una nueva forma de pensar que reclama encontrar un nuevo paradigma capaz de interpretar la realidad actual. A esto nos lleva la concepción transdisciplinaria.



Variabilidad biológica del hombre: inferencias espacio-temporales

La Antropología física es la disciplina científica que estudia la variabilidad biológica del hombre en el espacio y en el tiempo y las causas que producen dicha variabilidad.

Los antropólogos físicos se interesan por las poblaciones humanas, por qué unos grupos son más altos y otros más bajos, por qué difieren en cuanto a la pigmentación de la piel, cuáles son los procesos de crecimiento y desarrollo y qué ocurre cuando se envejece, quiénes fueron los antepasados del actual *Homo sapiens* y cómo evolucionaron, por qué los simios son sus parientes más próximos o qué grupos sanguíneos o polimorfismos del ADN diferencian a unos grupos de otros o a los distintos grupos de Primates entre sí. En esta disciplina se estudian todos estos aspectos, sin olvidar que el hombre es el resultado de su biología y de su cultura, y desde una perspectiva actual que tiene muy en cuenta los numerosos datos que ofrece el registro fósil, el ADN y los avances tecnológicos.

No se puede olvidar que los conocimientos que aporta la Antropología biológica tienen, en numerosas ocasiones, una aplicación práctica, al poner los resultados de la investigación científica al servicio de la humanidad. Son de destacar las contribuciones al mundo del deporte (Antropología del deporte o Cineantropometría), la salud de las poblaciones (Antropología de la salud y riesgo ocupacional), la “ingeniería”, para lograr el máximo ajuste morfo-funcional entre el hombre y su entorno físico de actividad (Ergonomía), la justicia, al intervenir en la resolución de casos forenses (Antropología forense), entre otras.

Esta disciplina ha ido evolucionando con el tiempo, lo mismo que lo han hecho los métodos y técnicas que emplea. Actualmente son numerosas las sociedades antropológicas que engloban a los antropólogos físicos en todo el mundo y son ellas las que dan las pautas tanto en el plano académico como en cuanto a las líneas prioritarias en la investigación científica (Rebato *et al.*, 2005). En España es la Sociedad Española de Antropología Física (SEAF) quién junto con la *European Anthropological Association* (EAA) y la *American Association of Physical Anthropologist* (AAPA), tienen una mayor influencia sobre los especialistas de este campo científico. Por otro lado, señalar que son múltiples las colaboraciones que en la sociedad actual, tan globalizada, se establecen entre los antropólogos físicos de una determinada institución, con los profesionales de otras disciplinas e instituciones, con el objetivo de intercambiar conocimientos y medios materiales, para resolver, de forma conjunta y con el mayor aprovechamiento de medios, cualquier cuestión de interés científico y/o social. Un claro ejemplo es la estrecha relación del Área de Antropología Física de la Universidad de Alcalá (UAH) con el Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Policiales (IUICP) y, con la Empresa Trébede, Patrimonio y Cultura, S.L. Con esta última se viene, desde hace años, investigando y aportando datos sobre las gentes que fueron enterradas en



diversos yacimientos arqueológicos ubicados en la Comunidad de Madrid, como el de “La Magdalena” y “Empecinado 4” (Alcalá de Henares), o “El Perdido”, “El Camino” o “Los Leones” (Torres de la Alameda).

Planteamientos desde la arqueología. El hombre como fenómeno cultural

La cultura es la característica más distintiva del hombre. Como ya hemos apuntado, la Antropología social y cultural estudia los orígenes y la historia de las sociedades humanas y de sus culturas. Se ocupa de la evolución y el desarrollo de la cultura per se, ya pertenezca a nuestros antepasados o a las sociedades actuales. Se trata de la investigación sobre procesos sincrónicos (que denota el estudio de las sociedades y culturas en un punto dado de su historia) y diacrónico (que denota el estudio de las sociedades y culturas a través del tiempo).

Partimos de la base de nuestra consideración de la Arqueología como una disciplina científica, con ciertas peculiaridades, pero no distintas de las observadas en otras tantas líneas disciplinares.

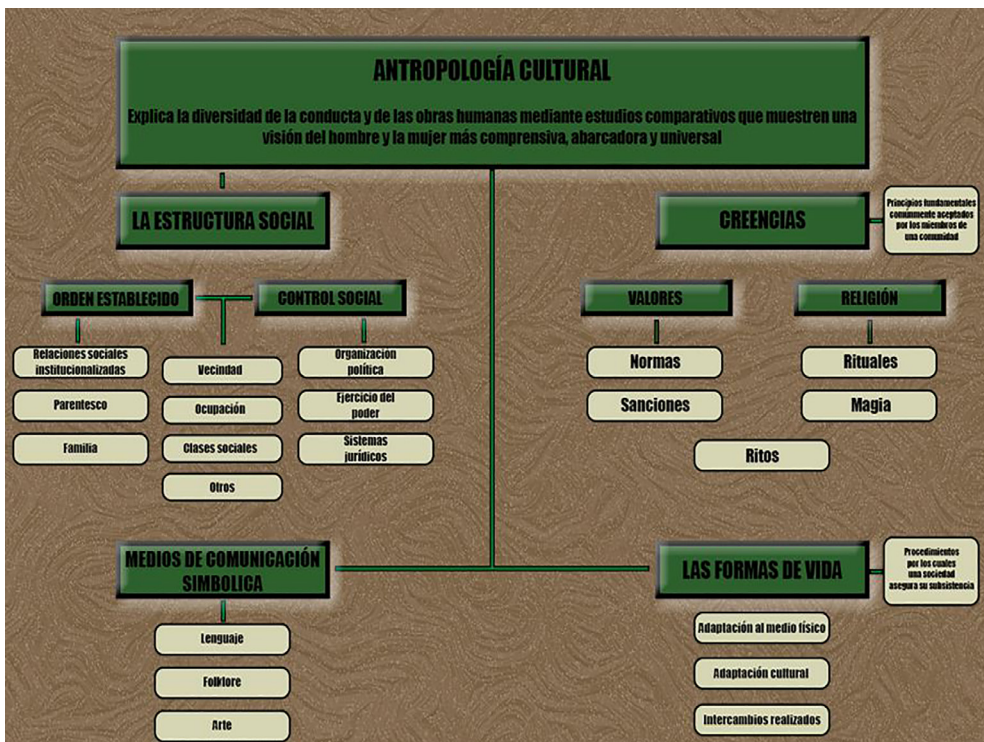


Fig 2. Componentes generales de la Antropología cultural.



La necesidad de interpretar la Arqueología como ciencia nace como una respuesta rupturista de los planteamientos decimonónicos que asociaban la Arqueología con la descripción de ciertos elementos materiales, altamente significativos bajo dos prismas diferenciados: lo bello y lo raro.

El inicio de los planteamientos científicos para la Arqueología viene, en Europa, de manos de especialistas en diversas disciplinas relacionadas con la Biología/Ciencias Naturales o con la Ingeniería y las minas. En América, amén de estos mismos modelos, y con una visión centrada en el ser humano como fenómeno complejo se desarrolla lo que derivaría en la Antropología cultural.



Fig. 3. La Arqueología y las arqueologías: métodos, técnicas y cronologías.

De este modo, la disciplina arqueológica se va desarrollando, dando pie a su interpretación como la ciencia que estudia las artes, los monumentos y los objetos de la antigüedad, especialmente a través de sus restos.

De aquellos momentos a la actualidad, hemos dejado de considerar al artefacto como sujeto y objeto de la investigación. Así, la Arqueología pasa a ser la ciencia que estudia las sociedades antiguas a partir de sus restos materiales. A través del análisis de los objetos y aquellas obras construidas por los pueblos antiguos, esta ciencia puede arribar a conclusiones en torno a su cultura y sus formas de vida.



Mucho se ha escrito y mucho queda por escribir sobre los planteamientos filosófico-teoréticos subyacentes a cualquier discurso, en el caso que nos ocupa, relacionados con la Arqueología. Se trata de un debate no sólo no solucionado, sino que probablemente carezca de una solución integral e integradora, sobre todo dada la peculiaridad tanto del estudiante como del estudiado.

La Arqueología, entendida como el tiempo pasado de la Antropología cultural, pretende reconstruir las formas culturales del pasado y rastrear su crecimiento y desarrollo en el tiempo.

Definimos la Arqueología, a partir de las propuestas originadas en la segunda mitad del pasado siglo XX, tanto como el campo técnico de estudio como el científico o de conocimientos que se ocupa del estudio de las sociedades y culturas del pasado, a partir de los restos de cultura material y de los datos hallados en el contexto natural y socio-cultural mediante la exploración superficial del terreno y la excavación estratigráfica. La contextualización de los patrones de lo intangible, entrarían en el campo de la Antropología cultural, entre los que destacan los modelos parentales, las relaciones interpersonales y/o intergrupales y, muy especialmente, la conceptualización de la dualidad vida/muerte.

Nos mostramos de acuerdo con la apreciación hecha por F. Criado, quien apunta que la Arqueología se debe entender como “la disciplina que estudia, a partir del registro arqueológico, la integración de la cultura material en los procesos sociales de construcción de la realidad” (Criado, 2012: 17).

Las pautas del desarrollo de la interacción entre Antropología cultural y Arqueología quedarían a grandes rasgos reflejadas en el siguiente esquema:

1. De Ciencia = Antropología \neq Arqueología a Ciencia = Antropología = Arqueología
2. Sociedades y Culturas (estudio de grupos)
3. No todo son cacharros
4. Lo Tangible y lo Intangible
5. Exploración integral: entornos-prospección-excavación
6. Multidisciplinariedad Interdisciplinariedad Transdisciplinariedad

Tras el auge y caída de escuelas tales como la procesualista y la postprocesualista y la constatación de las limitaciones de la Arqueología del paisaje, actualmente nos encontramos ante un momento donde en el campo teórico prima el eclecticismo, conjugando diversas tendencias escolásticas con planteamientos de corte bien economicista de base neomarxiana, bien historicista-cultural.



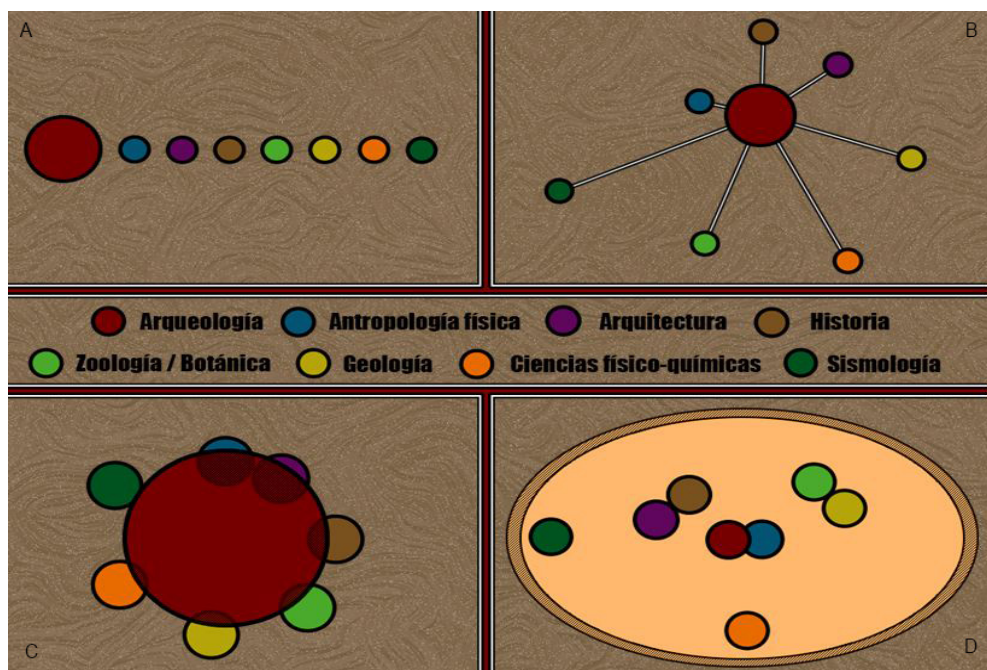


Fig. 4. Variables de los distintos modelos de relación entre las diferentes facies disciplinares. (A) Investigación lineal; (B) Pluri/multidisciplinar; (C) Interdisciplinar; (D) Transdisciplinar.

La Arqueología de la muerte

El registro arqueológico no se compone de símbolos, palabras o conceptos, sino de restos materiales y distribuciones de materia. El único modo de poder entender su sentido es averiguar cómo llegaron a existir esos materiales, cómo se han modificado y cómo adquirieron las características que vemos hoy (Binford, 1988: 23).

La llamada “Nueva Arqueología” planteó por primera vez la necesidad del registro sistemático funerario como fuente de información privilegiada sobre la estructura social y la cultura, yendo más allá de los tradicionales enfoques descriptivos, constituyendo la génesis de lo que en estos últimos decenios se ha dado en denominar “Arqueología de la muerte” o “Arqueología funeraria”. El documento funerario es un producto material de la acción social mediatizada por la intencionalidad de su constitución discursiva, incluso en lo que se refiere a la información paleodemográfica y paleopatológica, dos rasgos de la mortalidad que aparentemente son independiente de la intencionalidad discursiva del ritual funerario (Ruiz Zapatero y Chapa, 1990; Chapa, 1991; 2000).



La Arqueología de la muerte estudia e interpreta los enterramientos en una doble vertiente: una material (producto material del comportamiento social) y otra simbólica (aspectos ideológicos del comportamiento humano), a la par que se imbrica directamente con los distintos procesos propios de la Antropología física.

Podría quedar configurada en cinco áreas de estudio, aunque sin olvidar que, a su vez, queda integrada en un contexto mayor medioambiental y socio-cultural:

- Área funeraria
- La tumba
- Tipo de enterramiento (primario/secundario)
- El cuerpo (inhumado/cremado...)
- El ajuar
- Ritual mortuorio/rituales postmortem

A todo ello habría que añadir las distintas posibilidades que ofrecen variables tales como la definición de las distintas partes de una tumba/sepultura, los tipos de enterramiento o de depósito, sexo y edad del individuo, posición del cuerpo, patologías, etc., elementos básicos para una comprensión más integral del fenómeno funerario (Almela, 2012).

Igualmente, hay que considerar las distintas formas disciplinares que se han dado para interpretar la problemática arqueológica en general y, más concretamente la fenomenología de la muerte o Arqueología funeraria.

Los primeros trabajos desarrollados siguieron una sistemática de carácter lineal, donde las distintas disciplinas desarrollaban sus trabajos específicos, aunque sin entrar en considerar la necesidad de ni siquiera apoyarse o contemplar la existencia de otras maneras de enfrentarse al estudio de un tema concreto.

La llegada de los primeros análisis multidisciplinarios abrió las expectativas de investigación, pero siempre contando que una de ellas (en el caso que nos compete la Arqueología), se erigía como núcleo central de la investigación, empleando las posibilidades que ofrecían otras disciplinas de un modo tangencial, haciendo uso exclusivamente de algunos de los resultados obtenidos o, como mucho, incorporando en los estudios un apéndice o un capítulo con la información más interesante para el discurso arqueológico.

No es sino con la llegada de nuevos modos teóricos y el desarrollo de diversos campos científicos, cuando comenzamos a valorar el trabajo integrado entre diversas disciplinas, llegando a integrarlos en un discurso común, aunque sigan primando, a la hora de acometer las interpretaciones de los eventos estudiados, las que devienen



del discurso arqueológico. Aquí es donde los modelos teóricos de corte histórico y/o antropológico comienzan a tener claras confluencias.

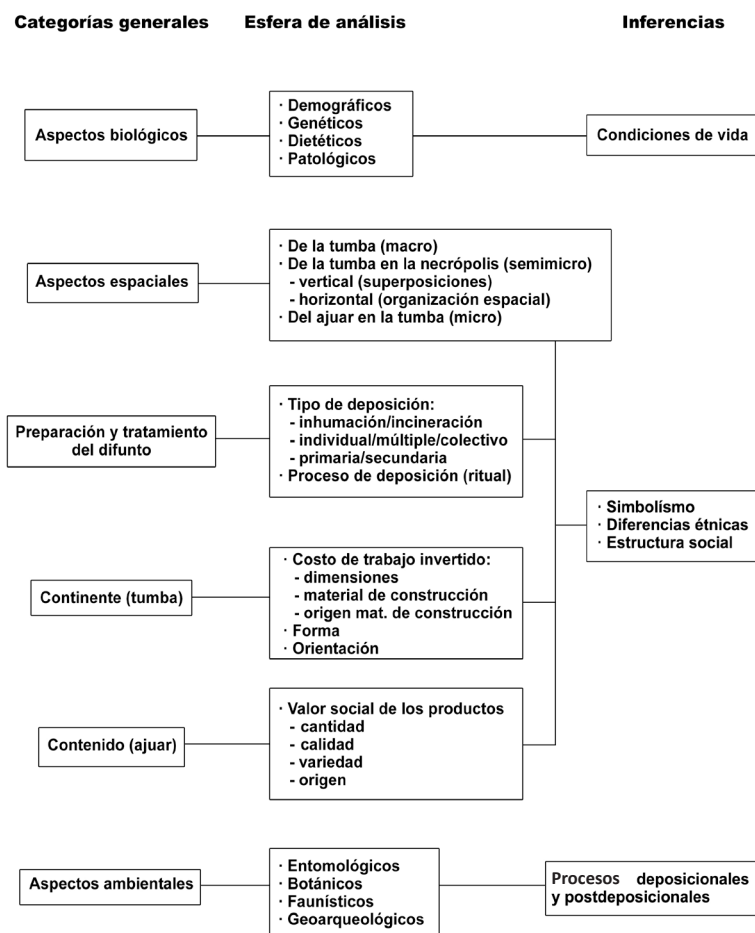


Fig. 5. Arqueología de la muerte: elementos y variables de estudio e interpretación.

Por último, en estos últimos decenios viviendo una verdadera interacción, y lo que es más importante en rango de igualdad, entre una gran cantidad y variedad de disciplinas científicas, aunque sin embargo, no dejan de ser mayoritarios los trabajos que se desarrollan en cualquiera de los anteriores modos de acometer un estudio de estas características. Los modelos transdisciplinares plantean la resolución de un problema a través de las distintas interpretaciones disciplinares, empleando todas ellas de una forma paritaria como técnica y disciplina, siendo los resultados los que se interpretan científicamente desde una base que, consideramos ha de ser de corte plenamente antropológico.



Vida y muerte en el yacimiento de La Magdalena

El yacimiento de La Magdalena (Heras *et alii*, 2014) es una fuente extraordinaria de información sobre la biología de los grupos humanos que allí fueron enterrados. A continuación se exponen algunos de los resultados obtenidos hasta el momento, la mayoría de ellos basados en varias publicaciones sobre el tema (Cabrera *et al.*, 2014; Díaz *et al.*, 2014; Gómez *et al.* 2011, 2014; Pacheco *et al.*, 2010; Rivilla *et al.*, 2014).

Tafonomía

La Tafonomía informa sobre los acontecimientos o procesos que le han ocurrido a un cadáver desde que el individuo murió hasta que fue descubierto y excavado. Las lesiones tafonómicas son debidas a diversos factores (figura 06) y se presentan como alteraciones del hueso en las que se observa con toda claridad que hay una ausencia de respuesta ósea a la misma. Algunas son debidas al lugar de enterramiento ya que dependen de factores como el tipo de tierra, material del féretro, si es que existió, la ropa del cadáver, etc. En otras ocasiones, la causa es la acción de los seres vivos, como animales carnívoros o roedores, raíces de plantas, hongos, etc. Las fracturas postmortem son muy valiosas ya que pueden informar sobre desmembramientos, mutilaciones y desarticulaciones. También hay que tener en cuenta la acción antrópica.



Fig. 6. Factores tafonómicos.



En La Magdalena se han encontrado algunas de las lesiones anteriormente descritas.

Un claro ejemplo de acción antrópica es una de las tumbas campaniformes (Figura 07) en donde se han encontrado los esqueletos de dos mujeres, una adulta y otra madura, en conexión anatómica y, debajo de ellas, huesos dispersos de otra mujer también adulta. Las tres carecían de cráneo y de las primeras vértebras cervicales (C1 a C4). No se ha podido determinar la presencia de marcas de cortes en la vértebra C5, debido al mal estado de conservación del hueso. Es interesante destacar que de los 10 individuos campaniformes, únicamente en 2 casos conservan el cráneo la mujer 4467, y un niño el 4307. Parece que los campaniformes tenían algún tipo de ritual que consistía en el culto a los antepasados, centrado en los cráneos a modo de reliquia.



Fig. 7. La Magdalena: tumba campaniforme 4600, individuos 4598 y 4599.

Entre las alteraciones producidas por seres vivos, en La Magdalena se han descrito casos en los que los huesos estaban afectados por las raíces de plantas como los que aparecen en la Figura 08, en ocasiones penetrando en el interior



del hueso y rompiéndolo, y en otras, dejando su impronta o tiñéndolo, como se observa en la figura 09 (Gómez *et al.*, 2014).

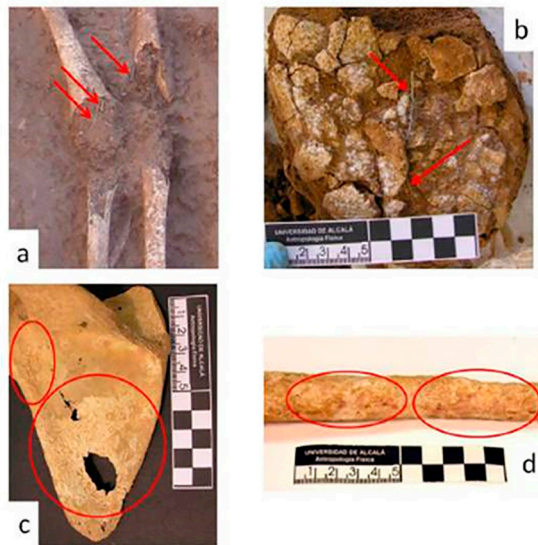


Fig. 8. Efecto de las raíces sobre los huesos de varios individuos de La Magdalena (a- raíces en el interior de los huesos largos de las piernas, b- en el interior de un cráneo, c- marcas radiculares afectando a un omóplato y d- manchas violáceas dejadas por las raíces sobre el hueso).



Fig. 9. Efectos del óxido de cobre (individuo 4207), el óxido de hierro (individuo 2573) y los hongos (individuo 4523) sobre los huesos de varios individuos de La Magdalena.



En otras ocasiones fueron las sustancias químicas presentes en el suelo las que produjeron, en este caso, pérdidas de tejido óseo, afectando sobre todo al periostio (figura 10).

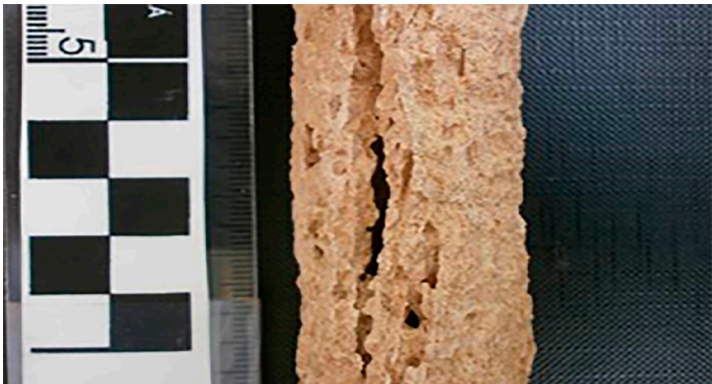


Fig. 10. Fragmento de diáfisis del individuo calcolítico de La Magdalena nº 4053, cuyos huesos estaban afectados por un proceso de disolución química debido a la presencia de carbonatos en el terreno.

Entre las conclusiones tafonómicas obtenidas hasta la redacción del presente artículo, se puede destacar, el bajo porcentaje de conservación para los restos esqueléticos humanos exhumados en La Magdalena, en donde más del 65% de los individuos excavados estaban afectados por uno o más factores tafonómicos, siendo los mayoritarios la afectación por hongos y las antrópicas producidas en la fase de actuación del raspado del terreno por la maquinaria correspondiente (Figura 11). De los 182 individuos estudiados, 119 están afectados por al menos un factor tafonómico.

FACTORES TAFONÓMICOS	% sobre el total de individuos	% sobre los individuos que presentan lesiones por factores tafonómicos
Raíces	7,10	10,92
Concreciones calcáreas	14,75	22,69
Hierro	10,38	15,97
Cobre	8,74	13,45
Hongos	30,05	46,22
Arrasados por la máquina	Sobre 223 individuos 20,60 (=46 individuos)	

Fig. 11. Factores tafonómicos que han producido alteraciones en los huesos de los individuos de La Magdalena.



Huesos de animales

La determinación de si los restos esqueléticos que se excavan en un yacimiento arqueológico son humanos, de otro animal, o incluso se trata de otro tipo de material, resulta sencilla cuando se cuenta con un antropólogo en el equipo y los huesos están más o menos completos. En ese caso, las diferencias morfológicas, así como las áreas de inserciones musculares, la curvatura de los huesos largos o el espesor del hueso compacto, suelen ser suficientes características para la determinación. Pero cuando el fragmento es pequeño y no fácilmente reconocible por su morfología, hay que recurrir a técnicas radiográficas, histológicas, inmunológicas o al ADN. La determinación proteica mediante antisuero humano es la más frecuente en los laboratorios biológicos, para ello se somete al tejido óseo en estudio a la reacción con antisuero humano, si hay aglutinación indica que es humano y si no la hay que no lo es. En caso de querer determinar la especie se necesitaría disponer de antisuero de perro, caballo, etc.

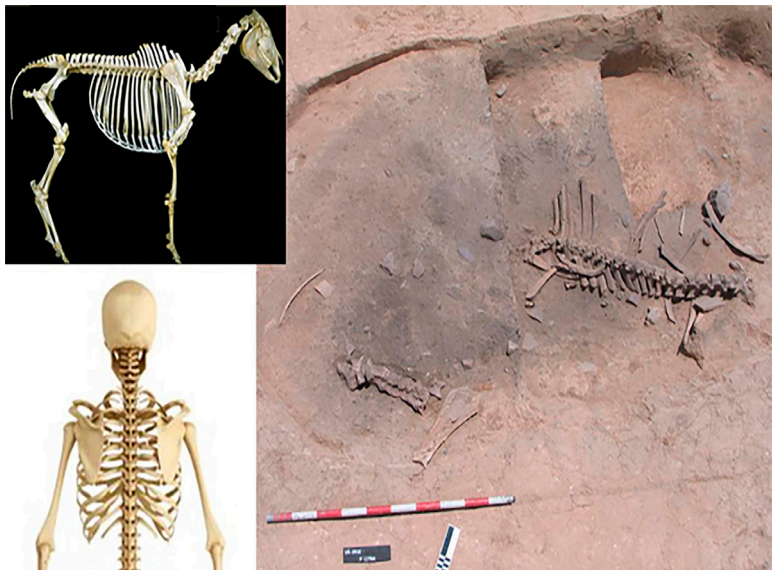


Fig. 12. La Magdalena, restos esqueléticos de un équido y su comparación anatómica con la morfología de un caballo y el hombre.

En el yacimiento de La Magdalena se han encontrado restos esqueléticos de varios animales. Algunos de ellos estaban en distintos basureros: conejos (entre 8 y 10 individuos todos inmaduros), cerdos, ovejas, cabras, perros, ciervos y caballos. En la Figura 12 se pueden ver los restos esqueléticos de un équido, en cierta conexión anatómica. Únicamente se han conservado algunas partes del tórax en conexión anatómica, una escápula y el fragmento de una pata con la pezuña, lo que indica que este animal no fue consumido en su totalidad.



En la Magdalena se ha constatado la ausencia de restos de animales asociados a las tumbas con restos humanos, salvo en el caso de tres enterramientos de época bajoimperial, uno que contenía los restos de un individuo infantil, un niño de aproximadamente 8 años (el 5288), otro que contenía los restos de un varón adulto, el 5217, y un tercero, que contenía a un varón adulto, el 7024. En la Figura 13 se puede ver al individuo 5288, en decúbito supino, con piernas extendidas y los brazos a lo largo del cuerpo. Hacia la mitad de su tibia derecha se encontraron los restos esqueléticos de un ave, entre los que se encuentra la fúrcula (hueso en forma de horquilla típico de las aves, formado por la fusión de las dos clavículas).



Fig. 13. Enterramiento bajoimperial 5288. Esqueleto de un individuo infantil II y restos de un ave junto a su tibia derecha.

Número mínimo de individuos

Como ya se ha indicado anteriormente, las excavaciones en La Magdalena han puesto de manifiesto, la presencia de varias necrópolis que indican que esta zona estuvo habitada por grupos campaniformes y del bronce, y muy posteriormente, por poblaciones hispanorromanas, entre los siglos I y VI d.C., e hispanovisigodas, entre los siglos VII al VIII d.C. En cada uno de estos grupos se determinación el número mínimo de individuos, que se estableció atendiendo al número de huesos que se repiten y a criterios como la edad o el sexo. Un claro ejemplo de cómo se llevó a cabo dicha determinación, es la tumba campaniforme 5010. En ella



se encontraron los huesos de 4 piernas, dos derechas y dos izquierdas y además aparecían 2 mandíbulas, lo que llevó a estimar la presencia de al menos dos individuos, que tras su estudio resultaron ser adultos y probablemente masculinos (por la morfología mandibular). Otro ejemplo es la tumba bajoimperial 4264, en donde se encontró un individuo adulto en conexión anatómica, el 4268 (que resultó ser un varón maduro) y los restos desarticulados correspondientes a otro individuo adulto maduro, el 4266, que fueron sometidos a “reducción” para enterrar al segundo (Figura 14).



Fig. 14. Izquierda: tumba 4264 bajoimperial (individuos 4268 y 4266) y derecha: tumba 5005 campaniforme (individuos 5010a y 5010b).

El estudio antropológico ha permitido estimar el número mínimo de individuos, así como el sexo y la edad de los mismos, para lo cual se han seguido los criterios recogidos en los manuales de Krenzer (2006) y Ubelaker (2007). Al momento de la presente redacción se ha determinado la presencia de 223 individuos, de los cuales la mayoría son hispanorromanos de época bajoimperial (Figura 15).

Los datos sobre la estructura de estos grupos humanos (Figura 16) atendiendo al sexo de los individuos, indica una proporción de sexos bastante equilibrada para todos los periodos analizados. Por otro lado, es de destacar el alto porcentaje de individuos en los cuales y debido a las malas condiciones de preservación, no se pudo determinar el sexo, siendo extremo este valor para el grupo de hispanovisigodos (10 individuos están en tumbas y 12 en basureros). La aplicación de las técnicas moleculares, en concreto el estudio del gen de la amelogenina, permiti-



ría: 1) verificar la determinación del sexo morfológico y 2) bajar el porcentaje de alofisos.

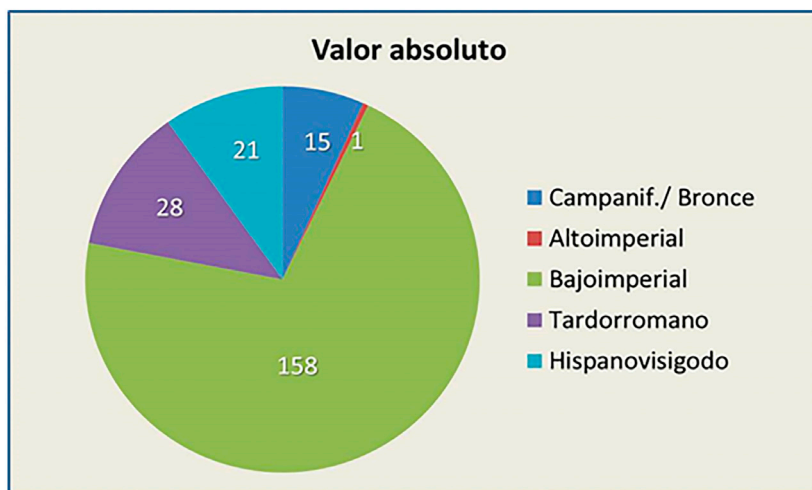


Fig. 15. Número mínimo de individuos excavados en las necrópolis de La Magdalena.

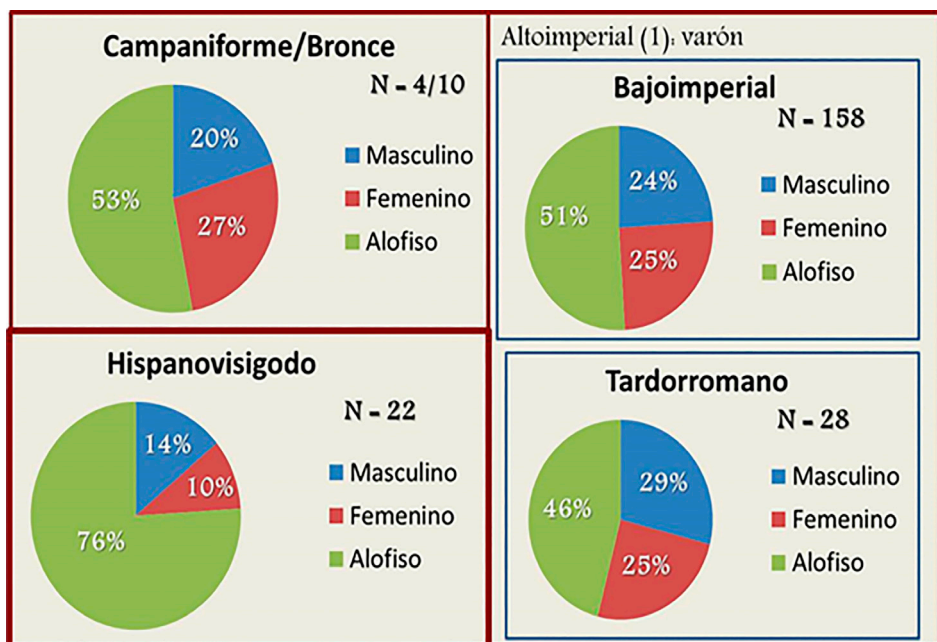


Fig. 16. Distribución por sexos de los individuos excavados en las necrópolis de La Magdalena.



La edad no se pudo determinar en todos los individuos, únicamente fue posible en 9 individuos del campaniforme/bronce, 1 altoimperial, 137 bajoimperiales, 19 tardorromanos y 9 hispanovisigodos (Figura 17). La muestra de mayor tamaño es la de los bajoimperiales y presenta unos resultados bastante coherentes, con una elevada mortalidad en las primeras edades, que va disminuyendo hasta llegar a la edad adulta en donde aumenta nuevamente la mortalidad. Parece que la mayoría de los individuos no sobrepasaba los cuarenta años aunque unos pocos llegaron a sobrepasar los 60. La interpretación de lo que ocurrió en el resto de los periodos resulta difícil y arriesgada debido al bajo tamaño de la muestra.

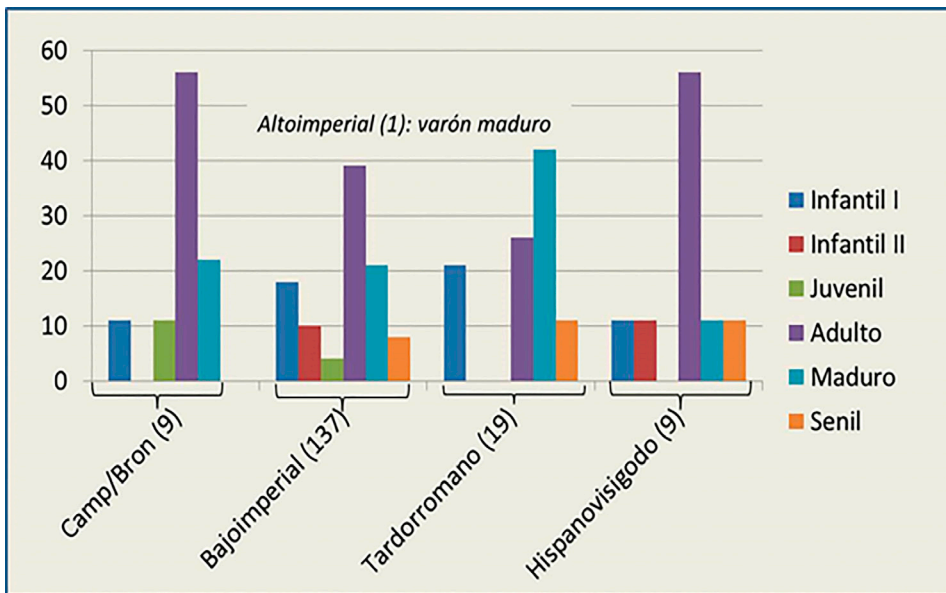


Fig. 17. Distribución por edades de los individuos excavados en las necrópolis de La Magdalena.

Morfología

En cuanto a la morfología de estas gentes, no se ha obtenido demasiada información por el momento. Unos primeros datos los ofrece el trabajo de Pacheco et al. (2020). Cabrera et al. (2014) estudiaron el grupo campaniforme/bronce y Díaz et al. (2014) los bajoimperiales y tardorromanos.

Entre los caracteres morfológicos, la estatura es uno de los más estudiados en Antropología al estar determinada genéticamente pero, al mismo tiempo, ser muy ecosensible. En La Magdalena se ha podido estimar la estatura para tres de los periodos analizados, bajoimperial, tardorromano e hispanovisigodo y se ha encontrado que la estatura no difiere mucho entre ellos. Esto podría indicar una continuidad de los grupos humanos a lo largo del tiempo. Los resultados son los siguientes:



- Varones: bajoimperiales (166,58 – 168,45 cm), tardorromanos (168,44 – 172,53 cm) e hispanovisigodos (155,52 – 167,58 cm).
- Mujeres: bajoimperiales (157,73 – 161,06 cm), tardorromanas (158,60 – 162,03 cm) e hispanovisigodas (156,21 - 161,61 cm).

El conocimiento de la morfología facial es otro de los retos a los que se enfrenta el equipo de investigación de La Magdalena. Una primera aproximación al tema ha sido la reconstrucción facial o, más bien, aproximación a la fisonomía que debió tener en vida uno de los individuos excavados en el yacimiento. Rivilla et al. (2014) publicaron la reconstrucción facial de un esqueleto humano bajoimperial del segundo tercio del siglo III d.C. (individuo 4109) cuyos huesos estaban en excelente estado de conservación. Se trata de un enterramiento primario, en fosa simple, en donde además de los restos humanos, se encontraron restos de cerámica, clavos y adornos personales (tobillera, restos de arandelas de bronce y cuentas de pasta vítrea). La metodología fue la siguiente (Figura 18): 1) en primer lugar se obtuvo una réplica del cráneo, para lo cual se contó con la colaboración del Área de Fotografía e Infografía del Servicio de Criminalística de la Guardia Civil, quienes escanearon el cráneo y la mandíbula con un láser escáner (la captura digital se realizó con el software RapidForm, versión 2006) y obtuvieron el molde impreso del cráneo y la mandíbula virtual con una impresora 3D; 2) se determinaron los puntos craneométricos y el espesores de los tejidos blandos en cada uno de ellos; 3) se diagnosticó la edad, el sexo, el origen ancestral y la robustez del individuo (mujer joven de entre 20 y 24 años, de complexión grácil y de origen caucásico).

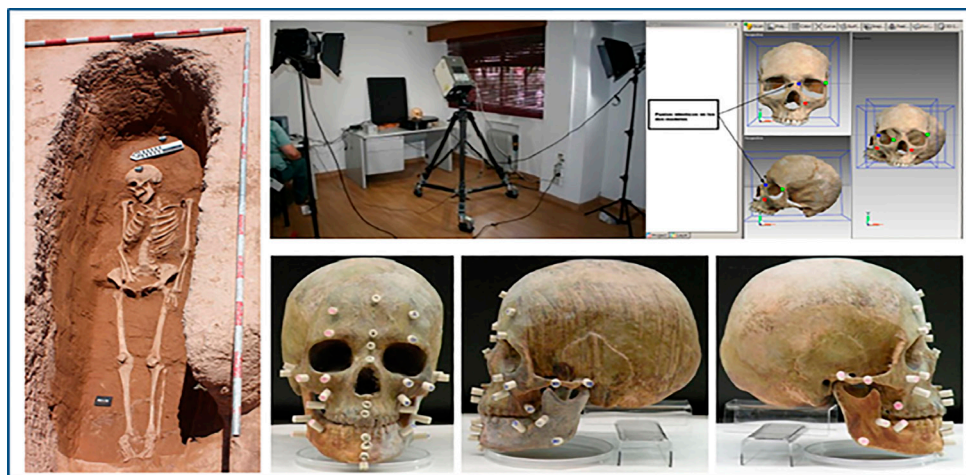


Fig. 18. Tumba del individuo 4109 (Magdalena III: segundo tercio siglo III d.C.) y detalles del proceso de captura del cráneo, la localización de los puntos craneométricos y establecimiento en los mismos de los espesores de los tejidos blandos.



Seguidamente y basándose en las investigaciones científicas que permiten determinar los caracteres morfológicos de la cara (Wilkinson, 2004) se estableció la morfología más probable que debió tener esta mujer romana (Figura 18).

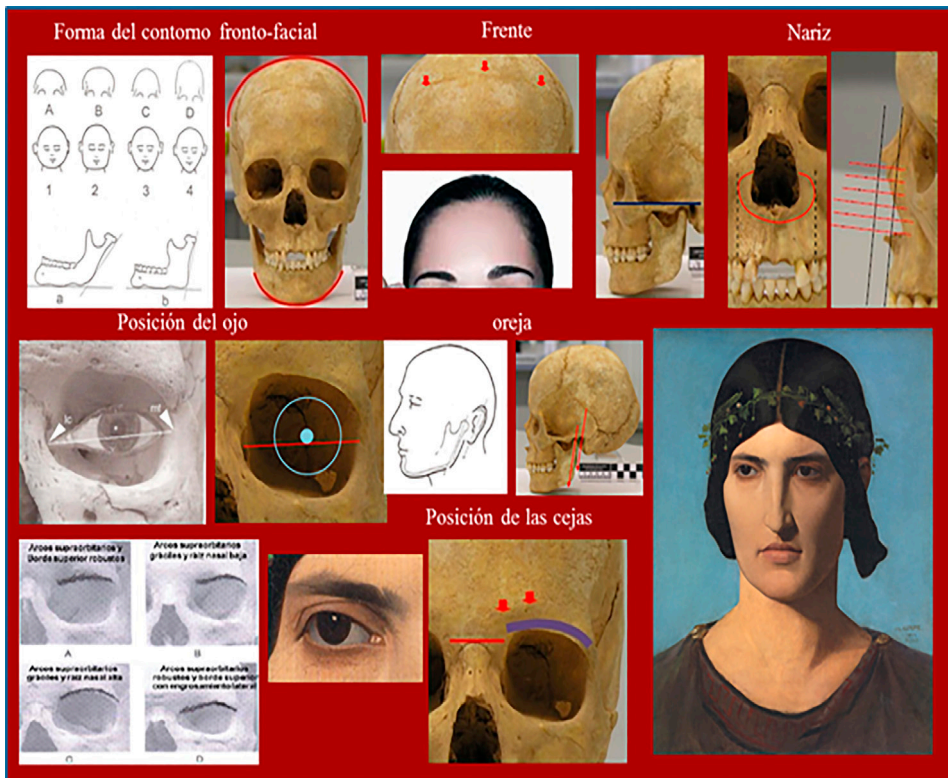


Fig. 19. Aproximación fisonómica de la mujer romana 4109 excavada en el yacimiento de La Magdalena.

Hacia dónde debemos dirigirnos

Desde hace ya algunos años venimos observando cómo se está desarrollando una construcción de la Ciencia basada en la acción participativa en rango de igualdad de un alto número de disciplinas, teniendo como eje vertebrador la necesidad de enfrentarse a la resolución de cuestiones complejas.

Desde la óptica tanto de las Antropologías como de la Historia, observamos una disolución de los límites de sus competencias, de tal manera que cada vez es más un hecho la imbricación entre diversas disciplinas que aportan conocimiento y discusión ante la interpretación de cualquier fenómeno que atañe al hombre tanto físico como social y cultural.



La aplicación de un modelo transdisciplinar de investigación comporta una nueva forma de enfrentarnos a la problemática del estudio de las diversas facetas que representa tanto el individuo como el colectivo humano. Todas aquellas disciplinas que tengan algún elemento que aportar a la resolución de un problema concreto (resolver la totalidad es una entelequia) se integran en rango de igualdad dentro del discurso interpretativo.

Si pensásemos en una figura que represente la transdisciplinariedad, podríamos referir una figura poliédrica. En su variante regular (con caras y ángulos iguales) nos indicaría que todas las disciplinas que participan en la explicación de un problema planteado lo hacen en régimen de plena igualdad y equilibrio. Sin embargo, por lo general nos encontramos ante poliedros irregulares (con caras o ángulos desiguales), donde las distintas disciplinas que participan en la interpretación del problema planteado aportan toda la información referida al hecho, aunque algunas disciplinas presentan un mayor rango de datos, que no de aporte interpretativo, que otras.

En este sentido, desde hace varios decenios, se están dando pasos que, desde diferentes direcciones, se alejan progresivamente del determinismo disciplinar que encorseta la producción del conocimiento del pasado, abriendo la Arqueología a una interacción con otras disciplinas, siendo la Antropología física una de las primeras en potenciar esta colaboración participativa. Y dentro de ésta, la Antropoarqueología/Arqueoantropología funeraria y forense ha ido abriendo este camino.

Es importante dejar claro que la transdisciplinariedad no se limita a la investigación cooperativa o a la integración disciplinaria en torno a un tema de investigación (que ya definimos como interdisciplinar o multidisciplinar), sino que se ocupa de combatir los principales peligros de la disciplinariedad, tales como la parcelación, el aislamiento y la simplificación del conocimiento; así como la incomunicación con sus contrarios que genera el saber-poder disciplinario.

La visión transdisciplinar persigue un conocimiento global, integral y complejo. Une conocimientos en vez de separarlos, al tiempo que propone considerar una realidad multidimensional que reemplaza la realidad unidimensional del pensamiento clásico (Sanchez Yustos, 2014: 14).

Bajo estos parámetros, hemos de considerar que el trabajo que aquí presentamos, no es sino un primer apunte en relación con la interactuación disciplinar para enfrentarnos al fenómeno vital de la muerte y a la sistemática del estudio e interpretación parcial de cada uno de los elementos que en ella convergen, tanto desde una óptica física como socio-cultural.

Igual que la dualidad vida/muerte es una constante en nuestra especie, la asunción de la muerte como hecho físico y psicosocial comprende desde la asunción del hecho, la comprensión del significado profundo y su explicación para el co-



lectivo que vive el hecho fúnebre y la generación de modelos rituales (simples y complejos) que conectan ambas esferas del ser y del estar, generadoras de la cohesión mediante el recuerdo.

El estudio, tanto del fenómeno físico de la muerte, como del social, cultural e ideológico, conforman la base del complejo investigativo tanatológico, en el que se integrarían las diversas disciplinas científicas que sobre este fenómeno han de interactuar.

Bibliografía

- ALCINA FRANCH, J.: *Arqueología antropológica*. Akal, Madrid, 1989.
- ALIAGA ALMELA, R.: "Términos y conceptos para el estudio de las prácticas funerarias en Arqueología". *Revista Historia Autónoma*, 1, 2012: 13-20.
- BEALS, R. y HOIJER, H.: *Introducción a la antropología*. Aguilar, Madrid, 1978.
- BINFORD, L.R.: *En busca del pasado*. Crítica, Barcelona, 1988.
- CABRERA JIMÉNEZ, C.M.; GALERA OLMO, V. y HERAS MARTÍNEZ, C.: "El campaniforme en la Submeseta Sur: estudio antropológico de los restos esqueléticos de La Magdalena I (Alcalá de Henares). IX Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares, 2014, 127-135.
- CHAPA BRUNET, T.: "La Arqueología de la Muerte: planteamientos, problemas y resultados". En Vaquerizo Gil (coord.), *Arqueología de la Muerte: Metodología y Perspectivas actuales*. Diputación Provincial, Córdoba, 1991, 13-38.
- "Aplicaciones de la Arqueología de la Muerte en la Prehistoria reciente de la Península Ibérica". *Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular*, Vol. 5. *Proto-História da Península Ibérica*, Porto, ADECAP, 2000, 9-19.
- "Arqueología de la Muerte. Aspectos metodológicos", *Anales de Arqueología Cordobesa*, 17: 25-46, Universidad de Córdoba.
- CRIADO BOADO, F.: *Arqueológicas. La razón perdida*, Bellaterra, Barcelona, 2012.
- DÍAZ-GONZÁLEZ, M^ªE.; GÓMEZ-MORENO, F.; GALERA OLMO, V. y HERAS MARTÍNEZ, C.: "Los restos esqueléticos de las necrópolis bajoimperial y tardorromana de «La Magdalena» (Alcalá de Henares). Primeros datos desde la Antropología Física". *VIII Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares*, 2014, 189-196.
- DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M.: "Arqueología neo-procesual: «Alive and kicking». Algunas reflexiones desde el Paleolítico". *Complutum*, 2008, 19 (1), 195-204.
- FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, V.M.: *Una Arqueología Crítica. Ciencia, ética y política en la construcción del pasado*. Crítica, Barcelona, 2006.



- GÓMEZ-MORENO, F.; GALERA OLMO, V. y HERAS MARTÍNEZ, C.: "Primeros datos tafonómicos de dos necrópolis procedentes del yacimiento de La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid)". XVII Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física, U. Barcelona, 2011: 204-213.
- "Primeros datos sobre las alteraciones por las raíces de los restos esqueléticos humanos de «La Magdalena», (Alcalá de Henares, Madrid)". XVIII Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física, Bilbao, 2014, 133-147.
- GONZÁLEZ RUIBAL, A.: "Hacia otra arqueología: diez propuestas". Complutum, 2012, 23 (2), 103-116.
- HERAS MARTÍNEZ, C.; BASTIDA RAMÍREZ, A. y CORRALES PEVIDA, R.: "El conjunto industrial romano altoimperial de la finca «La Magdalena» (Alcalá de Henares): los alfares". I Congreso de la Sociedad de estudios de la cerámica antigua en Hispania, Cádiz-2011, Universidad de Cádiz y SECAH, 2013, 385-398.
- HERAS MARTÍNEZ, C.; BASTIDA RAMÍREZ, A. y GALERA OLMO, V.: "La fase campaniforme del yacimiento de La Magdalena (Alcalá de Henares, Madrid)". Yacimientos Calcolíticos con Campaniforme de la región de Madrid: nuevos estudios, Blasco, Liesau y Ríos (eds.), Patrimonio Arqueológico de Madrid, 6, UAM, Madrid, 2011, 17-21.
- HERAS MARTÍNEZ, C.; BASTIDA RAMÍREZ, A. y GALERA OLMO, V.: "El conjunto industrial romano Altoimperial de «La Magdalena» II (Alcalá de Henares): Hornos, almacenes y conjuntos hidráulicos. VIII Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares, 2014, 65-78.
- HERAS MARTÍNEZ, C.; BASTIDA RAMÍREZ, A.; GALERA OLMO, V. y CORRALES PEVIDA, R.: "Necrópolis Bajoimperial y Tardorromana de «La Magdalena» III-IV (Alcalá de Henares): contextualización arqueológica". VIII Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares, 2014, 79-92.
- HERAS MARTÍNEZ, C.; CORRALES PEVIDA, R.; BASTIDA RAMÍREZ, A.; SÁNCHEZ MEDINA, E. y GALERA OLMO, V.: "«Recuperando la muerte»: Las necrópolis de La Magdalena (Alcalá de Henares), entre el Calcolítico y la Hispania visigoda", El Patrimonio Complutense recuperado. Institución de Estudios Complutenses, Alcalá de Henares, 2014, 22-75.
- HERAS MARTÍNEZ, C.; CUBAS MORERA, M. y BASTIDA RAMÍREZ, A.: "Signos y símbolos en el registro funerario: ajuares de la necrópolis Calcolítica con Campaniforme de «La Magdalena» I (Alcalá de Henares)". IX Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares, 2014, 187-198.
- HERAS, C.; GALERA, V. y BASTIDA, A.: "Enterramiento y ritual funerario en una necrópolis Calcolítica con Campaniforme en la Submeseta Sur. El yacimiento



- de «La Magdalena» I (Alcalá de Henares)". IX Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares, 2014, 213-227.
- KRENZER, U.: "Compendio de métodos antropológico forenses". Centro de análisis forense y ciencias aplicadas. Guatemala. 2006.
- MONTÓN SUBÍAS, S. y ABEJEZ, L.J.: "¿Qué es esa cosa llamada Arqueología Histórica?". Complutum, 2015, 26 (1), 11-35.
- MORIN, E. (2009): Introducción al pensamiento complejo, Gedisa. Madrid.
- PACHECO REVILLA, G.; GÓMEZ-MORENO, F.; HERAS MARTÍNEZ, C.; BASTIDA RAMÍREZ, A. y DIGES QUIJADA, Y.: "Aproximación al análisis bioarqueológico de la necrópolis tardorromana excavada en la Parcela 11796 de Alcalá de Henares". XVI Congreso de la Sociedad Española de Antropología Física (Gutiérrez-Redomero, Sánchez y Galera, eds.), Alcalá de Henares, 2010, 549-556.
- REBATO, E.; SUSANNE, Ch.; CHIARELLI, B. (eds.): "Para comprender la Antropología Biológica. Evolución y Biología Humana". Verbo Divino, Navarra, 2005.
- RIVILLA MATÉ, M^aT.; GALERA OLMO, V.; HERAS MARTÍNEZ, C. y MARTÍNEZ MESONES, P.A.: "Necrópolis Bajoimperial y Tardorromana de «La Magdalena» III (Alcalá de Henares): Reconstrucción facial del individuo 4109". VIII Jornadas del Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, Alcalá de Henares, 2014, 379-385.
- RUIZ ZAPATERO, G y CHAPA, T.: "La Arqueología de la Muerte: Perspectivas teórico-metodológicas". Burillo Mozota, F. (coord.): Necrópolis Celtibéricas. II Simposio sobre los Celtíberos, 1990, 357-372.
- SÁNCHEZ YUSTOS, P.: "Los márgenes del pasado. La producción transdisciplinar del saber arqueológico". Complutum, 2014, 24 (1), 9-16.
- UBELAKER, D.: Enterramientos humanos: excavación, análisis, interpretación. Munibe, suplemento 24, Sociedad Aranzadi, 2007.
- WILKINSON, C.: Forensic Facial Reconstruction. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2004.



LOS ENTERRAMIENTOS DE “LA DEHESA” (ALCALÁ DE HENARES, MADRID). ESTUDIO ANTROPOLÓGICO

Elena Marinas Díez

Resumen:

El yacimiento de “La Dehesa” (Alcalá de Henares, Madrid), excavado en la década de los 90 del siglo pasado, es un yacimiento de “campo de hoyos” datado mediante materiales en la fase Protocogotas. En él se encontraron siete enterramientos, de los que se ha podido llevar a cabo el estudio antropológico de cinco de ellos. Del estudio se han podido extraer datos relativos al sexo, la edad, la estatura y patologías de los individuos, que en alguno de los casos han sido de gran interés.

Palabras clave:

Bronce, Protocogotas, enterramientos, antropología, Madrid.

Abstract:

The archaeological site ‘La Dehesa’ (placed in ‘Alcalá de Henares, Madrid’), digged out in the nineties of last century, is a ‘campo de hoyos’ site dated using materials from ‘Protocogotas’ stage. At this site were found seven burials, on five of which it has been possible to carry out an anthropological study. From this study has been deduced information such as gender, age, height and individual pathologies, that has been of a great interest for some of the cases.

Key words:

Bronze, Protocogotas, burials, anthropology, Madrid.

El yacimiento

El yacimiento de “La Dehesa”, también conocido como “Polígono 25”, se encuentra en el término municipal de Alcalá de Henares, en la Comunidad de Madrid. Es un yacimiento de “campo de hoyos” o “fondos de cabaña”, sin fechas absolutas sino sólo referencias tipológicas, datado, mediante los materiales, en la Edad del Bronce, más concretamente en la cultura Cogotas de la Meseta, en su fase inicial conocida como fase Protocogotas. Por tanto, se enmarca en los yacimientos característicos de este periodo en el interior de la Península Ibérica.

El enclave se sitúa a unos 100 m del río Henares, en la margen derecha del mismo, distribuyéndose de forma perpendicular en sentido E-O, en una zona



amplia, llana y fértil. Es un yacimiento abierto, es decir, carece de fortificaciones que lo delimiten o protejan.^{1 2}

La zona excavada tiene una extensión de cerca de 3 hectáreas, aunque el yacimiento debió tener mayores dimensiones, ya que en excavaciones anteriores y posteriores se documentaron restos arqueológicos, tanto de la Edad del Bronce como del Hierro, en las parcelas colindantes.^{3 4}

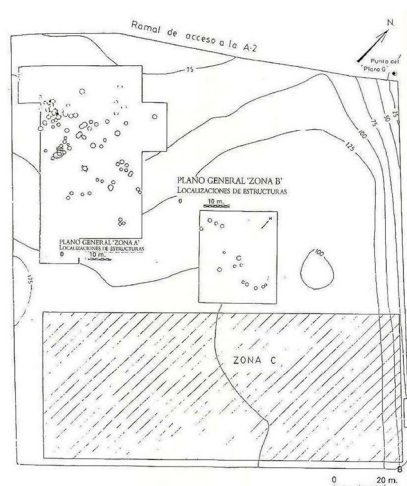


Fig. 1. Plano general del yacimiento, con las zonas A, B y C diferenciadas. (En Macarro 2000: 270).

En la Parcela 14, que aquí nos ocupa, se localizaron un total de 111 hoyos distribuidos en tres zonas, que son: la A, la B y la C. La zona A es la que presenta mayor interés, porque en ella se localizan la mayoría de los hoyos y por los restos encontrados en los mismos, entre los que cabe destacar 6 enterramientos humanos.

En lo que a restos humanos localizados respecta, se hallaron un total de siete inhumaciones, una de ellas en la zona C, que no se pudo documentar más allá del testimonio de los empleados de la empresa constructora, que afirmaron que el individuo se encontraba en posición fetal y que era de pequeño tamaño.⁵

1 J.F. SILVA y J.A. MACARRO: "El yacimiento de la Edad del Bronce del "Polígono 25" en Alcalá de Henares: primeros resultados". *Reunión de Arqueología Madrileña*. Madrid, 25-26 de Enero. Madrid. 1996, 138-141.

2 J.A. MACARRO: *La Alcalá prehistórica. El poblado de la Edad del Bronce de "La Dehesa"*. Ed. Alcalá-Ensayo. Alcalá de Henares. 2000, 217-218

3 J.F. SILVA y J.A. MACARRO, *op.cit.*, p138-141

4 J.A. MACARRO, *op.cit.*, p217-218

5 *Ibid.*, p220



El resto de las inhumaciones se localizaron en la zona A, un total de seis muy próximas entre sí, que se distribuyen en: dos enterramientos individuales de carácter primario, ya que cada uno de los cuerpos fue encontrado en posición anatómica; otro enterramiento primario, pero en este caso doble, y un enterramiento secundario doble, en el que se localizaron dos cráneos aislados.

Los enterramientos localizados en “La Dehesa” hacen de éste uno de los yacimientos más interesantes de esta época en el interior peninsular; tanto por el número de inhumaciones localizadas, como por el carácter de las mismas, constituyendo una muestra perfecta de la variabilidad de las prácticas funerarias de la cultura Cogotas que conocemos en la actualidad⁶. La buena conservación de los restos ha sido clave para realizar el estudio antropológico que se presenta en este trabajo.

Los enterramientos

El enterramiento nº 1 corresponde al encontrado en el hoyo 21. Este hoyo presenta un diámetro en la boca de 100-110 cm, que aumenta a partir de los 40 cm de profundidad hasta un diámetro de 160 cm. La profundidad total del hoyo es de 1 m. El enterramiento se localizó a unos 65 cm de profundidad; estaba colocado en posición fetal sobre su lado derecho, con la mano izquierda entre las rodillas y la derecha sobre el omóplato izquierdo. El cuerpo estaba orientado de E a O, con la cabeza hacia el E y mirando hacia el S; tenía la espalda adosada a la pared norte del hoyo. Sobre las piernas se encontraron restos de pavimento; es un nivel de unos 10 cm de potencia, de color blanquecino y con numerosos nódulos de adobe. Desde el fondo hasta la parte por debajo del cuerpo, el relleno era de coloración rojiza, aunque de similares características al que se encuentra encima del cuerpo.⁷

⁸ La localización en un lateral del hoyo y la postura es común en este tipo de enterramientos, evidenciando un tratamiento cuidadoso y estudiado de la deposición del cuerpo, por parte de estas poblaciones de la Edad del Bronce.

Los enterramientos nº 2 y nº 3 se localizaron en el hoyo 22. Éste tiene una profundidad de 110 cm y un diámetro igual en la embocadura, que se ensancha a partir de los 35-40 cm hasta alcanzar un diámetro de 210 cm; el relleno era de coloración ocre.^{9 10}

6 R. BARROSO *et al.*: “Enterramientos de la Edad del Bronce en la Meseta Sur peninsular a partir del Sector 22, Yuncos (Toledo)”. *MUNIBE Antropología-Arkeologia*. 65(2014):117-136.

7 J.A. MACARRO y J.F. SILVA: “Los enterramientos de “La Dehesa” (Alcalá de Henares, Madrid): aportaciones a los ritos funerarios de la Edad del Bronce en la Meseta”. *Reunión de Arqueología Madrileña*. Madrid, 25-26 de Enero. Madrid. 1996. 123-125.

8 A. MACARRO, *op.cit.*, p114-115

9 J.A. MACARRO y J.F. SILVA, *op.cit.*, p123-125

10 J.A. MACARRO, *op.cit.*, p120-121



El enterramiento nº 2 se encontró a unos 65 cm de la superficie; el cuerpo estaba en posición fetal sobre el lado derecho, con los brazos replegados sobre el pecho. Se orientaba de N a S, con la cabeza hacia el N y mirando hacia el O, justo de cara a la pared. En este caso, también se documentó un nivel de 10 cm de potencia de adobes. Además se localizó al lado del cuerpo un pequeño fragmento de varilla de bronce.^{11 12}

El enterramiento nº 3 estaba a 1m de profundidad, situado en el centro del hoyo y con una orientación similar a la del enterramiento nº 2. El individuo estaba boca arriba en una postura forzada, con los dos brazos y la pierna izquierda abiertos respecto al cuerpo y semiflexionados. El brazo derecho se dirigía hacia el O y el izquierdo, hacia el E, con la mano en la parte posterior del cráneo. La pierna izquierda tenía la rodilla orientada hacia el E y el pie a la altura de la rodilla derecha. La pierna derecha se encontraba completamente flexionada, con el pie a la altura de la cadera. El nivel de adobes de 10 cm también se documenta en este caso, quedando a unos 30 cm del cuerpo.^{13 14}

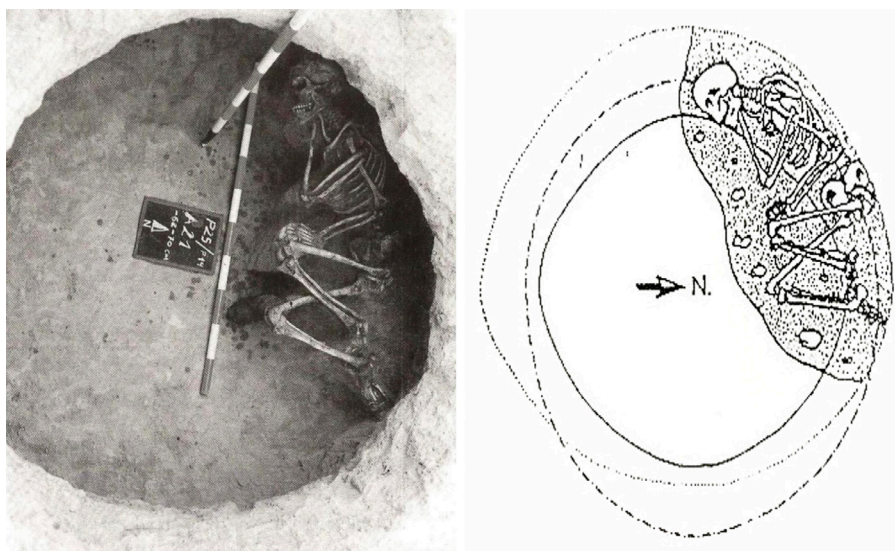


Fig. 2. Foto y esquema del enterramiento 1, primario individual. (En Macarro 2000: 260, 259).

11 J.A. MACARRO y J.F. SILVA, *op.cit.*, p123-125

12 J.A. MACARRO, *op.cit.*, p120-121

13 J.A. MACARRO y J.F. SILVA, *op.cit.*, p123-125

14 J.A. MACARRO, *op.cit.*, p120-121



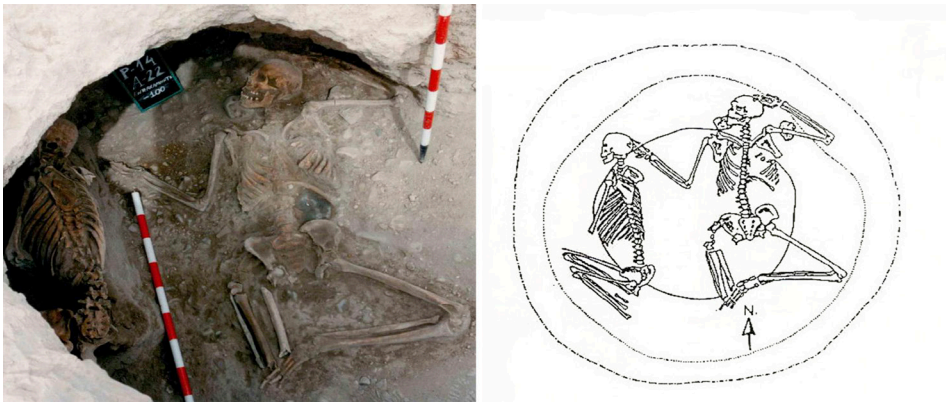


Fig. 3. Foto y esquema de los enterramientos 2 y 3, primario doble. (Foto de José Antonio Macarro, esquema modificado de Macarro 2000: 259).

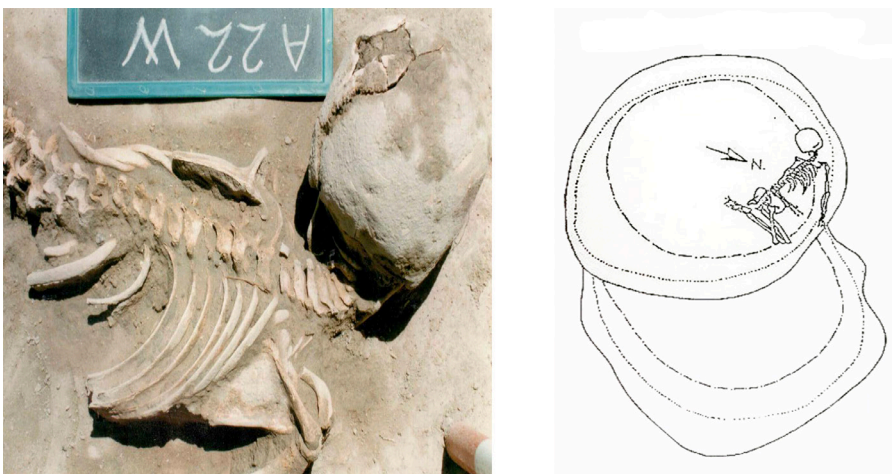


Fig. 4. Foto y esquema del enterramiento 4, primario individual. (Foto de José Antonio Macarro, esquema modificado de Macarro 2000: 259).

Aunque en este caso los cuerpos no estén al mismo nivel, se puede deducir una relación entre ambos enterramientos. En un primer momento el cuerpo con la postura forzada podría parecer que se había depositado sin ningún cuidado, incluso que podría haber sido arrojado. Pero al observar más detenidamente, se aprecia que tiene la mano extendida hacia el cráneo del enterramiento nº 2, sin llegar a tocarlo.

En el hoyo 22W-Ampliación sur, de 150 cm de diámetro y relleno de color ceniciento, se encuentra el enterramiento nº 4 a unos 45 cm de profundidad. El cuerpo estaba en posición fetal, apoyado sobre el lado izquierdo, en la pared norte y con una orientación O-E, con la cabeza hacia el O y la cara hacia la pared



del hoyo. El cuello estaba torcido; el brazo derecho, extendido y algo separado del cuerpo; el izquierdo quedaba por debajo del cuerpo sobresaliendo sólo el antebrazo y la mano al nivel del abdomen. La pierna izquierda estaba totalmente flexionada, con el pie a la altura de la cadera, mientras que de la pierna derecha sólo se halló el fémur. Cabe destacar que se localizó una pequeña lasca de sílex, material muy escaso en el yacimiento, a la altura de la garganta.^{15 16} Dicha lasca, aun tratándose de un material poco usual, no se puede asegurar que forme parte de algún tipo de ajuar.



Fig. 5. Foto y esquema de los enterramientos 4 y 5, cráneos aislados. (Foto de José Antonio Macarro, esquema modificado Macarro 2000: 259).

Los enterramientos nº 5 y nº 6 corresponden a los dos cráneos aislados y se localizaron en el área 9, en el hoyo 3 (F3). Este hoyo tiene una profundidad y un diámetro de unos 105 cm y el relleno es de la misma tierra margosa que el sustrato natural. A 85 cm de profundidad, se localizaron los cráneos, orientados en direcciones opuestas; es decir, uno miraba al NE y el otro al SO. También se encontró un recipiente cerámico pequeño, boca arriba, en el centro, en el fondo del hoyo; al mismo nivel, adosada a la pared, había una moledera. Además de los cráneos, se localizaron numerosas piedras alrededor, incluso algunas incrustadas en los huesos, lo que llevó a los autores a afirmar que los individuos habían sido

¹⁵ J.A. MACARRO y J.F. SILVA, *op.cit.*, p123-125

¹⁶ J.A. MACARRO, *op.cit.*, p123



lapidados.^{17 18} A este respecto hay que señalar que, como se puede observar en la figura 5, el grado de destrucción de los cráneos no se corresponde con el que cabría esperar de una lapidación. Eso, junto con las piedras encontradas alrededor de los mismos, hace sospechar que el propio peso del sustrato provocara la rotura de los cráneos y la caída de las piedras en su interior.

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo el estudio antropológico de los restos y darlos a conocer, ya que no se habían realizado estudios previos al respecto.

Metodología

Se ha efectuado una selección de bibliografía específica relativa al estudio antropológico que se ha llevado a cabo, tanto del protocolo a seguir en este tipo de análisis, como de los métodos más convenientes en función del estado y del tipo de restos con los que se contaba para el estudio.

En lo que al trabajo de laboratorio se refiere, este se ha desempeñado en las instalaciones del Museo Arqueológico Regional (M.A.R.) de Madrid, sito en la ciudad de Alcalá de Henares, y se ha centrado en los restos óseos humanos.

La primera fase de esta labor consistió en una revisión de los restos del yacimiento depositados en el almacén del M.A.R. para localizar los correspondientes a los enterramientos. Se encontraron los de tres individuos completos y dos cráneos aislados. Faltan, por consiguiente, los restos de otros dos individuos: el del enterramiento doble de la zona A —cuyos restos no se han hallado quedando pendiente una revisión más exhaustiva cuando el tiempo lo permita— y el del enterramiento de la zona C, zona que no fue excavada, debido a los trabajos efectuados por la empresa constructora, por lo que los restos son irrecuperables.

Una vez localizados los restos, se procedió a su limpieza, ya que, al no haber sido estudiados aún, se encontraban en el mismo estado inicial en el que se extrajeron del yacimiento. Los huesos venían acompañados de gran cantidad de sustrato, el cual se cribó, por un lado, para localizar los pequeños fragmentos óseos que pudieran hallarse ocultos y, por otro, para limpiarlo de piedras y pequeñas ramas. En todas las bolsas en las que había sustrato cribado, se ha conservado una parte del mismo en otras bolsas aisladas.

Una vez que los huesos se encontraban limpios y secos, se procedió a su restauración. El grado de preservación de algunos de los restos impidió su reconstrucción total, bien por la pérdida de algunos fragmentos, bien por su nivel de destrucción que impedía la identificación del resto. Dada la complejidad del

17 J.A. MACARRO y J.F. SILVA, *op.cit.*, p123-125

18 J.A. MACARRO, *op.cit.*, p109-112



proceso, los dos cráneos que se localizaron aislados fueron limpiados y restaurados por D. Javier Casado Hernández, restaurador del M.A.R., debido también al interés del conservador del museo, D. Antonio Dávila, en documentar detalladamente todo el proceso.

Cuando los restos estuvieron reconstruidos, para documentarlos, se realizaron fotografías de cada uno de los huesos de manera aislada, por grupos anatómicos y del esqueleto completo. También se documentó, mediante fotografías, el proceso de limpieza y restauración de los cráneos aislados, y de partes correspondientes a los individuos completos, que se encontraban conservadas en bloque debido a la solidificación del sustrato.

Por último, se realizó el estudio antropológico propiamente dicho. Dado que el conjunto de individuos estudiados es muy pequeño para obtener información representativa de la población viva de origen, se optó por emplear métodos cualitativos —descripción individual—, en lugar de los cuantitativos o estadísticos, carentes de utilidad práctica en este caso.

A la hora de estimar la edad, se tuvo en cuenta que todos los individuos se encontraban en un rango de edades entre infantil y juvenil o adulto joven, y que, además, conservaban un gran número de dientes, por lo que se empleó el método basado en el desarrollo dental de Ubelaker (1978),¹⁹ el método por excelencia para la estimación de la edad en individuos subadultos.

Debido a que el margen de variabilidad del método de Ubelaker es muy amplio, se estimó conveniente reforzar los resultados con algún otro método de estimación de la edad. Se empleó el propuesto por Schaefer, Scheuer y Black (2009)²⁰ para la estimación de la edad en individuos en desarrollo mediante el estado de osificación de las epífisis.

La estimación del sexo se basó en el estudio de la pelvis, la región con mayor poder discriminante para esa variable.^{21 22} Para ello se utilizaron tres métodos diferentes: dos que se basan en características observables y otro de estimación del sexo mediante mediciones. Estos métodos son los siguientes:

-- Bruzek (2002): consiste en la observación de cinco caracteres morfológicos de la pelvis, tres de la zona sacroilíaca y dos de la isquiopúbica. Tres de dichos

19 D.H. UBELAKER: *Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation*. Ed. Aldine. Universidad de California. Estados Unidos. 1978

20 M. SCHAEFER, S. BLACK y L. SCHEUER: *Juvenile Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Ed. Elsevier. Estados Unidos. 2009

21 J. BRUZEK: "A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone". *American Journal of Physical Anthropology*. 117(2002):157-168.

22 P. MURAIL, J. BRUZEK, F. HOUET y E. CUNHA: "DSP: A tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements". *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*. 17, 3-4, 2005, 167-176.



caracteres se dividen a su vez en diferentes aspectos a valorar, por lo que se analizan un total de 11 elementos.

-- WEA:²³ este método recoge las recomendaciones para la estimación de la edad y el sexo surgidas del “*Workshop of European anthropologists*” que tuvo lugar en Praga en 1972. Consiste en la valoración de 11 caracteres y, en función de su aspecto, atribuirles un valor numérico.

-- Murail *et al.* (2005): los autores de este método han creado un programa informático mediante el cual se estima el sexo de los individuos denominado *Probabilistic Sex Diagnosis* (DSP, según sus siglas en francés).

Para reforzar los resultados obtenidos con las pelvis y debido a que dos de los individuos solo presentaban esqueleto craneal, se decidió utilizar el método del WEA²⁴ para la estimación del sexo sobre cráneo y mandíbula. Dicho método, igual que el empleado para la pelvis, consiste en la observación de 14 caracteres: 10 para el cráneo y 4 para la mandíbula. En el caso de la estatura se empleó el método de Virtama, Kiviluoto, Palkama y Tölkka (1962),^{25 26 27} basado en el estudio realizado sobre población viva, mediante radiografías. Con las medidas de los huesos largos, a través de ecuaciones de regresión, permite estimar la estatura de individuos subadultos, diferenciando a su vez entre individuos masculinos y femeninos.

Estudio antropológico

Se han podido documentar un total de cinco individuos: tres de ellos con esqueleto craneal y postcraneal (Ind. 1, 2 y 3) y otros dos de los que sólo se conserva el cráneo (Ind. 4 y 5), que se corresponden con el enterramiento secundario. A pesar de la antigüedad de los restos, se encuentran en un buen estado de preservación, siendo el individuo 1 el que más destaca en este sentido. A continuación, se describen en detalle cada uno de los individuos.

23 D. FEREMBACH, I. SCHWIDETZKY y M. STLOUKAL: “Recommendations for Age and Sex Diagnoses of skeletons. Workshop of European Anthropologists”. *Journal of Human Evolution*. 9(1980):517-549.

24 *Ibid.*, p517-549

25 A. PALKAMA, P. VIRTAMA y A. TELKKA: “Estimation of stature from radiographs of long bone in children. Children under one year of age”. *Annales Medicinae Experimentalis Biologiae fennicae*; 40, 1962, 219-222.

26 A. TELKKA, A. PALKAMA y P. VIRTAMA: “Estimation of stature from radiographs of long bone in children. Children aged from one to nine”. *Annales Medicinae Experimentalis Biologiae Fennicae*; 40, 1962, 91-96.

27 P. VIRTAMA, R. KIVILUOTO, A. PALKAMA y A. TELKKA: “Estimation of stature from radiographs of long bone in children. Children ages from ten to fifteen”. *Annales Medicinae Experimentalis Biologiae Fennicae*; 40, 1962, 283-285.



Los restos de los tres primeros se presentan en forma de fichas que recogen información acerca de los huesos: si están ausentes o si se han podido localizar y, en este último caso, cuáles y el estado de preservación de los mismos. Estas fichas permiten una visión global del individuo. En los dos últimos, debido a que sólo conservaban el cráneo no se han empleado fichas.

Individuo 1

De todos los restos documentados, los correspondientes a este individuo son los que se encontraban en un mejor estado de preservación, ejemplo de lo cual es que tanto el cráneo como la mandíbula estén perfectamente completos.

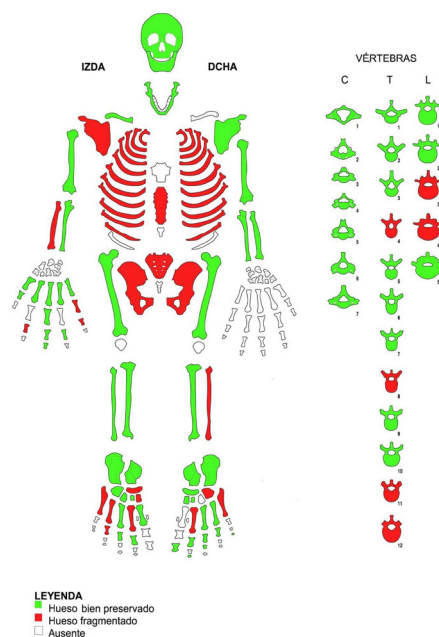


Fig. 6. Ficha restos del individuo 1. (En Marinas 2014: 39).

Los dientes localizados son todos permanentes. Cabe destacar también la agenesia de todos los terceros molares.

En el examen preliminar de los restos, se ha observado que se trata de un individuo en proceso de crecimiento y que el tamaño de sus huesos es pequeño para el momento de desarrollo en el que se encuentra. Además, se ha podido documentar que el individuo presenta *cribra orbitalia*, foramen olecraneano en el húmero izquierdo, así como dos patologías en la región axial y osteocondritis disecante en la epífisis distal del fémur derecho.



El primero de los métodos empleados para la estimación del sexo en este individuo es el Bruzek (2002). También se decidió aplicar el método del WEA para estimar el sexo mediante los coxales. Como los resultados obtenidos para este individuo no eran concluyentes y, además, la pelvis planteaba algunas dudas debido a su tamaño, se decidió aplicar otro método, el DSP. Con el fin de reforzar los resultados obtenidos mediante los diferentes métodos, se decidió aplicar el método del WEA para cráneo y mandíbula. Una vez analizados todos los restos, los resultados obtenidos son que el individuo 1 es femenino.

En la estimación de la edad los resultados fueron que este individuo estaría entre los 14 y los 16 años.

En función de los datos obtenidos con el cálculo de la estatura, el individuo tendría una talla estimada de entre 139´7 cm y 143 cm. Una media de 141´3 cm. Ya que es femenino.

En cuanto a las patologías, destaca notablemente el individuo 1, en el que se han localizado la casi totalidad de las patologías documentadas en los restos estudiados. Debido a la complejidad de dichas patologías, se requirió el asesoramiento especializado de D. Manuel Campo Martín y Dña. Josefina Rascón. Además de las patologías detectadas en el examen preliminar en el análisis realizado en el atlas y la L1 por el paleopatólogo D. Manuel Campo Martín, se extrajo la siguiente información:

- El atlas tiene una fisura anterior, patología que es muy rara —con tan sólo una frecuencia del 0´1%— y que va acompañada siempre, según los estudios paleopatológicos, de fisura en la zona posterior. En este caso no hay fisura en la parte posterior, por lo que se trata de un “imposible”.
- La L1 presenta espondilolisis en el lado izquierdo. Este caso no es muy habitual, ya que este tipo de lesiones se suele dar en L5 o L4.

También se ha podido documentar que la L5 estaba sacralizada. Además, llama la atención el pequeño tamaño de la pelvis, que no se corresponde con la edad del individuo.

Este hecho llevó a un estudio más detenido de las extremidades inferiores. Se observó la presencia de *genu valgo*, origen seguramente de la osteocondritis disecante del fémur. También se detectó periostitis en la zona distal de la diáfisis de la tibia derecha.

Individuo 2

Como se puede observar en la ficha correspondiente, de los individuos que presentaban esqueleto postcraneal, éste es del que menos restos se han podido identificar.



El cráneo estaba fracturado y, además, presentaba concreciones, lo que ha imposibilitado su reconstrucción completa; faltan fragmentos del parietal izquierdo, del occipital, el maxilar y, prácticamente, toda la zona basal. La mandíbula, en cambio, aunque también se encontraba fragmentada, se ha podido reconstruir completamente. El individuo tenía dientes de leche y permanentes, de los cuales tres premolares, un canino y tres molares conservan todavía la raíz en crecimiento; también se ha localizado un M3 en calcificación.

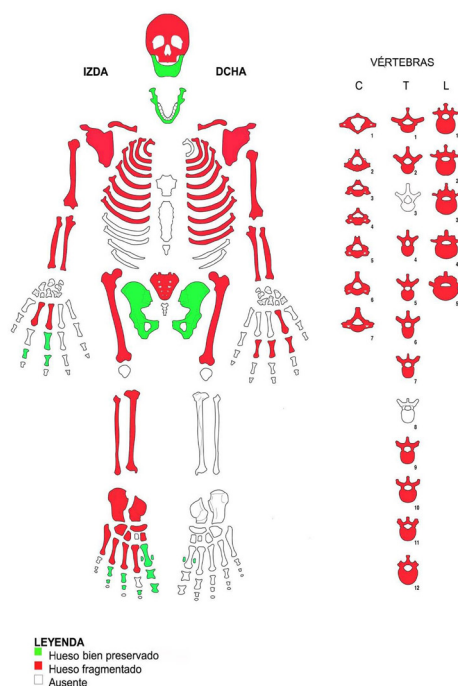


Fig. 7. Ficha restos del individuo 2. (En Marinas 2014: 41).

Este individuo es el más incompleto. Como el individuo 1, también se encuentra en proceso de crecimiento, pero sus huesos son incluso más pequeños que los de aquél. Cabe destacar que se localizaron cuatro huesos sesamoideos en las extremidades inferiores.

La pelvis del individuo 2 no está ni desarrollada ni fusionada, por lo que aún no están presentes las características sexuales. Por tanto, se concluyó que el individuo 2 es de sexo indeterminado debido a su estado de desarrollo.

En este caso para la estimación de la edad se obtuvieron unos resultados de entre 8 y 11 años.

Debido a los restos con los que se contaba y a que no se pudo estimar el sexo del individuo la talla estimada si fuese masculino, sería de 112,65 cm y si fuese



femenino, sería de 116,4 cm. En este caso sólo hay una medida, ya que este individuo sólo conserva un hueso largo con el que poder hacer el cálculo (el radio izquierdo).

En cuanto a las patologías y caracteres de interés el individuo 2 presenta *cribra orbitalia*, foramen olecraneano en el húmero izquierdo y malposición del canino superior izquierdo, que está todavía sin erupcionar.

Individuo 3

Este individuo es del que se ha podido localizar un mayor número de restos, pero se encontraban en un estado de preservación bastante malo, sobre todo el cráneo, que estaba muy fragmentado, habiéndose perdido una gran parte de la zona posterior del mismo.

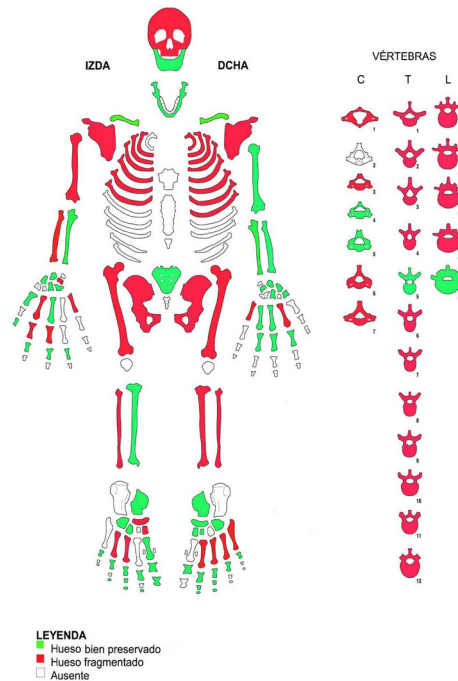


Fig. 8. Ficha restos del individuo 3. (En Marinas 2014: 43).

La mandíbula, aunque se encontraba también muy fragmentada, se conserva completa. Los dientes que se han localizado son todos permanentes; cabe destacar que el M1 de la hemimandíbula izquierda lo perdió en vida. Este individuo está más desarrollado que los dos anteriores: el tamaño de sus huesos es mucho mayor, el sacro está terminándose de fusionar y tiene un M3 emergido.



Para la estimación del sexo del individuo 3, resultaba imposible aplicar ni el Bruzek ni el DSP, por el mal estado de preservación de la pelvis. A pesar de este problema, se decidió emplear el WEA para los coxales, ya que se podían valorar algunos de los aspectos que propone este método que, aunque escasos, tienen valor diagnóstico. Se decidió aplicar el método del WEA también para cráneo y mandíbula. Una vez analizados todos los restos los resultados son que el individuo 3 es masculino.

Los resultados de la edad son que se encuentra entre los 21 y los 25 años.

La estimación de la talla del individuo 3 dio unos resultados de entre 176´2 cm y 172´9 cm con una media de 174´6 cm, porque es masculino. Respecto a las patologías y los caracteres de interés en el individuo 3 únicamente se observó una espondilolisis bilateral en L5.

Individuo 4

De este individuo se conserva únicamente el cráneo, que se encontraba fragmentado, y algunos dientes superiores, de leche y permanentes.



Fig. 9. Restos del individuo 4 y piedra localizada en el cráneo. (Foto del M.A.R. realizada por Mario Torquemada).



Individuo 5

En este caso sucede igual que con el individuo anterior: sólo se conservan el cráneo fracturado y algunos dientes superiores, tanto de leche como permanentes.

Estos dos cráneos se hallaron asociados a piedras, algunas de las cuales estaban incrustadas todavía en los mismos, motivo por el que se encontraban en tan mal estado de preservación.



Fig. 10. Restos del individuo 5 y piedra localizada en el cráneo. (Foto del M.A.R. realizada por Mario Torquemada).

Debido a la escasez de restos y al estado de desarrollo de los individuos sólo se han podido estimar las edades, con los siguientes resultados: el individuo 4 tenía una edad entre los 6 y los 10 años y el individuo 5 entre los 7 y los 11 años.

En cuanto a patologías y caracteres de interés cabe mencionar que el individuo 5 presenta sutura metópica.

Destacan de este estudio antropológico, además de las patologías del individuo 1, las edades estimadas de todos los individuos, comprendidas entre los 6 y los 25 años, ya que se encuentran en el rango en el que la probabilidad de muerte es menor²⁸.

28 A. González-Martín: "Mitos y realidades en torno a la excavación, el tratamiento y el estudio de los restos arqueológico no-adultos". *Nasciturus, infans, puerulus vobis mater terra: la muerte en la infancia*. Ed. Diputació de Castelló, Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques. España. 2008. 57-76.



LA DEHESA							
CARACTERÍSTICAS	Nº1-IND1	Nº2-FOTO	Nº3-IND3	Nº4-IND2	Nº5-IND4	Nº6-IND5	Nº7-ZONA C
TIPO	primario individual	primario doble	primario doble	primario individual	secundario doble simultáneo	secundario doble simultáneo	X
ORIENTACIÓN	E-O	N-S	aprox. N-S	O-E	NO (mira al NE)	SE (mira al SO)	X
POSICIÓN	fetal derecha	fetal derecha	forzada, boca arriba	fetal izquierda	cráneo aislado	cráneo aislado	fetal
PROFUNDIDAD	65 cm	65 cm	100 cm	45 cm	85 cm	85 cm	X
PEGADO A PARED	si, norte, espalda	si, oeste, cara	no, en el centro	si, norte, cara	no	no	X
TAPADO O VACÍO	tapado	tapado	tapado	tapado	tapado	tapado	X
AJUAR	no	si, varilla bronce	no	posible, lasca de sílex	si, recipiente cerámico y moledera	si, recipiente cerámico y moledera	X
ENTERO	si	si	si	si	no	no	X
SEXO	femenino	X	masculino	X	X	X	X
EDAD	14-16	X	21-25	8-11	6-10	7-11	X
ESTATURA MEDIA	141'3	X	174'6	112'6 m-116'4 f	X	X	X
PATOLOGÍAS Y CARACTERES DE INTERÉS	<i>cribra orbitalia</i> , foramen húmero, espondilolisis L1, osteocondritis fémur, fisura atlas, periostitis tibia, L5 sacralizada, <i>genu valgo</i> , pequeño tamaño	X	espondilolisis bilateral en L5	<i>cribra orbitalia</i> , foramen y canino sup. izdo. en malposición	no	sutura metópica	X

Fig. 11. Tabla enterramientos y datos antropológicos del yacimiento.

En resumen

Los enterramientos del yacimiento de “La Dehesa”, suponían ya de partida un interesante objeto de estudio, debido a su número y variabilidad. Al no existir se hacía imprescindible realizar un estudio antropológico de los restos contribuyendo con ello a la mejor comprensión de los ritos funerarios de estas poblaciones de la Edad del Bronce.

A la hora de realizar el estudio antropológico, nos hemos encontrado con una serie de limitaciones, por la imposibilidad de localizar uno de los individuos, por no poder obtener algunos datos debido al estado de preservación y sobre todo que por el escaso número de individuos no se ha podido realizar ningún tipo de estudio poblacional. A pesar de ellas se han podido obtener datos de gran interés como las patologías que presenta el individuo 1, o que todos los individuos localizados presentan edades en las que la probabilidad de muerte es baja.

Estos nuevos datos y las características de los enterramientos del yacimiento de “La Dehesa” abren vías de estudio en cuanto a la variedad de comportamientos funerarios de las poblaciones Cogotas en la Meseta Sur.



Agradecimientos

A los doctores Dña. Rosa Barroso y D. Armando González por su codirección del TFM “El yacimiento de “La Dehesa”. Una aproximación al mundo funerario Protocogotas” en el que se inserta este estudio. Al Museo Arqueológico Regional de Alcalá de Henares y a todos sus miembros, por el interés y la ayuda prestada a lo largo de todo el proceso de estudio.

Y a José Antonio Macarro, arqueólogo que llevó a cabo la excavación del yacimiento, por su inestimable colaboración.

Bibliografía

- R. BARROSO *et al.*: “Enterramientos de la Edad del Bronce en la Meseta Sur peninsular a partir del Sector 22, Yuncos (Toledo)”. *MUNIBE Antropología-Arkeologia*. 65(2014):117-136.
- J. BRUZEK: “A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone”. *American Journal of Physical Anthropology*. 117(2002):157–168.
- D. FEREMBACH, I. SCHWIDETZKY y M. STLOUKAL: “Recommendations for Age and Sex Diagnoses of skeletons. Workshop of European Anthropologists”. *Journal of Human Evolution*. 9(1980):517-549.
- A. GONZÁLEZ-MARTÍN: “Mitos y realidades en torno a la excavación, el tratamiento y el estudio de los restos arqueológico no-adultos”. *Nasciturus, infans, puerulus vobis mater terra: la muerte en la infancia*. Ed. Diputació de Castelló, Servei d’Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques. España. 2008. 57-76.
- J.A. MACARRO: *La Alcalá prehistórica. El poblado de la Edad del Bronce de “La Dehesa”*. Ed. Alcala-Ensayo. Alcala de Henares. 2000
- J.A. MACARRO y J.F. SILVA: “Los enterramientos de “La Dehesa” (Alcala de Henares, Madrid): aportaciones a los ritos funerarios de la Edad del Bronce en la Meseta”. *Reunión de Arqueología Madrileña*. Madrid, 25-26 de Enero. Madrid. 1996. 123-125.
- E. MARINAS: El yacimiento de “La Dehesa”. Una aproximación al mundo funerario Protocogotas. Ed. *MARqAUDEMA*. Serie Antropología. Madrid, 2014.
- P. MURAIL, J. BRUZEK, F. HOUET y E. CUNHA: “DSP: A tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements”. *Bulletins et mémoires de la Société d’Anthropologie de Paris*. 17, 3-4, 2005, 167-176.
- A. PALKAMA, P. VIRTAMA y A. TELKKA: “Estimation of stature from radiographs of long bone in children. Children under one year of age”. *Annales Medicinae Experimentalis Biologiae fenniae*; 40, 1962, 219-222.



- M. SCHAEFER, S. BLACK y L. SCHEUER: *Juvenile Osteology: A Laboratory and Field Manual*. Ed. Elsevier. Estados Unidos. 2009
- J.F. SILVA y J.A. MACARRO: "El yacimiento de la Edad del Bronce del "Poligono 25" en Alcala de Henares: primeros resultados". *Reunión de Arqueología Madrileña*. Madrid, 25-26 de Enero. Madrid. 1996, 138-141.
- A. TELKKA, A. PALKAMA y P. VIRTAMA: "Estimation of stature from radiographs of long bone in children. Children aged from one to nine". *Annales Medicinae Experimentalis Biologiae Fenniae*; 40, 1962, 91-96.
- D.H. UBELAKER: *Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation*. Ed. Aldine. Universidad de California. Estados Unidos. 1978
- P. VIRTAMA, R. KIVILUOTO, A. PALKAMA y A. TELKKA: "Estimation of stature from radiographs of long bone in children. Children ages from ten to fifteen". *Annales Medicinae Experimentalis Biologiae Fenniae*; 40, 1962, 283-285.



MOMIAS Y HUESOS EN LA NECRÓPOLIS DEL ESPIGÓN (PUNTALLANA, LA PALMA). ESTUDIO BIOANTROPOLÓGICO PRELIMINAR DE UNA CULTURA DESAPARECIDA

Nuria Álvarez Rodríguez¹, Antonio Moreno González²
y Jorge Pais Pais³

Resumen:

El Barranco del Espigón ocupa un lugar sobresaliente dentro de la etapa prehispanica palmera debido al hallazgo de una importante necrópolis en la que aparecieron restos humanos momificados, siendo estos los únicos de estas características que hoy en día se conoce su procedencia exacta. Este artículo intentará hacer un breve recorrido sobre las formas de vida de los benahoaritas en el Barranco del Espigón así como un pequeño estudio preliminar de los restos óseos humanos encontrados.

Palabras claves.

La Palma, Puntallana, arqueología, yacimiento funerario, momia, bioantropología.

Abstract:

El barranco del Espigón holds a prominent place within prehispanic age, in La Palma, due to the discovery by an important necropolis which appeared mummified human remains, these being the only ones with these features nowadays it knows their exact origin. This article will try to make a brief rout above ways on life of "Benahoaritas" in El Barranco del Espigón and make a small preliminary study about human bond found.

Key words:

La Palma, Puntallana, archeology, burial site, mummy, bioanthropology.

1 Alumna de doctorado en la Universidad de La Laguna y colaboradora en el Museo Arqueológico Benahoarita. Correo electrónico: nuriaalvarezrodriguez@gmail.com.

2 Odontólogo colaborador en el Museo Arqueológico Benahoarita.

3 Inspector de Patrimonio en la isla de La Palma.



Introducción

Benahoare, nombre que recibe la isla de La Palma en época prehispánica, estaba dividida en 12 demarcaciones territoriales o bandos independientes cuyos datos fueron aportados por el religioso franciscano J. Abreu Galindo: Aridane, Tijuya, Guehebey-Tamanca, Ahenguareme, Tegalate-Mazo, Tedote-Tenibucar, Tenagua, Adeyahamen, Tagaragre, Tagalguen, Tixarafe, Aceró. Sus límites están claros en algunos de los casos, llegando a coincidir con municipios actuales, pero en otros hay bastantes dudas por que las fuentes no aportan ningún tipo de información. Estos cantones estaban ocupados por los Benahoaritas, antiguos habitantes de La Palma.

Al frente de cada uno de los bandos independientes se encontraba uno, dos y hasta tres capitanes que siempre eran hermanos. Sin embargo, en algunos pasajes de las crónicas de J. Abreu Galindo parece desprenderse la existencia de otras subdivisiones que podrían corresponderse con otros bandos independientes o, más probablemente, con zonas que gozaban de cierta autonomía de una demarcación territorial de mayor entidad.

Las fuentes etnohistóricas no ofrecen ningún tipo de datos sobre los órganos de gobierno que regían sus destinos, ni siquiera de su estratificación social. No obstante, la existencia de capitanes al frente de los distintos cantones, la presencia de cuerpos momificados y una serie de objetos de adorno y otros objetos de gran suntuosidad, nos dan pie a pensar que existían una serie de personas de alto rango cuya consideración e influencia sobre el resto de la comunidad sería reconocida por todos. De ello podemos colegir que sus decisiones tendrían un peso decisivo entre sus vecinos y que tales cuestiones se dilucidarían en una serie de asambleas que tendrían lugar en recintos especialmente contruidos al efecto, como pueden ser un buen número de grandes construcciones de muros de piedra seca que aparecen dispersas por toda la orografía insular y que hemos denominado espacios sagrados, puesto que en ellos no sólo se tratarían cuestiones mágico religiosas, sino otras más mundanas que afectarían a la vida cotidiana de los habitantes de cada demarcación territorial (J. Pais Pais et al., 2010).

Las fuentes escritas nos ofrecen una rica información sobre otros ámbitos de la vida de los aborígenes palmeros pero muchas veces hay que tomarla con cautela. Sobre el mundo de la muerte, contamos con ciertas noticias de gran importancia que nos habla sobre el tratamiento efectuado al difunto. Esto será mencionado con posterioridad.

Objetivo

Con este trabajo se pretende dar a conocer una cultura, hoy desaparecida y desconocida para el ámbito fuera de las islas Canarias. Para ello se hablará de



cómo vivían los antiguos pobladores de una zona concreta de la isla de La Palma y como realizaban sus prácticas y rituales funerarios. En este último punto, el trabajo se centrará en el estudio de los restos momificados y esqueletizados de forma preliminar ya que forma parte de un estudio no concluido.

La zona arqueológica del Barranco del Espigón (Puntallana)

El tramo medio e inferior del Barranco del Espigón, en la zona de Martín Luis (municipio de Puntallana) constituye una interesante zona arqueológica, tanto por la cantidad como por la variedad de yacimientos arqueológicos que alberga. Este tramo del barranco se ubica en la zona de transición entre el cardonal y los bosques termófilos. La vegetación arbustiva alcanza una densidad inusitada que conforma una maraña impenetrable que dificulta sobremanera el tránsito por las laderas de la margen izquierda del barranco, donde se concentra la mayor densidad de yacimientos arqueológicos. Las especies vegetales más abundantes son las retamas (*Retama monosperma*), cornical (*Periploca laevigata*), tasaigos (*Rubia fruticosa*), tajinastes (Gén. *Echium*), incienso (*Artemisia thuscula*), vinagreras (*Rumex lunaria*), etc. De los árboles típicos de los bosques termófilos sólo se conservan ejemplares aislados de palmeras (*Phoenix canariensis*), dragos (*Dracaena draco*) y sabinas colgadas (*Juniperus phoeniceae*) de los riscos más inaccesibles. Finalmente, también nos encontramos con ejemplares de pinos (*Pinus canariensis*) que, sin duda, antaño fueron mucho más abundantes de lo que podemos apreciar en la actualidad (Fig. 1).



Fig. 1.



Por tanto, la abundancia de pastizales, la benignidad del clima y la proximidad del mar, de donde extraían abundantes recursos alimenticios en la época estival, permitieron una gran concentración de benahoaritas desde la Fase Cerámica II⁴ (año 400 d. C) hasta la conquista de la isla a finales del siglo XV (Fase Cerámica IV), como mínimo. Estamos absolutamente convencidos, en cuanto se realice la Carta Arqueológica de estos parajes, de que los asentamientos más antiguos se remontan a la primera arribada a la isla en torno al siglo II a. C. (Fase Cerámica I).

Las prospecciones superficiales llevadas a cabo nos hablan de un intensivo poblamiento en las numerosas cuevas naturales que se abren a ambos márgenes del Barranco, si bien en las inmediaciones de la necrópolis, la gran mayoría de las cuevas de habitación se sitúan en la margen derecha. Y, a pesar de que los yacimientos han sido expoliados, en su gran mayoría, aún se puede apreciar la riqueza de los asentamientos si tenemos en cuenta la abundancia de fragmentos de cerámica de todas las fases conocidas en Benahoare, la riqueza y variedad de la industria lítica elaborada en basalto, los numerosos fragmentos óseos machacados de su fauna doméstica (cabras, ovejas y cochinos), la ingente cantidad de conchas marinas (lapas, burgados, púrpuras, etc.) y las gruesas capas de cenizas que recorren la estratigrafía que ha quedado al descubierto.

La zona donde se ubica la famosa momia de la necrópolis del Espigón reúne una serie de condiciones medioambientales que lo convierten en ideal para el asentamiento permanente de los antiguos palmeros. Su economía, fundamentalmente pastoril, encontraba abundantes y jugosos pastizales durante la mayor parte del año. Cuando estos empezaban a escasear, a inicios del verano, existían rutas naturales, de fácil acceso, que les permitían subir a los campos de pastoreo de alta montaña en los bordes de la Caldera de Taburiente. Además, la proximidad de la costa les concedía el privilegio de aprovechar sus recursos alimenticios en cualquier momento, especialmente en la época estival, cuando escaseaban otro tipo de viandas. Por tanto, los moradores de este poblado de cuevas tenían bien cubierto el suministro de cuatro de sus alimentos esenciales: la carne, la leche, el pascado y el marisco. A ello debemos añadir la facilidad de las comunicaciones con otros parajes del cantón de Tenagua al estar emplazado en el centro geométrico del mismo. También tenían asegurado el suministro de agua, que es otro de los parámetros primordiales para explicar la distribución de los principales asentamientos benahoaritas. En este sentido, y en el estado actual de la investigación arqueológica, desconocemos la existencia de fuentes en el Barranco del Espigón, si bien a escasa distancia hacia el sur se encuentra el

4 Para la isla de La Palma contamos con la suerte de que la cerámica aborígen actúa como un fósil guía siendo una constante en los yacimientos arqueológicos pudiendo establecer así fechas relativas. Esto solo lo podemos apreciar en esta isla. Las fases van desde la I que corresponden con las primeras llegadas de poblaciones a la isla en un momento no muy exacto (en torno a los siglos II-I a.C.), pasando por la II, III con sus consiguientes subfases, hasta llegar a la IV, momento en el que se produce la conquista Canaria.



Barranco del Agua, donde este líquido tan preciado es abundante y constante a lo largo de todo el año.

Las cuevas naturales de habitación presentan unas inmejorables condiciones de habitación en cuanto a dimensiones, luminosidad, exposición (en su inmensa mayoría están expuestas hacia el sur) y protección contra las inclemencias del tiempo. La intensidad del doblamiento prehispánico se pone de manifiesto si tenemos en cuenta que absolutamente todas las cavidades (cuevas, covachas y cejos) fueron habitadas por los benahoaritas.

La importancia del poblado del Barranco del Espigón queda resaltada, además por la existencia de una nueva necrópolis, por un posible almogarén y un conjunto de canalillos y cazoletas. El yacimiento funerario es de un enorme interés porque se encontraba prácticamente intacto y parece que cuenta con varias capas de deposición de los cuerpos y un ajuar funerario que consistía en fragmentos de cerámica muy peculiares, piezas líticas, trozos de carbón, conchas de lapas, huesos de ovicápridos y un “chajasco” formado con vegetación de la zona. La cueva se abre en la parte alta de los riscos y, en la actualidad, es prácticamente inaccesible, a menos que se practique la escalada.



Figs. 2 y 3.

Tal y como comentamos en el párrafo anterior, en la parte superior del lomo que delimita la margen izquierda del Barranco del Espigón, nos encontramos con otros dos yacimientos que nos hablan de la importancia estratégica que tenía este lugar. Sin duda, el más espectacular de ellos es un posible almogarén, “casa santa”, en el que nos encontramos con una pequeña covacha, canalillos y cazoletas de diferentes tamaños en horizontal y en vertical, un gran canalón central y hasta un pequeño petroglifo cruciforme. Todos estos elementos están grabados en una plancha de toba de unos 30 metros de largo por unos 10 metros de anchura. El único resto arqueológico superficial consistía en un fragmento de cerámica de gran tamaño de



una vasija de la Fase I. La panorámica que se domina de los alrededores es muy amplia hacia los cuatro puntos cardinales.

Finalmente, a unos 100 metros hacia el este del almogarén descrito anteriormente localizamos un pequeño conjunto de canalillos y cazoletas (Fig. 2) emplazado en la parte superior del lomo y expuesto hacia el mar. El panel tiene como soporte una plancha de toba de quince por cuatro metros. Las cazoletas son circulares u ovals y están comunicadas por estrechos canalillos. Así mismo, también aparece un pequeño petroglifo cruciforme (Fig. 3). Los restos arqueológicos superficiales estaban formados por fragmentos de cerámica sin decoración, piezas líticas de basalto gris y trozos de conchas de lapas.

La excavación de la necrópolis del Espigón

Los trabajos de excavación se llevaron a cabo a mediados de la década de los 70 del siglo XX y, desgraciadamente, nunca se ha publicado un trabajo en condiciones sobre este importante descubrimiento. Es más, ni siquiera se sabe dónde están los diarios de excavaciones, así como parte del ajuar funerario, ni tampoco tenemos claro cuál habría sido la cavidad exacta que albergaría la momia (Fig. 4).



Fig. 4.

Los únicos datos conocidos, hasta la fecha, son las escasas líneas que transcribimos a continuación:

“(...) En esta cueva, bajo una fina capa de tierra mezclada con excrementos de aves se encontraron, sin conexión anatómica, restos óseos humanos pertenecientes a varios individuos, y al fondo de la cueva, y a un mismo



nivel, los cadáveres que conservan restos de piel en algunas partes de su cuerpo. Aparecen cubiertos en parte por pieles de animales perfectamente curtidas y cosidas y atados con cuerdas vegetales. Uno de los cadáveres estaba en posición decúbito supino, y decúbito lateral flexionado el otro, el cual, cuando se inició la excavación, carecía de parte del tórax y de las extremidades superiores. Ambos descansaban directamente sobre el suelo rocoso, sobre el cual en algunas partes se habían colocado hojas de pino y de otras especies vegetales. El único ajuar que se les puede asociar son algunas "mocas". Se hallaron, además, en las proximidades de los restos humanos fragmentos cerámicos sin decorar, "mocas", patellas, punzones, un pequeño cuenco de madera y algunas ramas de palmera y de otros árboles, en ocasiones atadas con cuerdas vegetales." (M. Hernández Pérez, 1977).

A pesar de ser escueta la cita si es verdad que nos ofrece mucha información. En primer lugar nos habla de la existencia de depósitos primarios (*cadáveres que conservan restos de piel en algunas partes de su cuerpo*) y depósitos secundarios (*sin conexión anatómica, restos óseos humanos pertenecientes a varios individuos*). El primero de los depósitos correspondería a aquellos cuerpos que son aportados en estado fresco o después de acontecido el fallecimiento a su lugar definitivo y que como norma son reconocibles mediante la documentación de la persistencia de las conexiones y relaciones anatómicas primarias. Por el contrario, los secundarios, o más exactamente, las sepulturas en dos o más tiempos, son aquellos en los que el depósito de los restos humanos ha sido precedido por una fase de "descarnamiento" activo o pasivo que se desarrolla en un lugar diferente al lugar en el que los documenta la intervención arqueológica. En términos generales, en este tipo de depósito se constata la pérdida parcial o total de conexiones anatómicas en el esqueleto (J. Velasco Vázquez, T. N. Ruíz González, S. Sánchez Perera, 2005).

La posición de los cuerpos era decúbito supino y decúbito lateral flexionado. El primero de los casos es el ejemplo que más se repite entre las momias existentes en Canarias variando únicamente la posición de las manos, ya sea colocándolas hacia los muslos como se aprecia en la momia guanche localizada en el Museo Antropológico de Madrid, o sobre el pubis o el vientre como se aprecia en la momia guanche de Cambrige. La posición decúbito lateral flexionado no es tan común pero si contamos con otros ejemplos en otras islas.

La cita anterior nos aporta otro dato muy interesante que nos habla que los cuerpos estaban sobre el suelo rocoso (*ambos descansaban directamente sobre el suelo rocoso, sobre el cual en algunas partes se habían colocado hojas de pino y de otras especies vegetales*) y es que las crónicas de los primeros que llegaron a las islas Canarias nos señalan que los Benahoarita, cuando morían y



eran depositados en las cuevas, éstos no podrían tocar el suelo tal y como nos señala Abreu Galindo en el siguiente relato:

“Era en enfermedad esta gente muy triste (los antiguos palmeros). En estando enfermo, decía a sus parientes: - Vacaguare (“quíerome morir”). Luego le llenaban un vaso de leche y lo metían en una cueva, donde quería morir, y le hacían una cama de pellejos, donde se echaba; y le ponían a la cabecera el gánigo de la leche, y cerraban la entrada de la cueva, donde lo dejaban morir. Todos se enterraban en cuevas, y sobre pellejos, porque decían que la tierra ni cosa de ella no había de tocar al cuerpo muerto”.

Las momias de la Necrópolis del Espigón

Aunque en el apartado anterior ya hemos dado algunas pinceladas sobre la posición de las momias y características de los depósitos localizados en el Espigón, ahora nos centraremos en el proceso de momificación y en las características bioantropológicas de las dos momias localizadas en Puntallana.

Lo primero que hay que destacar es que no sabemos si para el caso de La Palma, los restos eran momificados fruto del trabajo del hombre, o si por el contrario, se producía una momificación natural. Para la isla de Tenerife y de Gran Canaria (Fig. 5, 6 y 7) sí que tenemos referencias sobre la existencia de la práctica del *mirlado* o proceso de embalsamar los cadáveres produciendo un cuerpo momificado al que se le denominaba *xaxo*.



Figs 5, 6 y 7.

Así pues, una vez más Abreu Galindo nos señala lo siguiente:

“Cuando morían, tenían esta costumbre y orden en sus entierros, que había hombres y mujeres que tenían oficio de mirlas los cuerpos, y a eso ganaban



su vida, desta manera que, si moría hombre, lo miraba hombre, y la mujer del muerto le traía la comida; y si moría mujer, la miraba mujer, y el marido de la difunta le traía la comida; y servían éstos de guardar el cuerpo difunto, no lo comieran los cuervos y guirres y perros. Y la manera de mirar los cuerpos era que llevaban los cuerpos a una cueva y los tendían sobre lajas y les vaciaban los vientres, y cada día los lavaban dos veces con agua fría las partes débiles, sobacos, tras las orejas, las ingles, entre los dedos, las narices, cuello y pulso. Y, después de lavados, los untaban con manteca de ganado y echábanles carcomas de pino y de brezo y polvos que hacían de piedra pómez, porque no se dañasen. Y, estando el cuerpo enjuto sin ponerle otra cosa, venían los parientes del muerto, y con cueros de cabras o de ovejas sobados los envolvían y los liaban con correas muy luengas, y los ponían en las cuevas que tenían dedicadas para ello, cada uno para su entierro; y esto tenían los inferiores del rey, que donde quiera que morían, se enterraban en su cueva que tenían para su sepultura; pero el rey, donde quiera que moría, lo habían de llevar a su sepultura, donde tenían sus pasados; a los cuales ponían por su orden, para que se conociesen; y así los ponían fajados y sin cubrirles con cosa encima”

Es decir, según el cronista, la momificación guanche pasaba por una serie de procesos: el lavado, la evisceración, el uso de plantas aromáticas y otros elementos, la desecación y la envoltura del muerto, durando este proceso al menos quince días (M. Álvarez, I. Morfini, 2014). De todo lo señalado, el punto más controvertido es sobre la evisceración ya que no se ha hallado prácticamente ninguna momia con restos de cortes en el abdomen para extraer los órganos pero sí que es verdad que en el interior del cuerpo se han encontrado sustancia vinculadas con un posible tratamiento y que tuvieron que haber sido introducidas sin incisiones.



Figs. 8 y 9.



Para el caso del Espigón y como ya señalamos en líneas superiores no se puede corroborar ni negar que haya sufrido un proceso de momificación antrópica. Hoy en día estos restos prácticamente no parecen momias propiamente dichas ya que han sufrido un deterioro importante por el mal cuidado de ellas hasta su traslado al Museo Arqueológico Benahoarita (Mab).

La momia principal (Fig. 8) se trata de un individuo, probablemente masculino, de aspecto grácil. Aproximadamente tendría 35 años de edad según el estudio de la dentición (A. Meiln et al. 2007). Junto a ella, aparecieron las extremidades inferiores de otros restos momificados, adulto, decúbito lateral flexionado que destaca por presentar una patología no definida en uno de sus fémures (Fig. 9). El estudio de este material se muestra complejo ya que se encuentra en una atmósfera protectora que impide su análisis en profundidad.

La momia del Espigón⁵ presenta una serie de patologías sin contar las dentales que serán expuestas a continuación: se aprecian pequeños golpes en el cráneo así como una posible fractura de tabique nasal. Los restos decúbito lateral flexionados también presentan una patología difícil de interpretar (Fig. 10). Inicialmente pensamos que se trataba de una fractura sin fusionar que produjo una excrecencia ósea en torno al hueso dañado. Sin embargo, tras consultarlo con varios investigadores, éstos nos han señalado que podría tratarse de un tumor. Sin embargo, hasta que no se puedan manipular los restos no se podrá saber a ciencia cierta.



Fig. 10.

⁵ Con este término hacemos alusión a la momia principal.



Estos restos, al igual que hemos podido apreciar en los relatos antiguos y en imágenes superiores, también fueron envueltos con pieles de animales (Fig. 11 y 12). De hecho, tras estudios científicos efectuados por la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, han señalado que la piel empleada para esa misión era de ciervo, algo bastante curioso si tenemos en cuenta que los animales existentes en la isla de La Palma en época aborígen eran las cabras, las ovejas y los cochinos. Este descubrimiento solo se puede interpretar de dos formas: o bien la piel de ciervo fue traída cuando los Benahoarita llegaron desde las costas africanas a La Palma o, por el contrario, se trata de una contaminación de la muestra analizada.



Figs. 11 y 12.

Sobre los otros ocupantes de la Necrópolis del Espigón

Centrándonos ya en los restos humanos esqueletizados, la única cita con la que contamos sobre la excavación del enclave funerario habla de que “(...) en esta cueva, bajo una fina capa de tierra mezclada con excrementos de aves se encontraron, sin conexión anatómica, restos óseos humanos pertenecientes a varios individuos”, en su mayoría esqueletizados. Tras un estudio preliminar⁶, se han localizado al menos, restos de quince individuos, siendo los fémures, húmeros y tibias derechas las que nos ha dado el número mínimo de individuos. Destacan las costillas como las más numerosas seguidas muy de cerca por las vértebras (setenta y nueve cervicales, ciento treinta dorsales y sesenta y dos lumbares). Posteriormente nos encontraríamos con las falanges proximales de las manos y de los pies, clavículas, húmeros...etc. (N. Álvarez Rodríguez, 2011).

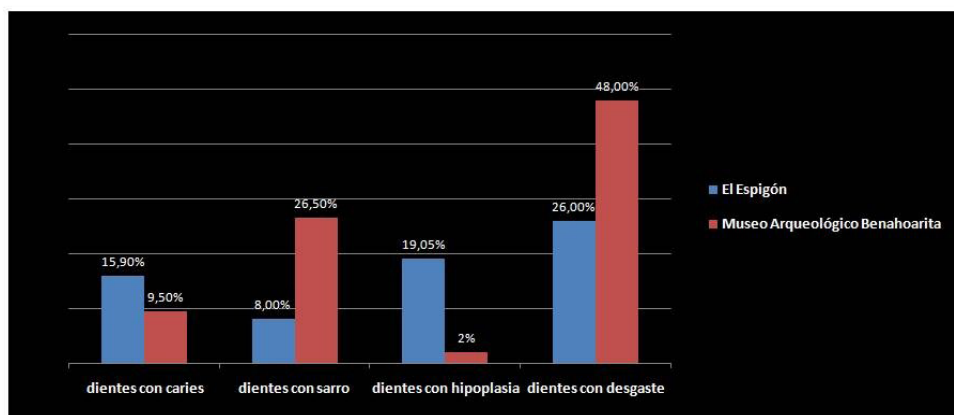
⁶ Hay que señalar que estos son resultados preliminares ya que una parte de los materiales bioantropológicos se encuentran actualmente en los fondos del Museo Arqueológico Benahoarita (Mab) y otros en los almacenes de la Universidad de La Laguna. Es por ello que las conclusiones todavía están pendientes de revisión.



Con respecto a la existencia de cráneos o mandíbulas, en los fondos del Mab solo contamos con el propio cráneo de la momia pero si tenemos constancia de la existencia de al menos tres cráneos y nueve mandíbulas de las cuales, una es de un individuo infantil. Poca información se puede añadir sobre la determinación de la edad y el sexo debido a que los restos, actualmente no forman parte de los fondos del Mab.

El estado de conservación de los materiales, en su conjunto, es bueno. Para ello, cuando fueron analizados los restos, se les aplicó tres categorías consistentes en bueno, regular y malo según su estado de fragmentación. El resultado fue el siguiente: el 72,5% responde a huesos en un buen estado de conservación, el 10,9% presenta un estado regular y por última, el 10,3% están muy fragmentados.

Si hablamos sobre el sexo y al igual que sucede con la edad, nos encontramos con un problema muy grave a la hora de abordar este tipo de materiales. Los restos no fueron individualizados tras su excavación. Simplemente nos encontramos con un amasijo de huesos dividido en cajas según su tipología. Es por ello que solo podemos saber el sexo y la edad de algunos fragmentos óseos y no de un esqueleto completo. A partir de lo mencionado y excluyendo los restos momificados, los coxales que se conservan suficientemente completos para darnos información sobre el sexo nos indican, que posiblemente cinco pertenecieron a individuos femeninos y cinco a individuos masculinos (J. E. Buikstra y D. H. Ubelaker, 1994). Si analizamos las mandíbulas según su morfología, podríamos decir que de los nueve maxilares inferiores, posiblemente tres pertenecerían a individuos femeninos y cinco individuos masculinos. (W. N. Krogman e M. Y. Iscan, 1986). La novena mandíbula pertenece a un individuo infantil (Fig. 13).



Método de Registro: *Chimenos et al. "Propuesta de protocolo de valoración de parámetros en Paleodontología". 2001*

Fig. 13.



La presencia de individuos no adultos es un hecho importante ya que, para la isla de La Palma se conocen muy pocos casos. Esto no quiere decir que la mortalidad infantil fuera reducida entre los Benahoaritas, simplemente nos indica que la presencia de individuos infantiles en el registro arqueológico no ha sido estudiado porque no se ha efectuado una excavación en condiciones en un yacimiento funerario. La mayoría de los restos humanos que se localizan en los fondos del Mab provienen de sucesivos expolios y saqueos de las necrópolis produciendo este hecho un grave desconocimiento que se refleja, entre otros casos, en el desconocimiento de ciertos campos como podría ser este

Además de estos individuos, nos encontramos restos tanto de juveniles, como de adultos y de seniles, por lo que está presente en la necrópolis todos los grupos de edades, algo muy interesante para efectuar en el futuro estudios de paleodemografía (Brothwell, 1987).

Con respecto a las patologías, tras un estudio inicial y sin incluir ahora mismo las enfermedades bucales⁷, las vértebras son las que presentan el mayor porcentaje de patologías (tabla 1) asociadas a enfermedades articulares degenerativas como la artrosis afectando tanto a las carillas articulares como a los cuerpos vertebrales (D. Campillo, 2004). En muchos casos se produjo la fusión de varias vértebras. El 38,4% afecta a las facetas articulares y el 48,1% a los cuerpos vertebrales de las cervicales, el 48,3% afecta a las facetas articulares y el 18,3% a los cuerpos vertebrales de las dorsales y el 65% afecta a las facetas articulares y el 52,5% a los cuerpos vertebrales de las lumbares. En conclusión, las cervicales como las lumbares se verían afectadas por la existencia de osteofitos de mayor o menor índole siendo su porcentaje alto mientras que las dorsales destacarían por la presencia de un mayor porcentaje de porosidad.

•Patología osteoarticular

Vértebras							
Tipo de vértebra	N	N	%	N	N	N	N
		Patológicas	Patologías	Porosidad	Reborde	Eburnación	Nódulo Schmorl
Cervical	79	52	65,82%	46	48	40	0
Dorsal	130	60	46,15 %	44	39	35	14
Lumbar	62	40	64,52 %	23	34	17	8

Tabla 1.

⁷ En el apartado siguiente serán mencionadas.



Hay que señalar que la artrosis o enfermedades degenerativas también se observan en otros huesos como sucede en húmeros, clavículas, escápulas, etc. Llegándose a apreciar tanto porosidades como formaciones de osteofitos o incluso eburnaciones.

Estudio de la dentición

El análisis dentomaxilar se ha realizado en la única muestra disponible de cráneo localizado en los fondos del Mab y cincuenta piezas dentarias descontextualizadas y no asociadas a ningún individuo concreto. El número de objetos de estudio de la muestra no responde a la aleatoriedad que permitiría un estudio de inferencia estadística que permita llegar a conclusiones generalizadas sobre El Espigón, y menos sobre las posibles características de los antiguos pobladores de esta zona de La Palma. A pesar de esta circunstancia, el análisis descriptivo de las características anatomopatológicas dento-maxilares de los restos disponibles aporta detalles que permiten ir realizando hipótesis sobre las que sustentar posteriores estudios.

El cráneo se apoya en latero versión sobre el esplanocráneo izquierdo. En líneas generales, y en base solamente al estudio dentomaxilar, la estimación inicial superficial indicaría que estamos ante un individuo varón de una edad estimada de más de 35 años. El estado dental de este individuo es el que sigue.

Existencia de restos radicales del 17, alteración de origen antemortem y asociada a una reabsorción ósea apical de origen odontogénico con fistulización ósea evidente. En principio habría que asumir que la alteración de este molar no parece debida de manera primaria a caries, sino a la destrucción producida por un gran grado de atrición o desgaste con posterior alteración cariogénica. Esta conclusión viene apoyada en la abrasión generalizada de las piezas presentes en el individuo objeto de estudio y en la ausencia aparente de caries. Presenta también ausencia de origen postmortem de 12, 11, 21, 23, 35, 34, 32, 31, 41, 42, 43, 44, 45. Se aprecia asimismo la ausencia de las piezas 24 a 28.

Parece vislumbrarse cierta reabsorción ósea con desaparición de los lechos alveolares que podrían indicar pérdidas anteriores al momento de la muerte, pero debido a la imposibilidad de la exploración apropiada (la muestra se encuentra en una urna) es difícil aseverar este hecho. En principio, y en las condiciones de observación antes descritas, no se observan caries - al menos grandes cavidades cariogénicas - en las piezas presentes en la muestra de este cráneo. A nivel de 36, 37 y 46 se observa reabsorción de hueso periodontal, con ligera exposición de furca a nivel del 36 y sendas reabsorciones de la lámina vestibular de las raíces mesiales de ambas piezas (E. Chimenos, et al, 1999).

Destaca el hecho de un gran grado de abrasión dental oclusal (G. Turner et al., 2013), este desgaste no sólo se aprecia a nivel de las superficies masticatorias de los molares presentes, sino también en el canino permanente superior derecho



(13). Esta circunstancia, junto con la reabsorción ósea alveolar periodontal concomitante, manifiestan un trauma oclusal importante, destacado indicador de estrés debido a factores ambientales y nutricionales; y defendido por algunos autores como variable de estudio a la hora de conocer la edad del individuo

Se aprecia así mismo la pérdida de esfericidad y un marcado aplanamiento del cóndilo mandibular derecho. Esta alteración parece ser más debida a causas de estrés funcional que a alteraciones óseo-degenerativas. El cóndilo izquierdo no se puede estudiar adecuadamente (M. Oxenham, 2006).

Se describen a continuación, de manera agregada, las piezas dentales provenientes de este yacimiento y disponibles para el estudio. Es evidente que las conclusiones a las que se podría llegar tras el análisis de este conglomerado de restos, totalmente descontextualizados en lugar y en tiempo, no soportan un análisis científico completo, pero ayudan a marcar próximas líneas de trabajo.

El conjunto de piezas dispersas está compuesto de cincuenta y tres dientes en diferente estado de conservación. De manera muy somera y sin hacer distinciones por cuadrantes, la descripción conjunta es la que sigue: catorce premolares, diez molares, cinco caninos, diecinueve incisivos: todas estas piezas permanentes. Existen también un canino y tres incisivos deciduos.

De todas estas muestras, existe caries en ocho de ellas. Aparecen además nueve molares con un grado avanzado de desgaste, doce piezas con hipoplasia y cinco con sarro (M. P. Alfonso et al., 2005).

Es interesante el análisis de las piezas temporales. En base a los restos óseos postcraneales asociados a este yacimiento, asumimos que pertenecen a un solo individuo. Basándonos en el desarrollo radicular de los incisivos y del canino, en la exploración bajo microscopio de las ligeras facetas de desgaste del canino temporal y aplicando en el conocido esquema de Schour y Massler, podemos estimar la edad de la muerte de este individuo en 4 años (\pm un año).

Debido a que no existe una memoria descriptiva de las excavaciones, tenemos que asumir también que algunas de las piezas dispersas, pertenecientes al conjunto de restos dentales descritos someramente en los párrafos anteriores, pueden pertenecer a la conocida como “Momia de El Espigón”.

No se aprecian hipoplasias marcadas en las piezas dentarias implantadas en el alveolo de la momia, aunque sería necesaria una mejor exploración, debido a las limitaciones que impone la urna protectora (A. H. Goodman, et al., 1980).

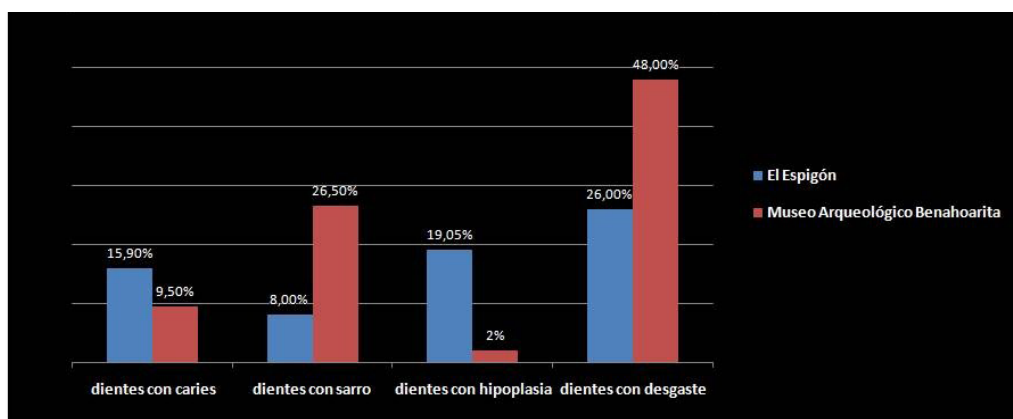
Asumiendo los obstáculos antes reseñados para un razonamiento deductivo científico, si consideramos que es factible plantear una hipótesis diferenciadora basada en estos hallazgos, en cuanto a la comparación de las piezas dentales “dispersas” y las presentes e implantadas en el lecho alveolar. Parece razonable pensar - con las precauciones metodológicas ya recalculadas previamente - que las piezas dentarias presentes en el individuo “momia” presentan un bajo nivel de



caries, un mayor grado de atrición dental y menos hipoplasia ,comparativamente hablando, con respecto al conglomerado de piezas “esparcidas”.

Se ha realizado además un estudio descriptivo del estado dental de las piezas del yacimiento de El Espigón y del resto de las piezas dentales que se encuentran en el Museo Arqueológico Benahorita. Es conveniente advertir, de nuevo, que esta comparación nos sirve, por ahora, solamente para establecer hipótesis que luego deben ser comprobadas en investigaciones posteriores siguiendo más fehacientemente el método científico.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, a nivel meramente descriptivo existen diferencias en algunos aspectos del estado dental al hacer la comparación entre ambos grupos de muestras (piezas de El Espigón y el resto de las piezas del Museo Arqueológico Benahorita), sobre todo en el porcentaje de caries, sarro, hipoplasia y desgastes. Sería deseable ahondar aún más en estas aparentes diferencias en futuras excavaciones, pues de confirmarse implicarían interesantes contrastes de patrones en el ámbito cultural, nutricional y paleoepidemiológico.



Método de Registro: Chimenos et al. "Propuesta de protocolo de valoración de parámetros en Paleodontología". 2001

Gráfica 1: Porcentaje entre las patologías existentes en El Espigón y las piezas que se localizan en las muestras del Mab"

Conclusión

Este trabajo preliminar se muestra como punto de partida de futuras investigaciones que permitirán revelar como vivieron y como murieron los



antiguos pobladores del yacimiento de El Espigón dentro del cantón de Tenagua (municipio de Puntallana). Lo que tenemos claro con este pequeño estudio es que el Barranco de El Espigón fue un sitio óptimo para que un conjunto de individuos, vinculados, probablemente, por lazos familiares, pudieran obtener todos los recursos necesarios para vivir. Las patologías vertebrales y la dentición nos ayudan a entender un poco más sus formas de vida. Así pues, de las vertebrales podemos deducir que los benahoaritas probablemente realizarían actividades donde la cabeza era empleada para llevar carga encima provocando, en muchos casos, una reducción de los cuerpos vertebrales por aplastamiento, algo visible en otras islas del Archipiélago Canario. Por su parte, los dientes nos hablan de una dieta muy abrasiva debido a los desgastes presente. Hay que señalar que los aborígenes Canarios empleaban para moler los cereales molinos de piedras. En definitiva, estamos ante una de las pocas necrópolis de la isla de La Palma donde se entre mezclan los restos momificados y esqueléticos.

Bibliografía

- J. ABREU GALINDO: Historia de la Conquista de Las Siete Islas de Canarias. Editorial Goya. 1977.
- M. P. ALFONSO et al: "Reevaluating Harris Lines – A Comparison Between Harris Lines and Enamel Hypoplasia". Coll. Antropol. 29 (2005) 2: 393–408
- N. ÁLVAREZ RODRIGUEZ: "Estudios de Arqueología funeraria y bioantropología en la Isla de la Palma. Un estado de la cuestión". Estudios generales de la Isla de la Palma. Revista número 5. 2011
- M. ÁLVAREZ SOSA, I. MORFINI: Tierra de Momias. La técnica de eternizar en Egipto y Canarias. Le Canarien. 2014
- D. R. BROTHWELL: "Desenterrando huesos". Fondo de cultura económica. 1987.
- J. E. BUIKSTRA, D. H. UBELAKER (eds.): "Standars for data collection from human skeletal remains". Proceeding of a Seminar at The Field Museum Natural History Organized by Jonathan Hass. Serie nº 44.
- E. CHIMENOS et al: "Propuesta de protocolo de valoración de parámetros en Paleodontología". Gaceta Dental, 102:44-52. 1999
- D. CAMPILLO et al: "Antropología física para arqueólogos". Ariel. 2004
- A. GOODMAN et al: "Enamel Hypoplasias as Indicator of Stress in Three Prehistoric Populations from Illinois". Human Biology. Vol 52. No 3, pp 515-528. 1980.
- W. M. KROGMAN, M. Y. ISCAN: "The Human Skeleton in Forensic Medicine". Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, Usa. 1986.



- A. MEINL et al: "Comparison of the validity of three dental methods for estimation of age at death". International Journal of Forensic Science. 2007
- M. OXENHAM et al: "Frequency, Location, Morphology and Aetiology of Osseous Mandibular Condylar Concavities". Int. J. Osteoarchaeol 16:517-527. 2006
- J. PAIS PAIS, A. TEJERA GASPAR: "La religión de los benahoaritas" .Santa Cruz de La Palma: Fundesculp. 2010.
- G. TURNER et al: "Occupational Dental Abrasion from Medieval Kent". Int. J. Osteoarchaeol. 13: 168-172 (2003)
- J. VELASCO VÁZQUEZ, T. N. RUÍZ GONZÁLEZ, S. SÁNCHEZ PERERA: El lugar de los antepasados. La necropolis bimbape de montaña la Lajura. El Hierro. 2005.



APORTACIONES DE LA PALINOLOGÍA Y LA ARQUEOZOOLOGÍA AL ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE LOS GRUPOS HUMANOS EN EL PALEOLÍTICO SUPERIOR EN EL VALLE GUIPUZCOANO DEL RÍO UROLA: EKAIN, ERRALLA Y AMALDA.

Rodrigo Portero Hernández¹

Resumen:

El presente artículo tiene como objetivo tratar la utilidad que los estudios de arqueobiología presentan para las investigaciones sobre la movilidad de los grupos humanos en el Paleolítico superior. Concretamente, se centra en esbozar los patrones de movilidad de los grupos cazadores-recolectores en el valle del río Urola (Gipuzkoa, Euskadi, España) durante el 19500 cal BP, a través de las correlaciones existentes entre las evidencias palinológicas y faunísticas. Las cuevas seleccionadas para este análisis son Ekain, Erralla y Amalda, situadas todas ellas en el curso medio del río Urola. Con los datos arqueozoológicos y palinológicos correlacionados, se ha procedido a establecer las áreas de captación de los recursos faunísticos de los grupos humanos que habitaron el territorio a estudiar, y se han establecido las relaciones existentes entre los tres yacimientos, presentando un modelo de movilidad adecuado a las características que muestran las variables de cada una de estas cuevas.

Palabras clave:

Arqueozooología, Palinología, Movilidad, Paleolítico superior, Península Ibérica.

Abstract:

The objective of this article is to analyze the use of the studies in archaeobiology for the research about the mobility of the human groups in the Upper Palaeolithic. Specifically, it focuses on outlining the patterns of mobility of the hunter-gatherer groups who inhabited the Urola river valley (Gipuzkoa, Basque Country, Spain) during the 19500 cal BP, using the correlations between the palynological and the faunistic evidences. For this analysis, we have selected the caves of Ekain, Erralla and Amalda, all of them located in the middle Urola River. With the zooarchaeological and palynological evidences correlated, we have proceeded to establish the catchment areas of the faunistic resources consumed by the human groups that inhabited the studied territory, and to establish the relations between the three archaeological sites, presenting a mobility model according to the characteristics of each of the caves.

Key Words:

Zooarchaeology, Palynology, Mobility, Upper Palaeolithic, Iberian Peninsula.

¹Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Salamanca. C/Cerrada de Serranos s/n., 37002. Salamanca.



Introducción

La movilidad, como característica inherente al ser humano, es una realidad dinámica que debe ser estudiada por arqueólogos, prehistoriadores e historiadores en cualquier ámbito de la investigación. Para el caso del Paleolítico, la importancia de los estudios sobre movilidad radica en que los materiales descubiertos a través del registro arqueológico parecen indicar relaciones entre diferentes grupos humanos, como demuestran distintas investigaciones con relación a los utillajes líticos y óseos, al arte, a las materias primas, a las conchas marinas, etc. (ver Álvarez-Fernández, 2006; Cazals y Bracco, 2007; Rivero, 2010).

Estos datos no son los únicos que nos permiten atestiguar la movilidad de los grupos humanos en el Paleolítico superior. Los datos provenientes de la arqueobiología presentan toda una serie de elementos que permiten esbozar los patrones de movilidad de estas gentes. En este caso se utilizan los datos palinológicos y arqueozoológicos publicados de cada una de las cuevas que abarca nuestra área estudio en estrecha correlación. Estas correlaciones permiten, a través los datos palinológicos, reconstruir la cobertera vegetal a través de la cual los animales y los grupos humanos se desplazan en busca de alimento, al mismo tiempo que los datos arqueozoológicos permiten desentrañar la complejidad de las técnicas cinegéticas unidas a una base ambiental y geográfica de un determinado territorio, en este caso el valle medio del río Urola (Gipuzkoa). De esta manera, la información sobre el espacio que rodeó a los grupos paleolíticos, junto con el registro arqueológico, son los objetos de estudio que permiten reconocer los procesos sociales, económicos, culturales, etc., unidos a una base ambiental y geográfica de un determinado territorio; ya que, como señalan M.Á. Fano y O. Rivero (2012: 211), el buen conocimiento de un determinado yacimiento permite plantear hipótesis relevantes con relación a la movilidad y al modo en el que una sociedad gestiona su territorio. Para ello, es necesario contrastar hipótesis y realizar una comparativa entre los distintos sitios arqueológicos de un entorno, con el fin de caracterizar las ocupaciones y establecer un modelo para la dinámica del poblamiento.

Por lo tanto, el objetivo aquí es el esbozar los patrones de movilidad existentes entre Ekain, Erralla y Amalda dentro del marco cronológico del Paleolítico superior. Pero, ¿cómo definimos la movilidad? Podemos aceptar la definición que realizan M.Á. Fano y O. Rivero (2012: 209), quienes la entienden como una propiedad de los individuos y de los grupos sociales, los cuales tienen la capacidad de desplazarse en el espacio según sus deseos, conveniencias y posibilidades, habiendo diferentes grados y tipos de movilidad (exploratoria, logística, residencial, etc.).

En lo referente a la metodología empleada en este estudio, se ha optado por utilizar las cronologías de C14 en años BP (tanto calibradas como sin calibrar), ya



que éstas muestran los momentos en los que estas cuevas cuentan con ocupaciones simultáneas en el territorio.

Marco geográfico y cronológico de estudio

Las cuevas de Ekain, Erralla y Amalda se sitúan en el valle del río Urola (Gipuzkoa), que recorre, de sur a norte unos 59 km de distancia y muere en el mar Cantábrico (Figura 1).

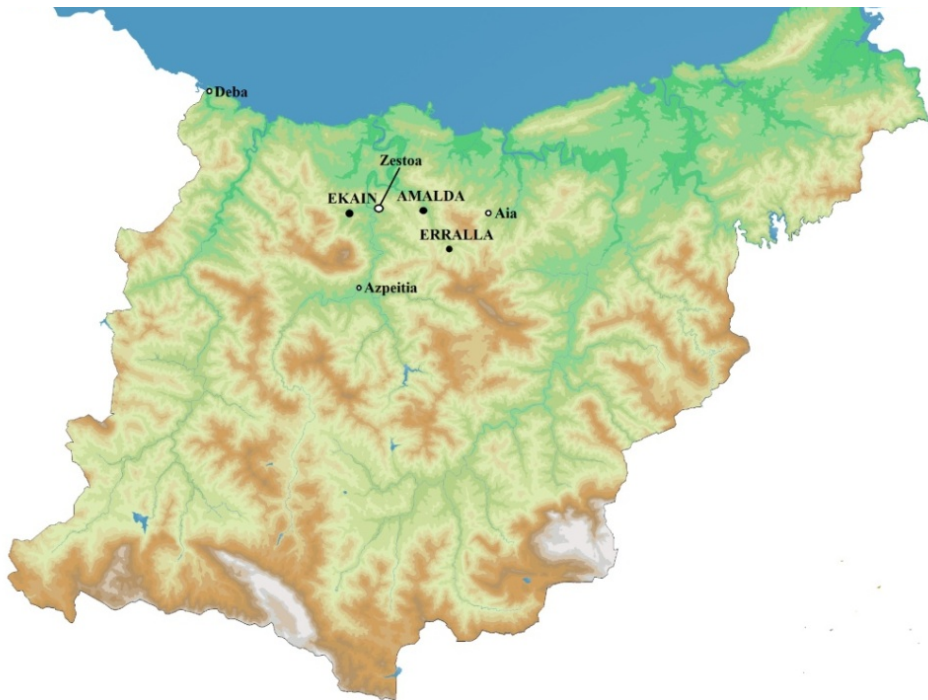


Fig 1. Mapa de la situación geográfica de Ekain, Erralla y Amalda. Fuente: Diputación Foral de Gipuzkoa-Gipuzkoako Foru Aldundia. www.gipuzkoa.eus.

La cueva de Ekain (Deba, Gipuzkoa)

La cueva de Ekain, famosa por sus pinturas rupestres, está situada en la ladera oriental de una colina que lleva su mismo nombre a 90 m.s.n.m. Cercana a ella se encuentran los regatos de Goltzibar y Beliosorerreka, los cuales se unen cerca de su boca formando el arroyo Sastarrain, que desemboca en el río Urola. En la actualidad la costa se sitúa, en línea recta, a unos 7 km de distancia de la cueva (Altuna, 1984a). La secuencia crono-cultural de Ekain para el periodo de estudio abarcaría el Magdaleniense Inferior (Nivel VII).



La cueva de Erralla (Zestoa, Gipuzkoa)

La cueva de Erralla se localiza en el municipio de Zestoa, ubicada sobre el monte Ezkurruaitz, situado en la cuenca de recepción del torrente de Altzolaras, regato que desemboca en el río Urola. El entorno de la cavidad está constituido por una zona escarpada, especialmente en dirección sur y noroeste. Se encuentra a 230 m.s.n.m. y la distancia a la costa actual, en línea recta, es de unos 10 km (Altuna y Areso, 1985). En esta investigación se analiza la información del Magdaleniense Inferior (nivel V).

La cueva de Amalda (Zestoa, Gipuzkoa)

La cueva de Amalda está situada sobre la ladera occidental del valle de Altzolaras, a 205 m.s.n.m. Hacia el este encontramos la cumbre de Pagoeta. La distancia a la costa actual, en línea recta, es de aproximadamente 8 km (Altuna, 1990a). La presente investigación se centra en el nivel IV (adscrito al Solutrense Superior).

Cueva-Nivel	Período	Fecha \pm desviación	Referencia laboratorio	$^{14}\text{C}/\text{AMS}$	Muestra datada	Calibración-Cal. BP
Amalda-IV	Solutrense Superior	17580 \pm 440 BP	(I-II 355)	14C conv.	Hueso (colágeno)	21098 \pm 617
		16200 \pm 380 BP	(I-II 428)	14C conv.	Hueso (colágeno)	19468 \pm 499
		16090 \pm 240BP	(I-II435)	14C conv.	Hueso (Colágeno)	19290 \pm 350
Ekain-VII	Magdaleniense Inferior	16510 \pm 270 BP	(I-12020)	14C conv.	Carbón	19793 \pm 399
		16250 \pm 250 BP	(I-12566)	14C conv.	Carbón	19462 \pm 409
		16030 \pm 240 BP	(I-12224)	14C conv.	Carbón	19213 \pm 311
		15970 \pm 240 BP	(I-12225)	14C conv.	Carbón	19156 \pm 293
		15400 \pm 240 BP	(I-12226)	14C conv.	Carbón	18516 \pm 380
Erralla-V	Magdaleniense Inferior	15740 \pm 240 BP	(I-12540)	14C conv.	Hueso (Colágeno)	18986 \pm 287
		16200 \pm 240 BP	(I-12551)	14C conv.	Hueso (Colágeno)	19407 \pm 390
		16270 \pm 240 BP	(I-12868)	14C conv.	Hueso (Colágeno)	19482 \pm 408

Tabla 1. Cuadro de las cronologías de ^{14}C los niveles seleccionados de Ekain, Erralla y Amalda (a partir de Altuna, 1984, 1985, 1990a).

En lo referente al marco cronológico de estudio, se han utilizado las cronologías de ^{14}C publicadas de cada una de las cuevas (Altuna, 1984, 1985 y 1990a)



(Tabla 1). Destacando un momento de ocupación simultáneo en el territorio en torno al 12000 BP, es decir, cerca del 19500 cal BP² (Figura 2). Esto significa que en torno a esta fecha las tres cuevas situadas en el valle del Urola se encontraban ocupadas por los grupos humanos y, por lo tanto, se puede establecer un marco de movilidad coherente.

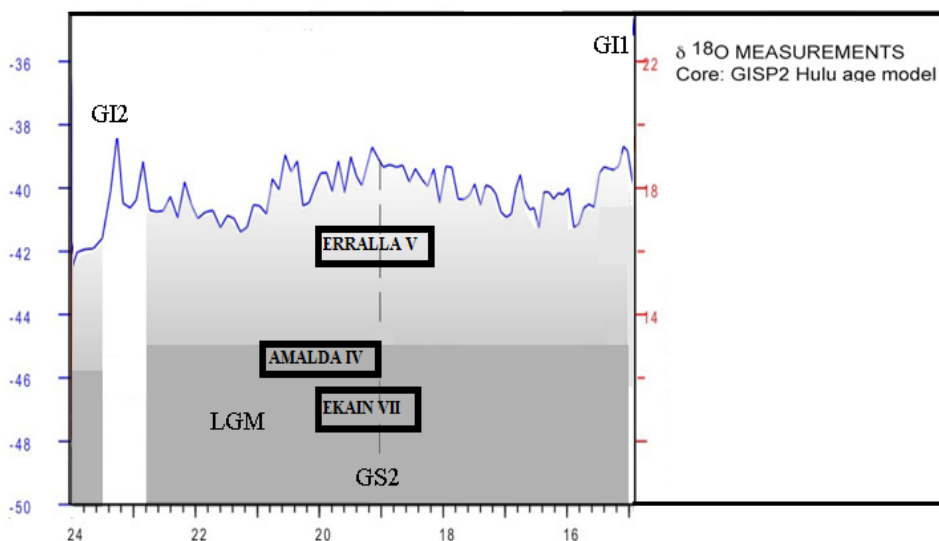


Fig. 2. Calibración de las fechas radiocarbónicas de Ekain, Erralla y Amalda a partir de: CalPal-Hulu (Weninger et al., 2012). LGM: Last Glacial Maximum. GI1: Greenland Interstadial 1. GI2: Greenland Interstadial 2. GS2: Greenland Stadial 2.

Aportaciones de la palinología

La palinología es una ciencia dedicada al estudio de los pólenes y las esporas. La arqueología y la prehistoria se apoyan actualmente en este área de conocimiento para reconstruir, en la medida de lo posible, la flora y buscar indicadores botánicos, climáticos, ecológicos, paleontológicos, estratigráficos y económicos. Por lo tanto, permite al investigador una mejor comprensión del espacio y del territorio en los diferentes periodos de estudio, posibilitando un estudio más amplio de las condiciones ambientales en las que éstos vivieron y permitiendo el avance en el conocimiento del medio que les rodeó. La metodología que se emplea en los estudios palinológicos sigue los siguientes pasos: el muestreo, los tratamientos

² Para la calibración de las fechas radiocarbónicas (BP) en fechas de calendario (cal BP) hemos utilizado el programa CAL PAL (Weninger *et al.* 2012).



físicoquímicos, la determinación y el recuento del polen, la representación gráfica y la interpretación de los resultados (Iriarte, 2011; López, *et al.* 2013).

La Palinología, sin embargo, cuenta con algunas críticas y limitaciones, como la dificultad para reconocer y determinar el polen, la forma de calibrar sus porcentajes, los riesgos de contaminación y las diferentes formas de polinización posibles por causa de insectos, por transporte eólico, etc. (ver Gómez, 1983: 29; López, *et al.*, 2013: 284). Además, los estudios palinológicos en cuevas cuentan con otros problemas añadidos, como son las alteraciones y los desplazamientos post-deposicionales, que hacen difícil su interpretación (Sánchez, 1996), por lo que deben ser valorados antes de realizar las interpretaciones polínicas.

Para este estudio, partimos del hecho de que existe una estrecha relación entre la fauna y la flora y entre éstas y el grupo humano dentro de un plano económico, ya que los animales se mueven en busca de alimento y el grupo humano se desplaza al compás de los recorridos de las manadas de estos animales. La palinología nos va a permitir, a través del estudio porcentual del polen, acercaremos al espacio vegetal del entorno paleolítico mediante la reconstrucción de su cobertura vegetal, observando los procesos de cambio en el tiempo y, posteriormente, su interacción con la fauna, el clima y los grupos de cazadores-recolectores paleolíticos que economizan el medio. Así, se puede investigar la variación de las distintas formas vegetales a lo largo de una secuencia estratigráfica con el fin de apreciar los cambios interactivos que sufren las diferentes especies, observando el aumento y la disminución, la aparición y desaparición de las especies vegetales y, posteriormente, cómo afecta su cambio a la fauna y las estrategias de movilidad de los grupos humanos.

El proceso que hemos seguido en nuestra investigación es similar al realizado por A. Gómez (1983) para la cueva de Tito Bustillo y se detalla a continuación:

1. Establecer los porcentajes de especies que se dan en las muestras polínicas de las tres cuevas, estimar la proporción de campo abierto frente al sector boscoso y observar los porcentajes de cada especie; es decir, establecer una cliserie por muestra.
2. Situar y distribuir cada especie según su mayor o menor predisposición a las condiciones geográficas, geológicas y edafológicas. Tener en cuenta, para la situación de las diferentes especies, la insolación, la altitud, etc., factores que influyen en ellas y que influirán en su situación dentro del valle.
3. Establecer el espectro biológico de las especies en el año. Esto permite conocer cuándo florece y cuándo da fruto cada una de ellas.



Todos estos pasos se aplican al estudio de las tres cuevas en el momento cronológico escogido. El estudio de las cliseries para Ekain, Erralla y Amalda nos permite ver los aumentos y disminuciones de cada una de las especies y cotejar el entorno vegetal de alrededor de las tres cuevas (Portero, 2015). Para la situación en altura de cada una de estas especies optamos por utilizar la cartografía del Instituto Geográfico Nacional (escala 1: 25.000; hojas 63 (IV) Azkoitia y 64 (III) Villabona). Para los mapas geológicos utilizamos los expendidos por el Ente Vasco de la Energía (escala 1: 25.000; hojas 63 (IV) Azkoitia y 64 (III) Villabona). De esta manera se puede valorar el terreno geográfico y geológico a través de una línea recta que una las tres cuevas. A continuación, y con los mapas montados, nos centramos en las especies vegetales que han resultado de los análisis polínicos y les buscamos una ubicación en ellos. Para la ubicación en altura y por condiciones geológicas y edafológicas de estas especies, utilizamos los cinco paisajes de montaña establecidos E. Guinea (1953). Así, a través de esta información situamos las especies con relación a su altura y a su afinidad con los suelos, y establecemos su relación con las zonas de solana y umbría; esto es lo que se denomina “estudio de las catenas”, que nos ofrece datos precisos sobre la situación de las especies sobre el terreno.

Hay que indicar, sin embargo, que las altitudes a las que se representan estas especies posiblemente varíen en épocas de intenso frío; además, el paisaje sufrió una serie de cambios en cada uno de los periodos que hay que tener muy presentes. En general, las nieves perpetuas para el Paleolítico se pueden situar sobre los 1550 m.s.n.m. (Gómez, 1981: 24).

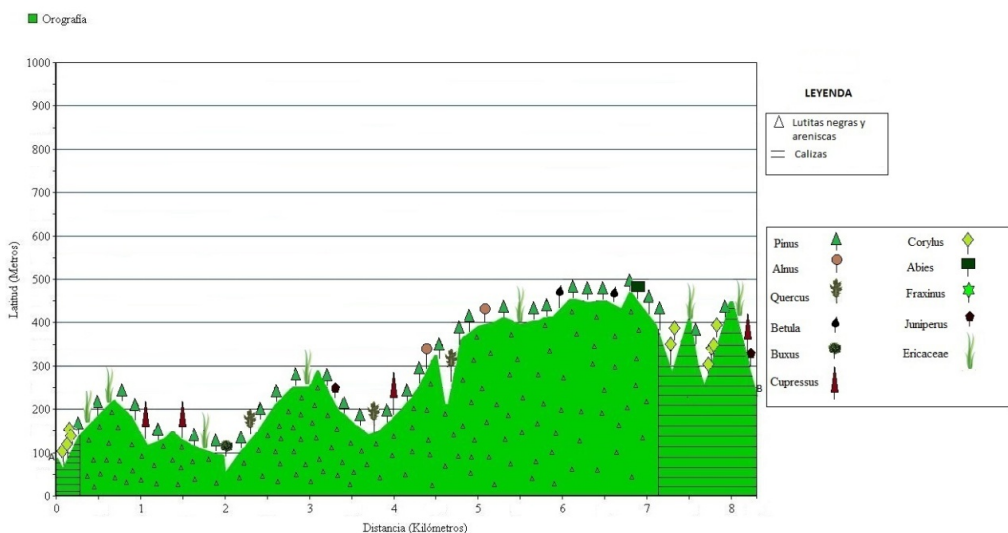


Fig. 3. Reconstrucción de la cobertera vegetal en el corte A-B ca. del 19500 cal BP.



Antes de reconstruir la cobertera vegetal de cada uno de los cortes, quedaría establecer el espectro biológico de las especies más representativas para el estudio, es decir, establecer cuando florecen y dan fruto. Con toda esta información recopilada realizamos una reconstrucción de la cobertera vegetal paleolítica para cada uno de los momentos escogidos. Para ello utilizamos una línea recta que una las tres cuevas en su medio físico y geológico estableciendo 3 distancias: A-B (Ekain-Erralla) 8,3 km; B-C (Erralla-Amalda) 3,9 km; C-A (Amalda-Ekain) 5,6 km y situamos cada especie según lo estudiado. Con esto, reconstruimos el medio vegetal con el que interaccionan la fauna y también el grupo humano en las tres distancias representadas (Figuras 3, 4, 5). A continuación, debemos analizar la fauna para poder establecer la relación fauna-flora y grupo humano dentro del esquema de movilidad.

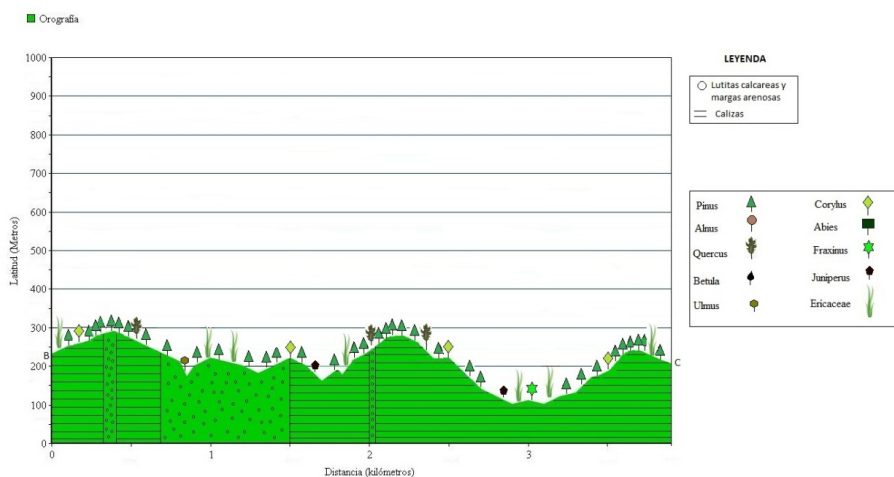


Fig. 4. Reconstrucción de la cobertera vegetal en el corte B-C ca. del 19500 cal BP.

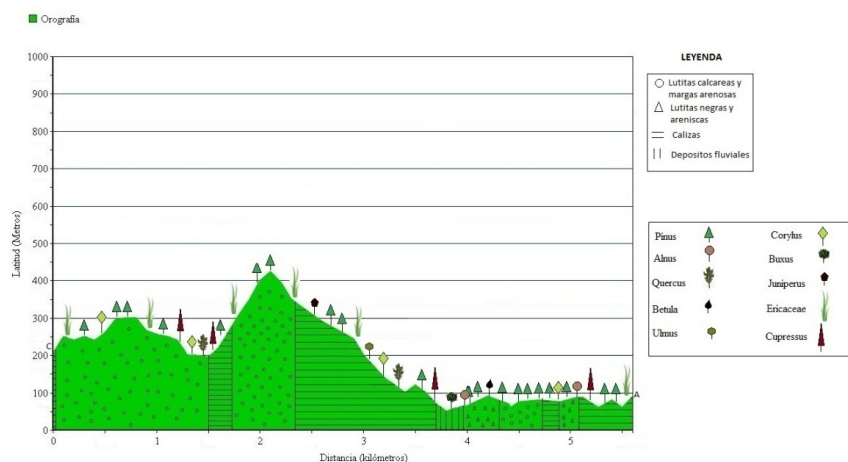


Fig. 5. Reconstrucción de la cobertera vegetal en el corte C-A ca. del 19500 cal BP.



Aportaciones de la arqueozoología

El material arqueozoológico nos ofrece por sí mismo algunos datos de interés. El estudio de los materiales óseos de un yacimiento nos va a posibilitar un mayor conocimiento sobre la estrategia económica y el modo de captación de los recursos alimenticios de origen animal por los grupos humanos. También nos permite conocer las especies que han sido llevadas por dichos grupos al yacimiento fruto de la caza, la recolección o el carroñeo para su consumo, y las que han sido introducidas por otros agentes (aves, carnívoros, etc.).

Algunos estudios sobre fauna actual han permitido determinar la composición de la dieta de determinados animales como el ciervo a través del estudio del nitrógeno fecal (Garín *et al.*, 2001). Con este tipo de estudios y tras haber realizado una reconstrucción de la cobertura vegetal del entorno, se puede determinar en qué cotas de altitud se encuentra una determinada especie a lo largo de todo el año. También hay estudios que han contemplado la situación de estos animales en base a sus migraciones (Gómez, 1983).

De esta forma, se puede establecer un tipo de movilidad en base a la dieta, pero también es posible determinar la ocupación de un yacimiento, es decir, su funcionalidad en relación al tipo de habitación. Esto se realiza a través de determinados marcadores faunísticos, como las aves estacionales. También por extrapolación, basándose en los periodos de nacimiento de una determinada especie, se puede establecer en qué estación del año fueron cazados y deducir la presencia humana en el yacimiento en un determinado periodo (Chaix y Méniel, 2005). El estudio de la fauna también permite documentar relaciones entre yacimientos de una misma región, distinguiendo entre lugares de consumo (campamentos base) y lugares de adquisición (cazaderos) (*op. cit.*: 194-195). Todo esto nos va a permitir realizar un mapa de la captación de los recursos por parte de estos grupos y determinar la duración de la ocupación de estos yacimientos.

Aplicado esto a Ekain, Erralla y Amalda en el valle del Urola, lo primero que hemos hecho ha sido un recuento del material óseo de cada uno de los niveles de estudio de todas las especies encontradas (macromamíferos, micromamíferos, malacofauna, avifauna, etc.) a través de la información faunística publicada y las consideraciones de que sobre ella realizan algunos autores (véase Altuna, 1990b; Altuna *et al.*, 1984, 1985, 2010; Álvarez-Fernandez, 2006; Quesada, 1997, 2012; Yravedra, 2007, 2010). De esta manera, podemos determinar cuáles eran las especies más consumidas por estos grupos dentro del yacimiento y cuales fueron introducidas por otros agentes (carnívoros, aves, etc.) (Portero, 2015).

Los ungulados serían los animales cazados en estas tres cuevas, destacando la caza del ciervo en Ekain, con un 85 % de representación sobre el total de ungulados del nivel VII. Para el caso de Erralla, en el nivel V, el ungulado más



consumido sería la cabra montés que alcanza casi el 90% de representatividad. El nivel IV de Amalda, sin embargo, es uno de los casos más peculiares donde el NR de ungulados parece indicar que la especie más consumida es el sarrio (63% de representatividad), sin embargo J. Yravedra (2007) tras realizar un estudio tafonómico de los restos óseos (marcas de carnicería frente a mordeduras de carnívoro) del nivel IV, concluye que el ciervo siempre sería aportado por los grupos humanos, mientras que la cabra y el sarrio, sólo lo serían de forma esporádica, mientras que en otras ocasiones llegarían allí por otros medios. En un trabajo posterior, J. Altuna y K. Mariezkurrena (2010: 227) apuntan que la presencia de restos de rebeco en este nivel se debe fundamentalmente a la acción humana, y que si sus huesos no conservan más marcas de carnicería es a causa de la gran fragmentación del conjunto faunístico. Por otro lado, Yravedra (2010) propone, en base al amplio porcentaje de marcas de diente en los huesos de sarrio (42%), la gran presencia de elementos axiales y la escasez de marcas de corte, que el aporte de óseo fue realizado en su gran mayoría por carnívoros de entre los cuales el leopardo podría ser el principal responsable. De este modo el ciervo y la cabra adquieren una mayor importancia en el plano de la captación de recursos.

Este tipo de observaciones se realizan sobre todas las especies representadas en cada uno de los yacimientos en estos niveles. Además, los micromamíferos, las aves y algunos ungulados, nos han permitido observar la climatología del momento a través de especies que indican climas fríos o húmedos, pudiendo correlacionarlo con las evidencias climáticas que nos indican los análisis polínicos. Para los niveles seleccionados, entre estas especies encontramos la presencia del topo nival, la perdiz nival o restos de reno (Portero, 2015). También se han tenido en cuenta aspectos como el despiece y la selección de determinadas partes anatómicas de los animales así como la recolección de determinadas especies animales por su carácter decorativo y no bromatológico. Por último, se ha podido realizar una determinación relativa de la ocupación de las cuevas por el espectro de edades que encontramos entre los individuos cazados y por el número mínimo de individuos de estas especies.

Así, para el nivel VII de Ekain, de 44 ungulados, 20 son adultos y 24 juveniles. De los 24 juveniles, 18 son cervatillos, tres son cabritos, dos son crías de sarrio y una es de caballo. De los 18 cervatillos, 16 fueron abatidos durante su primer mes de vida, siendo cazados hacia el mes de junio; los otros dos tenían tres o cuatro meses de vida, por lo que fueron abatidos también en su primer verano o a comienzos del otoño. En el caso de la cabra, sólo se ha podido determinar la muerte en un caso: un cabrito de tres ó cuatro meses, que se cazó en verano o en otoño. Todo esto lleva a J. Altuna y K. Mariezkurrena (1984: 237-238) a afirmar que el carácter de la cueva en este momento es estacional, durante los meses cálidos del año. La mayor parte de los animales (muchos, infantiles) eran traídos enteros.



Para el nivel V de Erralla, los datos muestran como cabra fue cazada durante los meses templados del año, a excepción de uno o dos individuos, que fallecieron en invierno. Por lo que respecta al ciervo, se documentaron cinco dientes de leche y algunos fragmentos óseos de dos individuos cazados durante el primer mes de vida. En el caso de estos dos animales y teniendo en cuenta el número mínimo de individuos, la información sobre el despiece muestra cómo los cuartos traseros y delanteros son los más representados (Altuna, 1995).

En lo referente al nivel IV de Amalda, hay un importante número de individuos infantiles cazados. El ciervo y la cabra serían troceados para ser llevados al yacimiento, mientras que el sarrio sería aportado entero al yacimiento (Altuna, 1990b). En Amalda parece haber discrepancias entre una ocupación estival que se percibe a través del análisis de los ungulados del yacimiento (Altuna, 1990b; Yravedra, 2007), o invernal según los datos sobre la avifauna (Eastham, 1990).

Así, según estas consideraciones, estaríamos ante tres yacimientos de carácter estacional. Sin embargo, hay que comprobar los requisitos que cumple cada uno de ellos, ver la posible especialización y las posibilidades que pueden ofrecer, más allá de los simples datos.

Patrones de movilidad en el valle del Urola

Con todos estos datos buscamos una interrelación de la fauna con el medio vegetal por el cual se desplazan estos animales y los grupos humanos. Esto nos va a permitir comprender mejor el por qué de la elección por parte de los grupos humanos de estos emplazamientos en el valle del Urola y nos va a permitir esbozar una serie de patrones de movilidad. Así, analizando las relaciones existentes entre cada uno de los marcadores estudiados (palinológicos y faunísticos), determinamos los movimientos que realizaban estas gentes en base a la captación de recursos. Para ello buscamos un punto de unión entre la vegetación y las especies animales consumidas por los grupos humanos que nos sirva de punto de partida en la investigación.

Una de las especies más consumidas en los tres yacimientos es el ciervo. El ciervo es un animal forestal que aunque abandone el bosque para comer en el llano, su hábitat óptimo se encuentra en bosques mixtos mezcla de coníferas y árboles frescos. Pero si observamos la proporción del bosque en estos momentos en ninguna de las tres cuevas supera el 11% de representación frente al campo abierto, por lo que su hábitat no se encuentra muy bien representado. Buscamos ahora en la migración de este animal que nos permita ver donde se encuentra en cada momento del año. El esquema de movilidad a partir de las migraciones que propone F.F. Darling para el ciervo en la costa noroeste de Escocia lo encontramos aplicado por A. Gómez (1983: 178) en su estudio sobre Tito Bustillo. Utilizando este mismo esquema en nuestro marco de estudio, nos encontraríamos con que



en los meses de enero a marzo los ciervos estarían en cotas bajas, desde el nivel del mar hasta los 500 m y, por consiguiente, se encontrarían en las tres cuevas estudiadas dado que ninguna supera esta cota de altitud (zona A). En los meses de primavera, el ciervo subiría hacia cotas más altas desde Ekain (90 m) hacia Amalda (205 m) y Erralla (230 m), sobrepasando esta última en busca de altitudes mayores. Durante los meses de verano el ciervo estaría en estas altitudes de más de 500 m (zona B). En octubre haría el recorrido inverso al efectuado en primavera y, por último, en noviembre y diciembre, estaría en las lomas bajas por debajo de los 500 m, localizándose de nuevo en todas las cuevas (Zona A) (Tabla 2).

Enero-Febrero	Lomas bajas: mar - 500 m. (Ekain, Erralla, Amalda)	Estacional Zona A
Marzo-Abril-Mayo	Hacia cotas más altas (Ekain Erralla, Amalda)	Migración-Paso
Junio-Julio	+500 m.	Estacional Zona B
Agosto-Septiembre-Octubre	Hacia cotas más bajas (Amalda, Erralla, Ekain)	Migración-Paso
Noviembre-Diciembre	Lomas bajas: mar -500 m (Ekain, Erralla, Amalda)	Estacional Zona A

Tabla 2. Esquema de movilidad de ciervo aplicado al marco de Ekain, Erralla y Amalda (a través del esquema de Gómez, 1983).

La caza de este animal, según los datos aportados por la fauna, se realizaba en los meses cálidos en los tres yacimientos, es decir, en zonas por encima de 500 m (zona B) y por lo tanto, en lugares alejados de las tres cuevas. En base a estas evidencias, podemos afirmar que el esquema de F.F. Darling no es válido al aplicarlo a esta zona. Las hipótesis que se pueden barajar son que, o bien estos animales fueron abatidos cerca de las cotas por encima de los 500 m y posteriormente transportados a los yacimientos, o bien fueron cazados en momentos de paso hacia cotas más bajas, cuando retornaban a las tres cuevas, restringiéndose si fuese así, la caza, a los meses otoñales.

La respuesta a estos interrogantes puede estar en la base de la alimentación del ciervo actual en el valle del Urola, lo cual pueda ayudar a comprender mejor la relación fauna-vegetación dentro de una geografía particular. Sin embargo, desconocemos estudios de la dieta del ciervo no sólo para nuestra área de estudio, sino también para la región cantábrica. No obstante, se ha investigado la composición



de la dieta del ciervo en la Reserva de Caza de la Garcipollera (Huesca) basándose en el nitrógeno fecal (Garín *et al.*, 2001). Ésta permitió mostrar los tipos de alimentos más importantes en su dieta estacional, determinando que el pino es la planta más abundante. En general, las leñosas también son una parte importante en la misma, sobre todo en los meses de otoño e invierno, cuando las gramíneas y las dicotiledóneas escasean, para ser, estas últimas, en primavera y verano, más consumidas que las leñosas. Las bellotas/hayucos serían también un complemento en la dieta, sobre todo los meses de otoño e invierno.

Esta información la hemos aplicado a nuestra zona de estudio, aun siendo conscientes de que analizamos un área geográfica diferente. Así *ca.* del 19500 cal. BP, las gramíneas serían el alimento principal del ciervo, seguidas por las leñosas (pino y enebro) y las dicotiledóneas, a las que habría que añadir bellotas o hayucos procedentes de robles y encinas. En los meses de primavera y desde el punto de vista nutricional, las tres cuevas ofrecen recursos favorables al ciervo, ya que, pese a no ser un hábitat boscoso, las gramíneas primaverales suplirían en gran medida las necesidades de estos animales. En verano, cuando este animal se encuentra en cotas más altas, el consumo de leñosas y gramíneas disminuye en favor de las dicotiledóneas. En esta estación destacan las ericáceas, cuya presencia es abundante en las tres cuevas. En otoño, las leñosas vuelven a adquirir gran importancia siendo la base de la alimentación del ciervo, reduciéndose en gran medida el consumo de dicotiledóneas y de gramíneas. De nuevo el pino, el enebro y el *Quercus* (que ahora empieza a dar su fruto), serían la base de la alimentación en esta estación. En invierno el esquema es muy parecido al anterior, pero la importancia de las leñosas es aún mayor.

Todos estos datos nos llevan a plantearnos que, pese a que el hábitat óptimo no parece estar muy representado en el bosque, según los datos obtenidos a partir de la dieta el ciervo podría encontrarse en las proximidades de las tres cuevas. Consideramos que su caza podría realizarse perfectamente a lo largo de todo el año, más en Ekain, por sus características orográficas, que en Erralla y Amalda, donde la caza se centra en los animales de roquedo.

Este proceso que aquí se presenta para el ciervo debe realizarse sobre todos aquellos recursos de origen animal consumidos por los grupos humanos. Esto es, el resto de los ungulados cazados, los recursos marinos e incluso, aunque su consumo sea menos probable, de algunas aves (Portero, 2015). También entran dentro de este análisis de movilidad aquellos recursos animales utilizados como objetos de adorno colgantes por estos grupos. Para estas tres cuevas hay que destacar, en el caso de Erralla, dos conchas perforadas (*Littorina saxatilis* y *Nassarius reticulatus*) y un tubo de *Dentalium* sp. Estas dos últimas citadas carecen de valor alimenticio, siendo recogidas en las playas. En Erralla también se documenta un resto de viera (*Pecten maximus*) que vive en aguas profundas, por lo que el fin de su recogida no fue el alimenticio. Seguramente se recogió en la playa una



vez que el animal había muerto. En Amalda, los ejemplares perforados son tres conchas de las especies *Nucella lapilus*, *Trivia* sp. y *Littorina obtusata* (Álvarez-Fernández, 2006). Entre estos objetos de adorno habría que incluir una falange de halcón/rapaz perforada documentada en el nivel V de Erralla (Eastham, 1985). Desconocemos si el animal fue abatido o si este hueso se recuperó de un animal ya muerto. También podrían ser evidencias de objetos de adorno los dos huesos (ulna y metacarpo) de *Tringa totanus*, ya que pudieron recogerse con el fin de obtener las plumas de este animal.

De esta forma, lo que esto nos indica a propósito de la movilidad en el valle del Urola es que los movimientos de estas gentes, en base a la captación de recursos, no fueron sólo de carácter alimenticio, sino también de tipo decorativo, seleccionando determinados materiales para ello y transformándolos después en objetos de adorno.

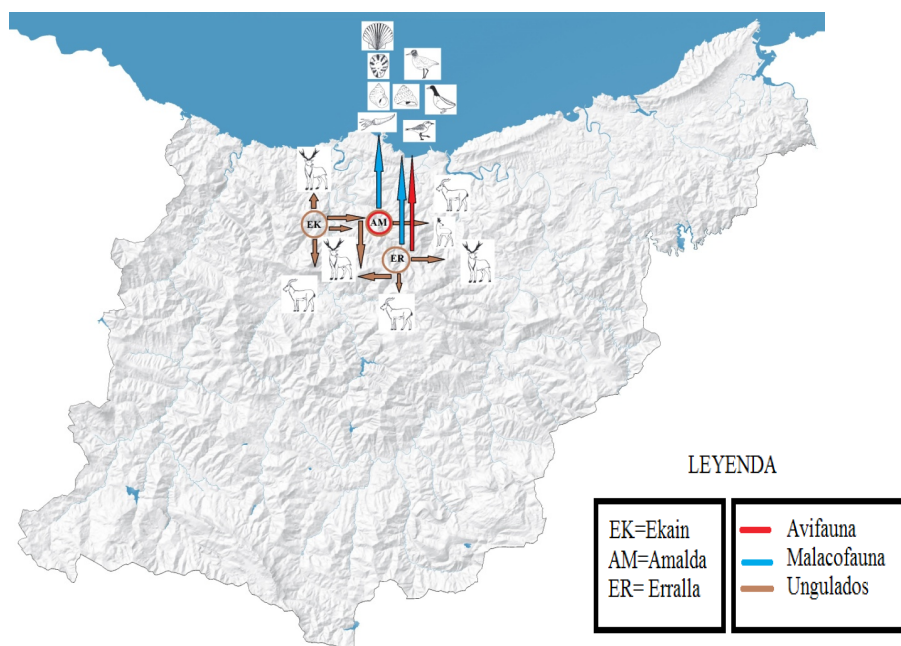


Fig .6. Mapa de captación de los recursos faunísticos ca. del 19500 cal BP. (Fuente del mapa: Diputación Foral de Gipuzkoa-Gipuzkoako Foru Aldundia. www.gipuzkoa.eus).

Con todos los datos hasta ahora correlacionados, podemos realizar un mapa de movilidad de los grupos humanos que habitaron estas cuevas en base a los recursos faunísticos y también esbozar posibles patrones de movilidad en el territorio para ca. del 19500 cal BP (Figura 6). Todos estos patrones que se trazan son los que podemos documentar a través de la información disponible, pero seguramente fueran más amplios en todo el territorio, ya que hay que contar,



por ejemplo, con especies vegetales que podían consumirse en el ámbito de este paisaje. También hay que señalar que no existen en ninguna de las tres cuevas investigadas estudios sobre macrorrestos vegetales que podrían ofrecernos datos de interés en este sentido. Con todo ello, a través del mapa de captación de recursos y los datos que sobre la fauna y la flora poseemos, podemos esbozar los primeros patrones de movilidad para el valle del Urola.

Desde este punto de vista de la movilidad, parece acertado pensar que para *ca.* del 19500 cal BP desde Ekain el grupo abatía a las manadas de ciervos cuando se situaban en zonas bajas cercanas a la cueva, tras lo cual se desplazarían a Erralla en una movilidad horizontal siguiendo las manadas en su proceso migratorio hacia cotas más altas. Establecían así su estancia en Erralla y Amalda, donde la orografía ofrece otro tipo de biotipos faunísticos que eran aprovechados por estas gentes dado su menor coste de adquisición y transporte (cabra y sarrio). Allí se instalarían hasta que las manadas de ciervos invirtiesen su migración hacia cotas más bajas, retornando en estos momentos a Ekain. Esto implicaría que el grupo humano se encontraría en Ekain al menos en los meses de primavera y comienzos de verano (momento en el que abatían a las ciervas parturientas que han quedado rezagadas del grupo), desplazándose en esta última estación hacia Erralla y Amalda, donde en los meses de verano y otoño abatirían animales de roquedo. En los últimos momentos otoñales y principios de invierno, regresarían a Ekain siguiendo las manadas de ciervos.

Esto implicaría la recuperación del biotipo del ciervo en los momentos en los que el grupo se encuentra en Erralla y Amalda ya que, como señala A.B. Marín (2010: 298), el ciervo es la especie más sensible a la presión cinegética, dada su menor tasa de reemplazo, y su extinción repentina podría provocar episodios de hambruna. Se conformaría así una estrategia de caza muy elaborada que permite una mayor explotación del medio.

Por otro lado, con estos datos podemos intentar aproximarnos a la funcionalidad de los tres yacimientos estudiados en torno al 19500 cal BP. Para ello se puede utilizar la clasificación que realiza al respecto P. Utrilla (1994). Aplicada al marco de estudio propuesto (Portero, 2015), Ekain podría ser un santuario o lugar de reunión, ya que posee manifestaciones de arte parietal, muestra una gran habitabilidad, presenta arte mobiliario con variedad de estilos, niveles estratigráficos de gran potencia, y una ocupación estacional en verano. Sin embargo, no cuenta con gran amplitud, ni gran diversidad en su utillaje. Erralla sería un campamento especializado, ya que posee un pequeño tamaño y muestra ocupación estacional, sin embargo, tiene gran variedad de utillaje lítico y óseo, en contradicción con este tipo de asentamientos. Para Amalda es difícil distinguir entre cazadero y campamento base, ya que responde a una gran habitabilidad, diversidad de utillaje y presencia de objetos-adorno, características de un campamento base. Sin embargo, y según J. Yravedra (2007), la cueva posee un carácter estacional,



además de una mala accesibilidad, características de un cazadero estacional (esta última opción es la que nos parece más convincente). El problema de estas categorizaciones es que una cueva puede responder como hemos visto a más de un modelo, dado que no se puede resumir la complejidad de los yacimientos a través de dos variables (cazadero vs. campamentos/santuarios).

Otro tipo de evidencias que permiten afinar más en la determinación de la funcionalidad de cada uno de estos yacimientos las encontramos en las industrias líticas y óseas y las representaciones artísticas. Esto nos ofrecerá una mayor cantidad de datos a interrelacionar y permitirá crear un modelo de movilidad que se ajuste a un marco concreto. También, se puede optar por correlacionar las evidencias con modelos de movilidad ya propuestos por otros autores como Vita-Finzi y Higgs (1970), Binford (1981), Butzer (1989) o Grøn y Kuznesov (2004).

Conclusión

Tal y como se ha venido señalando a lo largo de las anteriores páginas, para valorar el proceso que aquí se presenta queda claro que la palinología y la arqueozoología son dos disciplinas que nos ofrecen toda una serie de datos a interrelacionar, necesarios en el ámbito de la investigación de la movilidad en el Paleolítico superior. Hemos tratado de esbozar la forma en que cada una de estas disciplinas nos aporta su grano de arena en la reconstrucción de las formas de vida de estas gentes permitiéndonos, a través de la estrecha correlación entre ambas, percibir los procesos económicos y sociales que hacen que estas gentes se desplacen por el territorio. Todo ello a través de una escala de análisis reducida (el valle del Urola).

A través de la palinología se han observado las variaciones vegetales a largo de la secuencia estratigráfica de estudio y se ha podido reconstruir la cobertura vegetal del entorno paleolítico en un momento concreto del Paleolítico superior (19500 cal BP). Este es el tapiz vegetal por el que se desplazan los animales y los grupos humanos. En el caso de la arqueozoología, se ha observado cuáles eran las especies cazadas y recolectadas por estos grupos a través de una serie de marcadores, lo cual ha permitido correlacionar las evidencias climáticas de fauna fría con la flora observada en los análisis polínicos; además, se han fijado los movimientos de estos animales (en este caso el ciervo) a través del valle estudiado, y se ha creado un mapa de la captación de recursos de origen animal por los grupos cazadores-recolectores.

A partir de las aportaciones realizadas por cada una de estas disciplinas y la correlación entre ambas, se han esbozado una serie de patrones de movilidad entre las tres cuevas vascas que han sido señaladas a lo largo de estas páginas.

Como apunte final cabría decir que este tipo de análisis, que resultan muy útiles para esbozar estos patrones de movilidad dentro de un marco reducido,



nunca deben tomarse de manera directa y sin ser correlacionados con todas las evidencias posibles que puedan extraerse sobre los yacimientos y será necesario un esfuerzo transdisciplinar para poder llegar a obtener un mayor conocimiento sobre el Pasado de nuestra especie.

Bibliografía

- J. ALTUNA: "Situación de la cueva en su ámbito geográfico. Relación con otros yacimientos prehistóricos del entorno". En J. ALTUNA, y J.M. MERINO (eds.): El yacimiento prehistórico de la cueva de Ekain (Deba, Guipúzcoa). Eusko Ikaskuntza, San Sebastián: 1984a, 9-15.
- (1984b): "Historia de las excavaciones. Descripción del yacimiento. Resumen estratigráfico del relleno. Utilización del espacio. Dataciones absolutas". En J. ALTUNA y J.M. MERINO (eds.): El yacimiento prehistórico de la cueva de Ekain (Deba, Guipúzcoa). Eusko Ikaskuntza, San Sebastián, 17-45.
- (1985): "Dataciones del C14. Comparación con las dataciones de otros yacimientos". *Munibe*, 37, 25-28.
- (1990a): "Situación y descripción de la cueva de Amalda. Historia de las excavaciones. Descripción del relleno. Estructuras en el yacimiento. Dataciones de radiocarbono. Otros yacimientos del valle". En J. ALTUNA *et al.* (eds.): La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco): ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Eusko Ikaskuntza, Donostia. 9-31.
- (1990b): "Caza y alimentación procedente de Macromamíferos durante el Paleolítico de Amalda". En J. ALTUNA *et al.* (eds.): La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco): ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Eusko Ikaskuntza, Donostia, 149-192.
- J. ALTUNA y P. ARESO: "Situación y descripción de la cueva. Historia de las excavaciones. Descripción macroscópica del relleno". *Munibe*, 37 (1985), 11-23.
- J. ALTUNA, A. BALDEÓN y K. MARIEZKURRENA: Cazadores Magdalenenses de la Cueva de Erralla. *Munibe*, 37 (1985).
- (1990): La cueva de Amalda (Zestoa, País Vasco): ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Eusko Ikaskuntza, Donostia.
- J. ALTUNA y K. MARIEZKURRENA: "Bases de subsistencia de origen animal en el yacimiento de Ekain". En J. ALTUNA y J.M. MERINO (eds.): El yacimiento prehistórico de la cueva de Ekain (Deba, Guipúzcoa). Eusko Ikaskuntza, San Sebastián: 1984, 211-280.
- (1985): "Bases de subsistencia de los pobladores de Erralla: Macromamíferos". *Munibe*, 37, 87-117.
- (2010): "Tafocenosis en yacimientos del País Vasco con predominio de grandes carnívoros: consideraciones sobre el yacimiento de Amalda". En E. BAQUEDANO



- y J. ROSELL (eds.): Actas de la primera reunión de científicos sobre cubiles de hiena y otros grandes carnívoros, en los Yacimientos Arqueológicos de la Península Ibérica. Museo Arqueológico Regional (Zona Arqueológica, 13), Madrid, 214-228.
- E. ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ: Los objetos de adorno-colgantes del Paleolítico superior y del Mesolítico en la Cornisa Cantábrica y en el Valle del Ebro: una visión europea. Universidad de Salamanca (colección Vítor 195), Salamanca.
- L.R. BINFORD: "Willow smoke and dog's tails: hunter-gatherer settlement systems and archaeological site formation". *American Antiquity*, 1, 45 (1980), 4-20.
- K.W. BUTZER: Arqueología - una ecología del hombre - . Método y teoría para un enfoque contextual. Bellaterra, Barcelona: 1989.
- N. CAZALS y J.P. BRACCO: "Quelles relations de part et d'autre des Pyrénées durant le Magdalénien?" En N. CAZALS *et al.* (eds.): Fronteras naturales y fronteras culturales en los Pirineos prehistóricos. Universidad de Cantabria, Santander: 2007, 125-142.
- L. CHAIX y P. MÉNIEL: Manual de Arqueozoología. Ariel Prehistoria, Barcelona: 2005.
- M. DUPRÉ: "Palinología de los niveles VII a II". En J. ALTUNA y J.M. MERINO (eds.): El yacimiento prehistórico de Ekain (Deba, Guipuzcoa). Eusko Ikaskuntza, Donostia: 1984, 61-64.
- (1990): "Análisis polínico de la cueva de Amalda". En J. ALTUNA *et al.* (eds.): La cueva de Amalda (Zestoa, País vasco) ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Eusko Ikaskuntza, Donostia, 49-52.
- A. EASTHAM: "The Bird bones in the Cave of Amalda". En J. ALTUNA *et al.* (eds.): La cueva de Amalda (Zestoa, País vasco) ocupaciones paleolíticas y postpaleolíticas. Eusko Ikaskuntza, Donostia: 1990, 239-259.
- M.Á. FANO y O. RIVERO: "El territorio y la movilidad de los cazadores del final del Paleolítico: algunas reflexiones metodológicas". En P. ARIAS *et al.* (eds.): El Paleolítico Superior Cantábrico: actas de la Primera Mesa Redonda, San Román de Candamo (Asturias), 26-28 de abril de 2007. Universidad de Cantabria, Santander: 2012, 207-216.
- C. GAMBLE: Las sociedades paleolíticas de Europa. Ariel Prehistoria, Barcelona: 2001.
- I. GARÍN, A. ALDEZABAL, R. GARCÍA-GONZÁLEZ, J.R. AIHARTZA: "Composición y calidad de la dieta del ciervo (*Cervus elaphus* L.) en el norte de la Península Ibérica". *Animal Biodiversity and Conservation*, 1, 24 (2001), 1-11.
- A. GÓMEZ: "El espacio paleolítico: Cueva Morín". *Zephyrus*, 32-33 (1981), 17-39
- (1983): Formas económicas del Paleolítico superior Cantábrico. Fasc.1. Tito Bustillo. Universidad de Salamanca, Salamanca.



- O. GRØN y O. KUZNETSOV: "What is a hunter-gatherer settlement? An ethno-archaeological and interdisciplinary approach". En P. CROMBÉ (ed.): *Le Mésolithique: Actes du XIVème Congrès UISPP, Université de Liège, Belgique, 2-8 september 2001*. BAR International Series 1302, Lieja: 2004, 47-53.
- E. GUINEA: *Geografía botánica de Santander*. Diputación provincial de Santander, Santander: 1953.
- M.J. IRIARTE: "Polen y vegetación en la secuencia estratigráfica de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia)". En J.C. LÓPEZ-QUINTANA (dir.): *La Cueva de Santimamiñe: revisión y actualización (2004-2006)*. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia (Kobie, 1), Bilbao: 2011, 321-341.
- J.A. LOPEZ-SÁEZ; M.J. IRIARTE; F. BURJACHS: "Arqueopalinología". En M. GARCÍA-DÍEZ y L. ZAPATA (eds.): *Metodos y técnicas de análisis y estudio en arqueología prehistórica. De lo técnico a la reconstrucción de los grupos humanos*. Universidad del País Vasco, Bilbao: 2013, 273-289.
- A.B. MARÍN: *Arqueozoología en el Cantábrico Oriental durante la transición Pleistoceno/Holoceno. La cueva del Mirón*. Universidad de Cantabria, Santander: 2010.
- R. PORTERO: *La movilidad de los grupos humanos en el valle del río Urola a finales del Paleolítico superior (ca. del 19500 y del 14000 cal BP): Ekain, Erralla y Amalda*. ArtGerust, Madrid: 2015.
- J.M. QUESADA: "La caza en el Solutrense Cantábrico: una nueva perspectiva", *Zephyrus*, 50, (1997), 3-36.
- O. RIVERO: *La movilidad de los grupos humanos del Magdaleniense en la Región Cantábrica y los Pirineos: una visión a través del arte*. Universidad de Salamanca, Salamanca: 2010, (Tesis Doctoral Inédita).
- M.F. SÁNCHEZ: "Les changements climatiques du Paléolithique Supérieur. Enquête sur le rapport entre paléoclimatologie et Préhistoire". *Zephyrus*, 49 (1996), 3-36.
- P. UTRILLA: "Campamentos-base, cazaderos y santuarios. Algunos ejemplos del Paleolítico peninsular". En J.A. LASHERAS (ed.): *Homenaje al Dr. Joaquín González Echegaray*. Monografías del Centro de Investigación y Museo de Altamira, Ministerio de Cultura, Madrid: 1994, 97-113.
- C. VITA-FINZI y E.S. HIGGS: "Prehistoric economy in Mountain Carmel area of Palestine: site catchment analysis". *Proceedings of Prehistoric Society*, 36 (1970), 1-37.
- B. WENINGER; O. JÖRIS; U. DANZEGLOWE: *Cologne Radiocarbon Calibration & Paleoclimate Research Package*. University of Cologne, Cologne: 2012.
- J. YRAVEDRA: "Nuevas contribuciones al comportamiento cinegético de la Cueva de Amalda". *Munibe*, 58 (2007), 43-88.
- (2010): "Tafonomía en la cueva de Amalda: la intervención de carnívoros. En E. BAQUEDANO y J. ROSELL (eds.): *Actas de la primera reunión de científicos sobre*



cubiles de hiena y otros grandes carnívoros, en los Yacimientos Arqueológicos de la Península Ibérica. Museo Arqueológico Regional (Zona Arqueológica, 13), Madrid: 2010, 175-184.



LOS YACIMIENTOS CON ENTERRAMIENTO EN SILO. UNA APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS FUNERARIAS DURANTE LA PREHISTORIA RECIENTE EN LA CAMPIÑA LITORAL Y BANDA ATLÁNTICA DE CÁDIZ. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Adolfo Moreno Márquez¹

Resumen

El estudio de los enterramientos neolíticos, muestra una serie de problemas de muy diversa consideración, como son cronologías, tipología, ideología, etc. Entre las diferentes estructura de enterramiento, las inhumaciones en silo son las que generan una mayor problemática. Con el presente trabajo se pretende llevar a cabo un estado actual de la cuestión en el extremo sur de la Península Ibérica (Bahía de Cádiz). Se presenta los yacimientos con enterramiento en silo de esta zona, donde los estudios de los restos óseos han sido los grandes olvidados.

Palabras clave

Bahía de Cádiz, neolítico, bioarqueología, practicas funerarias, desigualdad social.

Abstract

The study of neolithic interments, shows a series of problems very diverse consideration, such as chronologies , typology , ideology, etc. Among the different structure burial burials in silo they are generating more problematic. With the present work it is to carry out a current state of affairs in the south of the Iberian Peninsula (Bay of Cadiz). With burial deposits is presented in silo this area, where studies of skeletal remains have been the forgotten .

Key words

Bay of Cadiz, Neolithic, bioarcheology, burial practices, social inequalities.

Introducción

El estudio antropológico de los restos óseos procedentes de estructuras funerarias localizadas en la Campiña Litoral y Banda Atlántica de Cádiz, es el eje central de la tesis doctoral que actualmente me encuentro desarrollando. Por tanto y como indica el título, este trabajo muestra los yacimientos con enterramiento en silo que se localizan en esta zona, con el fin de mostrar diferencias y simili-

¹ Investigador Grupo PAI-HUM 440. Predoctoral Universidad de Cádiz.
adolfo.morenomarquez@gmail.com



tudes entre ellos y que servirán de base para posteriormente realizar el estudio antropológico de sus restos óseos humanos. Durante las últimas décadas, se han localizado una serie de yacimientos arqueológicos de época prehistórica con enterramientos, que vienen a aportar nuevos datos para la comprensión global del mundo funerario. Desde un punto de vista, se estudian las tipologías de las estructuras de enterramientos: dólmenes, fosos, silos, cuevas naturales, cuevas artificiales o cista; así como el estudio del contenido de la propia estructura: inhumación individual o colectiva, primaria o secundaria, el tipo de ajuar que presenta, etc. A ello se pretende aportar mediante la investigación que se está llevando a cabo, el estudio antropológico de los restos óseos, el cual en décadas anteriores los huesos eran “uno de los olvidados” ya que pasaban a un segundo plano a diferencia de la cerámica, la industria lítica u otros objetos. El análisis en conjunto de todos estos puntos, aporta una gran información y ayuda a comprender los posibles cambios internos en las sociedades prehistóricas y aparte, muestra las desigualdades sociales que trasciende más allá de la muerte (Moreno, 2015:113).

Los registros funerarios en silo en la Campiña litoral y Banda Atlántico de Cádiz. Estado de la Cuestión.

Entre mediados y finales del Vº milenio y segunda mitad del IVº milenio a.n.e. los grupos poblacionales comienzan a establecerse de manera permanentes en zonas concretas con el fin de controlar el territorio y los diferentes bienes de consumo (Ramos y Cantalejo, 2015). Esto favoreció progresivamente el aumento y control de la explotación agrícola y a su vez al reparto de estos bienes generados, propiciando una serie de contradicciones sociales y siendo el germen de las primeras desigualdades sociales (Nocete, 2001). Con el fin de almacenar estos bienes, se construyen unas estructuras en el subsuelo a modo de contenedor, a las que se le ha denominado silos. En algunos casos, cuando estas estructuras pierden su función inicial de almacenaje, son reutilizadas como estructuras de enterramientos, donde se localizan inhumados una gran parte del grupo poblacional. Es muy significativo que dichos enterramientos no suele aparecer con un ritual claro, como ocurriría en otro tipo de estructuras que son construidas para un único fin, como son los dólmenes, las cuevas o las fosas. Esto se justifica debido a que en muchas ocasiones los restos humanos aparecen revueltos con otros materiales como son cerámica, industria lítica o fauna, pero sin ningún tipo de ajuar característico. La presencia de fauna en los enterramientos, generan diversas hipótesis, sobre todo en los restos que aparecen con marcas de corte y/o desarticulados, siendo una clara muestra de consumo de carne animal por parte de estas poblaciones (Nocete, 2001); mientras que los restos de animales que aparecen completos o sin marcas de consumo, son más entendidos como el resultado de rituales relacionados por estos grupos. Por la contextualización de ciertas estructuras, tienen una clara función de fundación



y vinculación al terreno apropiado, no solo como lugar de explotación agrícola, sino también como una afirmación de la propia posición en los inicios de la jerarquización (Cámara, 2001; Lizcano y Cámara, 2004; Cámara *et al.*, 2010: 315).

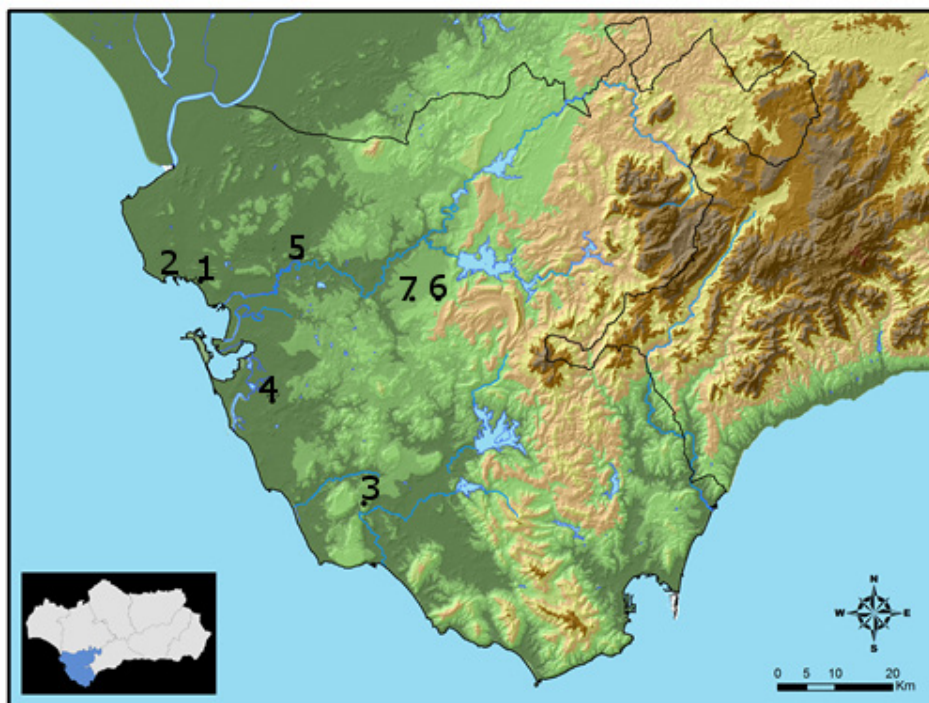


Figura 1. Mapa de la distribución de los yacimientos con enterramientos en silo.

En conclusión, es posible que en ocasiones, no se trate de enterramientos intencionados; mientras que en otras sí se observa claramente una intencionalidad y por ello se entiende como una manifestación funeraria con un cuidado ritual. Esta problemática se deriva claramente en la intencionalidad de los enterramientos en estas estructuras (Márquez y Jiménez, 2010:233). En la Campiña Litoral y Banda Atlántica de Cádiz (figura 1) los yacimientos con enterramientos en silo que se conocen son: **Las Viñas-Cantarranas** (Figura 1:1) (Puerto de Santa María) (Ruiz y Ruiz, 1986), **Base Naval de Rota** (Figura 1:2) (Puerto de Santa María) (Ruíz y Ruíz, 1987), **SET Parralejos** (Figura 1:3) (Vejer de la Frontera) (Villalpando y Montañés, 2009), **La Esparragosa** (Figura 1:4) (Chiclana de la Frontera) (Pérez *et al.*, 2005), **El Trobal** (Figura 1:5) (Jerez de la Frontera) (González, 1986), **El Jadramil** (Figura 1:6) (Arcos de la Frontera) (Lazarich, 2003) y **Necrópolis las Valderas** (Figura 1:7) (Arcos de la Frontera) (Corzo, 1983). Por tanto no se pueden considerar como algo poco presente en la zona (Moreno, 2015:115).



Yacimientos con enterramientos en silo en la Campiña y Litoral Banda Atlántica de Cádiz

Las Viñas-Cantarranas (El Puerto de Santa María, Cádiz)

Ubicación

Ambos yacimientos se localizan en el término municipal de El Puerto de Santa María y forman parte de un conjunto de yacimientos muy próximos entre sí de cronología prehistórica.

Historia de la investigación

Este conjunto de yacimientos fueron excavados a lo largo de los años 80 y se dividen en 3 áreas: una zona de taller donde se han documentado un considerable número de piezas líticas con un claro predominio de la industria microlítica, junto con la presencia de hachas, molinos barquiformes, piedras de moler y machacadores circulares, (siendo claras evidencias de la funcionalidad agrícola); otra área de fondos de cabañas y una tercera área correspondiente a las estructuras siliformes (silos). Respecto a la cerámica, se localizan algunos fragmentos decorados (incisa y pintada) (Ruíz, 1986:98). Este poblado sufre una ocupación intensa durante el tránsito de los períodos Neolítico-Calcolítico (Ruíz, 1986:98).

Las propuestas de sus investigadores, es que la zona excavada y estudiada es parte de un amplio complejo fundamentalmente calcolítico que se sitúa a lo largo de la línea de costa y en torno posiblemente al arroyo Salado, con el fin de obtener recursos agrícolas a la vez de una fuerte dependencia del mar como fuente de recursos y base alimenticia. Los restos alimenticios, lo constituyen principalmente moluscos en general junto con restos óseos de cápridos y bóvidos (Ruíz, 1986:99).

Enterramiento

Uno de estos silos estaba ocupado por un enterramiento colectivo en posición fetal y con ajuar cerámico. A pesar de contener una inhumación completa, aparecieron fragmentos de cráneo correspondientes a otros dos individuos (Ruiz, 1986).

Base Naval de Rota (El Puerto de Santa María, Cádiz)

Ubicación

Este yacimiento está situado en terrenos de la Base Naval de Rota, pero en el término municipal del Puerto de Santa María, muy próximo a los yacimientos de



“Las Viñas- Cantarranas”. Su cercanía al mar, le convierte en un punto muy estratégico (Ruiz y Ruiz, 1989).

Historia de la investigación

Fue excavado durante el mes de julio de 1986 a causa de unas obras de construcción de viviendas militares próximas a la zona de la Base Naval de Rota. Debido al desmonte del cerro se localizaron diversas ocupaciones: una necrópolis romana con 15 tumbas; y doce silos de época prehistórica. Los silos estaban agrupados en pequeños conjuntos de tres o cuatro (Ruiz y Ruíz, 1989).

Estructuras funerarias y ajuar.

Se localizó un silo con un enterramiento en posición fetal, junto con varios huesos largos no correspondientes a ese primer individuo (figura 2). El ajuar se caracterizaba por la presencia de industria lítica (microlámina) y cerámica (platos de bordes almendrados) las cuales tienen las mismas tipologías que las aportadas con otro yacimiento del mismo horizonte cultural y cercano, como es Cantarranas. Esta similitud, también se observa en las propias estructuras de silos (Ruiz y Ruiz, 1989:9).



Figura 2. Sección del silo con inhumación (Ruiz y Ruiz, 1989: 9).



La Esparragosa (Chiclana de la Frontera, Cádiz)

Ubicación

Se encuentra a escasos kilómetros del casco urbano de Chiclana de la Frontera. Es un asentamiento al aire libre situado en el extremo oriental de la Bahía de Cádiz, en plena campiña litoral. Se localizaría en una plataforma sobre el río Iro, formado por un conjunto de arenas amarillas de época del Plioceno (Pérez *et al.*, 2005).

Historia de la investigación

Se realizó una campaña de excavación en 2002, donde se excavaron 9 estructuras siliformes, destacando sus secciones acampanadas y cilíndricas y localizando un material arqueológico propio de finales del IVº milenio a.C. La cerámica está compuesta por cuencos variados, ollas, fuentes carenadas, etc. Entre la industria lítica destacan lascas internas, levallois y hojas, junto con varios fragmentos de piedras de molinos y moletas así como de pulimentos; hay que destacar la presencia de restos de lustre de cereal en varias hojas con retoques de uso, lo que confirma una importante actividad agrícola. Se realizaron varios análisis de funcionalidad sobre las hojas de láminas, mostrando rastros de uso similar a actividades como el escamado y fileteado, posiblemente usadas como “cuchillos para pescado” (Pérez *et al.*, 2005). En el año 2004 se realizó una nueva intervención arqueológica donde se excavaron 108 estructuras (silos, fosos y basureiros) correspondiendo la mayor parte de ellos a época Calcolítica, aunque 17 de ellas contenían material de época Neolítico Final (Pérez *et al.*, 2005).

La Esparragosa es un poblado sedentario con una importante actividad agrícola y ganadera que se ve complementada por su proximidad al mar con diferentes tareas marítimas. Su adscripción, a finales del IV milenio B.C. (datación BP: 5255±433- Laboratorio: MAD-3961), se da en base a dos dataciones de Termoluminiscencia efectuadas sobre muestras cerámicas (Ramos (coord.), 2008: 344).

Estructuras funerarias y ajuar.

En la campaña de 2002, se localizó un enterramiento en una estructura con un diámetro mayor que el de los silos. En él se documentó un individuo en conexión anatómica y en posición encogida. Lo más significativo es que estaba el individuo completamente cubierto por 477 *Ruditapes decussatus* (almejas) (muchas de ellas aún cerradas) (figura 3) (Vijande, 2006).





Figura 3. Detalle enterramiento (Vijande, 2006).

SET Parralejos (Vejer de la Frontera, Cádiz)

Ubicación

El yacimiento se localiza en un cerro próximo a la localidad de Vejer de la Frontera (Cádiz), en la antigua zona de la laguna de La Janda. Desde él se controla los espacios naturales delimitados por las cuencas de los ríos Barbate y Salado, así como la franja litoral (Villalpando y Montañés, 2009).

Historia de la investigación

El hallazgo del sitio arqueológico se produjo en el año 2008, durante los trabajos de control de movimiento de tierras de la subestación eléctrica Parralejos. Durante los trabajos arqueológicos se excavaron 33 silos de un total de los 58 localizados, con una tipología de sección cilíndrica, acampanada, pozos y “falsos silos o cubetas” (Villalpando y Montañés, 2009). Entre los materiales cerámicos encontrados se constatan cuencos (variados, de casquete esférico, semiesférico y escudillas), ollas (de paredes entrantes y de perfiles oblongos y globulares) y fuentes carenadas (propias de contextos del IVº milenio a.C.). Mientras que la industria lítica tallada se caracteriza por su tipología laminar: perforadores, escotaduras, denticulados, láminas de dorso, buriles, foliáceos de punta de aleta y pedúnculo. También hay presencia de hachas, azuelas, moletas y molinos de mano (Villalpando y Montañés, 2009; Cuenca et al., 2013).



Por su proximidad al mar, se ha localizado el consumo de la misma, mostrando un predominio de especies bivalvas, destacando *Ruditapes decussatus*. Entre este material hay al menos un ejemplar de *Zonaria pyrum*, en el que se observa una manipulación antrópica para ser usado como adorno (Cuenca et al, 2013).

Se realizaron diversas dataciones de C-14, que oscilan entre 3522 y 3014 cal. a.C. (Laboratorio: CNA-649) (Villalpando y Montañés 2009).

Estructuras funerarias y ajuar

En relación a las prácticas funerarias cabe señalar la documentación de 11 individuos enterrados en cierto modo de manera secundaria (existen evidencias de algunos miembros en posición anatómica) repartidos entre 4 estructuras de silo, en sucesivas unidades estratigráficas. El silo más significativo es el 106, donde se documentaron cinco individuos en sucesivas unidades estratigráficas (figura 4). No se documentó ningún elemento de ajuar (Villalpando y Montañés, 2009).



Figura 4. Detalle enterramiento (Villalpando y Montañés, 2009).



El Trobal (Jerez de la Frontera, Cádiz)

Ubicación

El yacimiento se encuentra muy cercano a la población de Nueva Jarilla y a unos 13 km. al Nordeste de la localidad de Jerez de la Frontera, en la cercanía de la antigua llanura diluvial de Caulina (González, 1986:80).

Historia de la investigación

En 1984, debido a la actividad industrial de una cantera cercana, se dejó al descubierto una estructura de tipo siliforme y donde se conservaba parte de un cráneo, un cuchillo de cobre, algunos punzones de hueso y materiales cerámicos y líticos. Este material permitió encuadrarlo cronológicamente en un horizonte de Calcolítico Pleno. Debido a la apertura de nuevas zonas de trabajo en la cantera, se obligó a la realización de la campaña de excavación con el fin de salvar el yacimiento entre 1985 y 1986, donde se localizaron y excavaron 40 estructuras siliformes con una cierta concentración por núcleos. Predominan los de perfil acampanado y planta circular, aunque es difícil fijar la profundidad, ya que, muchas estructuras habían sido afectadas por la maquinaria en la parte superior. El contenido de los rellenos muestran es variado: tierra, pequeños carboncillos, restos de adobes y aglomeraciones de piedras (González, 1986:82).

La cerámica es a mano y alisada, aunque algunas aparecen bruñidas: cazuelas carenadas, vasos de cuerpo esférico y paredes verticales, ollas globulares y platos. En cuanto a la industria lítica, en su mayoría, está realizada en sílex (las lascas de talla, las hojas y láminas de sección triangular y trapezoidal) también aparecen perforadores sobre lámina, raspadores, algún buril y tan sólo dos puntas de flecha (una de base cóncava y otra con un cierto desarrollo de las aletas). También aparecen fragmentos de hachas, molinos y manos de moler, machacadores, bruñidores o alisadores, etc. (González, 1986:86).

Estructuras funerarias y ajuar

De las cuarenta estructuras excavadas, solo cuatro contenían restos óseos humanos con diferentes disposiciones internas. Tanto la estructura Z-1(1,70 m. de diámetro de base, 1 m. de profundidad y aproximadamente 0,50 m. de anchura de boca), como la estructura B, (con 3 m. de ancho por 1,50 m. de altura) comparten la similitud de que los restos óseos aparecen en el fondo de la estructura, entremezclados con huesos de animales y materiales cerámicos y líticos (González, 1986: 82).

En cambio, la estructura X - 1 está constituida por dos silos comunicados entre sí y de planta circular. Se desconoce si son silos germinados intencionados



o se hundió la pared, que los separaba. Ambos contenían enterramientos. En el denominado X- I .A, (el silo más profundo) se registran dos niveles de enterramiento: un primer nivel con una gran concentración de huesos humanos sin ninguna conexión anatómica (entre los que se han localizado cuatro cráneos) y bajo esta y prácticamente sobre el suelo de la estructura, se depositó una inhumación colocado en decúbito lateral, con la cabeza apoyado sobre el miembro superior derecho, y el izquierdo sobre el tronco y los miembros inferiores ligeramente flexionados. Junto al cráneo apareció un recipiente cerámico completo. Por todo el silo, se observaban restos de fauna, (destacando sobre todo mandíbulas). Mientras que el silo X- I. B (el menos profundo) sólo se detectó un nivel de enterramiento, casi en la base. Por una parte un individuo con cierta conexión anatómica, pero incompleto; y aparte, aparece un amontonamiento de restos observándose huesos largos y un cráneo (González, 1986: 83).

Otra estructura, es la denominada LL, la cual es la más llamativa desde el punto de vista del ritual funerario. Es de forma abovedada y con unas dimensiones aproximadas de 2,10 m. de diámetro de base y 1 m. de potencia. La boca, muestra indicios de haber estado sellada, por una gran acumulación de piedras en un lateral. En la base de la estructura fueron depositados tres individuos, en torno a las paredes del silo (a modo de círculo), estando dos de ellos en posición fetal y otro con los miembros inferiores ligeramente encogidas; mientras que en el centro se observa una importante acumulación de huesos de animales (suidos y ovicápridos). Esta deposición de los restos es una clara manifestación de intencionalidad. Junto a estos se encontraba una vasija cerámica entera, una piedra de molino barquiforme y algunos útiles líticos. (González, 1986: 84).

Necrópolis Las Valderas (Arcos de la Frontera, Cádiz)

Ubicación

Se localiza en la campiña de Arcos de la Frontera (Lazarich et al., 2001).

Historia de la investigación

Se localizó a comienzos de los años ochenta, debido a unas obras de ensache de una carretera, cuando la maquinaria sacó a la luz seis estructuras siliformes excavadas en la roca arenisca y de morfología acampanada. Su excavación estuvo a cargo de un equipo del Museo Provincial de Cádiz, los cuales solo pudieron documentar y recuperar los materiales que contenían dichos silos. Las estructuras de silos eran: I y II (germinados); mientras que los silos III, IV, VI, VII y VIII son estructuras aisladas aunque cercanas las unas a las otras. Estos últimos contenían diferentes materiales como: cerámica (restos amorfos acompañados de un machacador manchado de óxido de hierro y fragmentos de galbos cerámicos), junto



con dos lascas, una lasca interna de sílex y una de semidescortezado en cuarcita (Lazarich et *al.*, 2001: 86).

Estructuras funerarias y ajuar

En los silos (I y II) se localizaron restos de al menos tres individuos, junto a tres vasijas (una de ellas carenada) y un fragmento de plato que conserva un marmelón al que se le realizaron cuatro perforaciones (ajuar). En el filo de la estructura se documentaron una serie de materiales asociados a esta estructura como son: dos grandes azuelas de dolerita tallado y pulimentada y junto a ella un puñal o alabarda tallada en sílex y un objeto de hueso (probable empuñadura o parte del mango). También se hallaron dos hojas-cuchillo, tres puntas de flecha de base cóncava y aletas poco marcadas en sílex y un fragmento de lámina de cristal de roca. Más alejado a estas, (fuera del silo, en superficie) se encontraron una hoja-cuchillo que muestra en su extremo distal un raspador (Lazarich et *al.*, 2001: 83). Por otro lado, en el silo VI se encontraron restos humanos pertenecientes, al menos a un individuo y junto a ellos se localizaron dos hojas cuchillo, un fragmento de hojita, un puñal de sílex, un plato completo, un pequeño vasito y varios fragmentos amorfos (Lazarich et *al.*, 2001: 83).

El Jadramil (Arcos de la Frontera, Cádiz)

Ubicación

El yacimiento está ubicado a unos 5 km. de la localidad de Arcos de la Frontera y cercano a la sierra de Gibalbin. El cerro de El Jadramil, está formado por areniscas calcáreas. La zona se caracteriza por ocupar pequeños cerros, con un buen control de visibilidad y una buena zona de aprovechamiento agrícola (Lazarich, 1999: 80).

Historia de la investigación

Se tiene noticias del asentamiento hacia primeros del siglo XX, haciendo referencia a unos túmulos que contenían restos humanos. Ya a mediados de los años ochenta debido a una serie de obras cercanas al yacimiento aparecieron una gran cantidad de material de diferentes cronologías: cerámicas e instrumentos líticos de sílex de época calcolítica y vasijas de época ibérica y romana. Debido a que la zona era utilizada como cantera de áridos en 1991, se realizó un control de superficie donde se localizaron diferentes estructuras siliformes (algunas con enterramientos). Debido a la continua explotación de la cantera, un año después, se continuaron con las excavaciones en tres zonas: I y II donde se localizaron diversas estructuras subterráneas calcolíticas; y en la zona III donde se localizó



una necrópolis tardorromana con seis sepulturas. Finalmente, se reanudaron las actividades arqueológicas de urgencia hallándose diversas estructuras de la Edad del Cobre. En 1997, se llevó a cabo la última intervención de urgencia, poniendo al descubierto de nuevo enterramientos (ocho sepulturas de incineración) de los siglos I^o-II^o d. C. (Lazarich et al., 1999: 82).

Estructuras funerarias y ajuar

Se localizan varias necrópolis: Prehistórica y Tardorromana. Debido a los parámetros del presente trabajo solo nos centraremos en la Prehistórica. Esta fue localizada durante la primera campaña (1991) al ser arrasadas por las máquinas de la cantera. Los investigadores, dudan sobre si fueron las únicas estructuras, ya que, gran parte del yacimiento había sido destruido. Por tanto de los silos I y II solo quedaban muy pocos restos óseos junto con dos azuelas pulimentadas, una hoja de cuchillo y tres microlitos geométricos; mientras que del segundo, se localizaron varios fragmentos de hueso y un ajuar formado por un microlito geométrico, una punta de flecha (fracturada), dos lascas internas, una lasca de descortezado y varios fragmentos de cerámica bruñida y sin decorar (Lazarich, 2003:141-143).

El único silo que pudo ser excavado en su totalidad fue el 3, en el que se observaron restos con una coloración rojiza (ocre) y donde se documentaron cuatro individuos: Un primer individuo colocado en el lado Noroeste y en cúbito supino y con un ajuar compuesto por hojas-cuchillos con retoques de uso, trapezoides y hachas y azuelas pulimentadas y algunas vasijas globulares; un segundo individuo sin una clara conexión anatómica, junto con unas hojas-cuchillos de sílex y algunos fragmentos de cerámica. Tras ellos aparecía una capa de tierra cubriendo todo el espacio. El tercer individuo fue localizado en posición fetal y sin ningún ajuar en el lado opuesto a los anteriores. Y Finalmente se depositó un cuarto individuo, ligeramente a una altura superior que el resto, en el centro de la estructura junto a una azuela pulimentada y una hoja-cuchillo de sílex. Según sus investigadores, entre estos dos últimos individuos se encontraba una piedra de mediano tamaño, tal vez a modo de separación. Sin embargo, debido a que la zona había sido destruida por la maquinaria, no se descarta que tuviera otra distribución (Lazarich, 2003: 144).

Consideraciones generales y conclusiones

Como se ha podido documentar en líneas anteriores existe una gran cantidad de yacimientos prehistóricos con enterramientos en silo, los cuales en la gran mayoría de los casos, los restos óseos no habían sido estudiados. Por nuestra parte, como se ha citado en la introducción de este texto, este proceso se está desarrollando ahora mediante la elaboración de una tesis doctoral, ya que en-



tendemos la necesidad del estudio de los huesos. Compartimos la idea que defendía D. Brothwell (1987): *“El esqueleto humano representa una materia de investigación no menos fructífera que la cerámica, los metales, la arquitectura o cualquier otro campo de estudio, histórico o prehistórico.”*, y es que los huesos humanos no sólo aportan información biológica, sino que también son una fuente importante de información cultural, ya que se observa un fuerte paralelismo entre la posición social de un individuo en vida y el tratamiento que recibe, en el momento de su muerte, por parte del grupo (Castro *et al.*, 1995).

El ritual funerario abarca desde el inicio de la construcción de la estructura de enterramiento hasta las ceremonias y el aporte de objetos que conformarán el ajuar, siendo en ocasiones, su adquisición un gran esfuerzo por parte de todo el grupo. Y por tanto los rituales serán diferentes para un individuo u otro, y reflejarán el tránsito de una sociedad tribal de grupos familiares a sociedades clasistas iniciales (Arteaga, 1992).

Las últimas investigaciones, indican que muchos enterramientos de animales constituyen un acto ritual e inaugural de un área. La aparición de restos humanos en estas mismas estructuras, demuestra un reaprovechamiento de las mismas, ya que, mediante la obtención de dataciones se ha observado que existe una diferencia temporal entre el enterramiento animal con el del hombre, por tanto, demuestran que existe una amplia diferencia temporal entre la construcción de una estructura y la utilización (Afonso *et al.*, 2014:154). Tanto el ajuar, como los objetos depositados dentro de los diferentes enterramientos según su cronología, demuestran claramente que están en plena relación con la posición en vida del individuo y su tratamiento en el entierro. Esto se observa sobre todo, comparando con los objetos de prestigio y exóticos, depositados en las estructuras megalíticas; mientras que en el resto de los tipos de enterramientos, destaca un ajuar con material de uso cotidiano de esta comunidad (cerámica, herramientas líticas y elementos afines a su etapa cultural). Debido a su proximidad al mar, se destaca en su mayoría la presencia de malacofauna. Es necesario realizar un análisis exhaustivo de los diferentes poblados con el fin de corroborar o no la existencia de las desigualdades sociales que muestran posteriormente las estructuras (Vicent, 1995). Estas grandes diferencias, se verán sobre todo con la aparición del fenómeno del megalitismo, ya que son estructuras construidas por una gran parte de la población, pero no todos tenían el privilegio de ser enterrados en ellas.

Los enterramientos en silo son las estructuras de inhumación de época prehistórica que más problemática y más discusión han generado entre la comunidad científica. Se acepta las hipótesis que sugieren que en ellos se enterraban la gran parte de la población, mientras que un grupo minoritario de rango superior, se enterraban en sepulcros de mayor monumentalidad (Nocete, 2001). La reutilización de estructuras creadas para otro fin, en este caso, para almacenaje de alimentos y la ausencia de ajuares significativos junto con los restos óseos. Aun-



que existen en estos yacimientos dos vertientes: por una parte los enterramientos claramente intencionados y con un ritual claro; mientras que en otros, en el mismo yacimiento, se documentan silos que albergan restos óseos, fauna y cerámica y/o industria lítica (Márquez y Jiménez, 2010:233).

Esto se puede observar claramente en el yacimiento de El Trobal (Jerez de la Frontera), donde se observan dos silos: X-1 y LL con un claro ritual e intencionalidad a diferencia de los otros dos Z-1 y B, donde no hay una cuidada colocación de los restos óseos humanos con los otros materiales que aparecen. También se observa en el yacimiento de La Esparragosa (Chiclana de la Frontera) donde un solo individuo fue cubierto con almejas (muchas de ellas cerradas), mostrando una clara ritualización por parte del grupo ante el difunto.

Por otro lado están los yacimientos donde los restos óseos no muestran una clara ritualización a diferencia de los yacimientos anteriormente citados, como es el caso de SET Parralejos cercano a Vejer de la Frontera, Las Viñas-Cantarranas y Base Naval de Rota, todas ellas cercanas a la población del Puerto de Santa María.

Todos los yacimientos con silos, tienen unas cronologías similares, sobre todo en torno al tránsito IVº -IIIº milenio a.n.e y mediados del IIIº milenio a.n.e. Esto viene corroborado por la similitud con otros yacimientos cercanos y similares como es "El Trobal" en Jerez de la Frontera, "Las Viñas- Cantarranas" o "Base Naval de Rota" en el Puerto de Santa María, "La Esparragosa" en Chiclana de la Frontera, o SET Parralejos en Vejer de la Frontera u otros como «Papa Uvas» (Aljaraque, Huelva) (final de Fase II y Fase III) o «Los Castillejos» (Montefrío, Granada) (Fase II e inicios de Fase III) (González, 1986:88). Todos estos yacimientos se han visto corroborados por dataciones que se han realizado a posteriori de las excavaciones arqueológicas y confirmando las fechas iniciales a través de las tipologías de las estructuras o del ajuar.

Estos yacimientos con silos y con enterramientos en estas estructuras, están presentes en muchas zonas europeas de la Prehistoria Reciente, generando una literatura científica procedente de los ámbitos académicos y científicos.

Respecto a las investigaciones sobre las estructuras de enterramiento no está todo escrito y es necesaria una fuerte carga de inversión en excavaciones arqueológicas y análisis en profundidad con equipos multidisciplinares. En casi todos los yacimientos presentados, ha faltado la realización de los estudios antropológicos, los cuales no solo aportarían una rica información biológica, sino también cultural, aportando una gran información sobre qué individuos se enterrarían en diferentes estructuras y qué características biológicas tenían (sexo, edad, patologías, entre otros marcadores que pueden aportar una rica información a las investigaciones). Las nuevas investigaciones y métodos lograrán el solventar estos "vacíos" de investigación, referidos a este campo y completar más aun las investigaciones sobre las poblaciones prehistóricas.



Bibliografía

- AFONSO MARRERO, J. A.; CÁMARA SERRANO, J. A.; SPANEDDA, L.; ESQUIVEL GUERRERO, J. A.; LIZCANO PRESTEL, R.; PÉREZ BAREAS, C.; RIQUELME CANTAL, J. A. (2014): "Nuevas aportaciones para a periodización del yacimiento del Polideportivo de Martos (Jaén): la evaluación estadística de las dataciones obtenidas para contextos rituales" *Archivo de Prehistoria Levantina*. Vol. XX, pp. 133-158. Valencia.
- ARTEAGA, Oswaldo. (1992): "Tribalización, jerarquización y estado en el territorio de El Algar". *Spal*, 1. Universidad de Sevilla. pp. 179 -2008.
- BROTHWELL, Don. (1987): *Desenterrando huesos*. Fondo de Cultura Económica. México.
- CÁMARA SERRANO, J. A.; RIQUELME CANTAL, J. A.; PÉREZ BAREAS, C.; LIZCANO PRESTEL, R.; BURGOS JUÁREZ, A.; TORRES TORRES, F. (2010): "Sacrificio de animales y rituales en el polideportivo de Martos-La Alberquilla (Martos, Jaén)". *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*, Nº 20, (Ejemplar dedicado a: Aplicaciones informáticas en arqueología), pp. 295-327. Granada.
- CÁMARA SERRANO, J. A. (2001): *El ritual funerario en la Prehistoria Reciente en el Sur de la Península Ibérica*. British Archaeological Reports. International Series 913, Oxford.
- CASTRO MARTÍNEZ, P.; LULL SANTIAGO, V.; MICÓ PÉREZ, R.; RIHUETE HERREDA, C. (1995): "La prehistoria reciente en el sudeste de la península ibérica. Dimensión socio-económica de las prácticas funerarias", en R. FÁBREGAS, F. PÉREZ y C. FERNÁNDEZ (eds.): *Arqueoloxía da Morte na Península Ibérica desde as Orixes ata o Medievo*. Biblioteca Arqueohistórica Limiá, Serie Cursos e Congresos 3, Xinzo de Limia, pp 127-167.
- CORZO SÁNCHEZ, R. (1983): "Necrópolis de la Edad del Bronce en Las Valderas (Arcos)". *Arqueologia* 83:12. Ministerio de Cultura. Madrid.
- CUENCA SOLANA, D.; CANTILLO DUARTE, J. J.; VIJANDE VILA, E.; MONTAÑÉS CABALLERO, M.; CLEMENTEN CONDE, I.; VILLALPANDO MORENO, A. (2013): "Utilización de instrumentos de concha para la realización de actividades productivas en sociedades tribales comunitarias del Sur de la Península Ibérica. El ejemplo de Campo de Hockey (San Fernando, Cádiz) y SET Parralejos (Vejer de la Frontera, Cádiz)." *Zephyrus*, LXXII, julio-diciembre 2013, pp. 95-111. Universidad de Salamanca.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, R. (1986): "El yacimiento de "El Trobal" (Jerez de la Frontera, Cádiz). Nuevas aportaciones a la cultura de los silos de la Baja Andalucía". *Anuario Arqueológico de Andalucía III. Actividades de Urgencia*, pp. 82-88. Sevilla.



- LAZARICH GONZÁLEZ, M. (2003): *El Jadramil (Arcos de la Frontera). Estudio arqueológico de un asentamiento agrícola en la campiña gaditana*. Ayuntamiento de Arcos de la Frontera.
- LAZARICH GONZÁLEZ, M.; BUENO SÁNCHEZ, O.; RICARTE GARCÍA, M^{aj}. (2001): "Estudio antropológico y de los productos arqueológicos hallados en la Necrópolis de "Las Valderas" (Arcos de la Frontera, Cádiz), depositados en los fondos del Museo Provincial de Cádiz.". *Anuario Arqueológico de Andalucía*, II. Actividades sistemáticas y puntuales. pp. 83 - 91. Junta de Andalucía. Sevilla.
- LIZCANO PRESETEL, R.; CÁMARA SERRANO, J. A. (2004): "Producción económica y sedentarización. El registro arqueológico del Polideportivo de Martos (Jaén)", Sociedades recolectoras y primeros productores. *Actas de las Jornadas Temáticas Andaluzas de Arqueología* (Ronda, 28-30 de octubre de 2003), Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 229-248.
- MORENO MÁRQUEZ, A. (2015): "Yacimientos con estructuras funerarias de la prehistoria reciente en la Campiña Litoral y Banda Atlántica de Cádiz. Estado de la Cuestión". *Revista Atlántica- Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 17, pp. 113-120. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- MÁRQUEZ ROMERO, J. E.; JIMÉNEZ JÁIMEZ, V. (2010): *Recintos de fosos: Genealogía y significado de una tradición en la Prehistoria del suroeste de la Península Ibérica (IV-III milenios AC)*. Servicio de Publicaciones y Divulgación Científica de la UMA
- NOCETE CALVO, F. (2001): *Tercer Milenio antes de Nuestra Era. Relaciones y contradicciones centro/periferia en el Valle del Guadalquivir*. Bellaterra. Barcelona.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, M.; RAMOS MUÑOZ, J.; VIJANDE VILA, E.; CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, V. (2005): "Informe preliminar de la excavación arqueológica de urgencia en el asentamiento prehistórico de La Esparragosa (Chiclana de la Frontera)". *Anuario Arqueológico de Andalucía*, 2002, III, pp. 93-103. Junta de Andalucía.
- RAMOS MUÑOZ, J.; CANTALEJO DUARTE, P. (2015): "Las sociedades prehistóricas en el entorno del actual término de Casabermeja" pp. 36-72 en MARTÍNEZ ENAMORADO, V. (dir.), LÓPEZ GARCÍA, E., FERNÁNDEZ MARTÍN, A. (co-ords.) *Casabermeja, un lugar para la historia*. Volumen I.
- RAMOS MUÑOZ, J. (coord.) (2008): *La ocupación prehistórica de la campiña litoral y Banda Atlántica de Cádiz. Aproximación al estudio de las sociedades cazadoras- recolectoras, tribales-comunitarias y clasistas iniciales*, Arqueología Monografías. Sevilla: Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía.
- RUIZ FERNÁNDEZ, J. Á.; RUIZ GIL, J. A. (1989): "Calcolítico en el Puerto de Santa María". *Revista de Arqueología* 94, pp. 7-13. Madrid.
- RUIZ GIL, J.A.; RUIZ FERNÁNDEZ, J.A. (1987): "Excavaciones de urgencia en el Puerto de Santa María, Cádiz". *Revista de Arqueología*, n. 74, pp. 5-12. Madrid.



- RUIZ GIL, J. A. (1986): "Informe excavaciones de urgencia. Pago de Cantarranas La Viña. El Puerto de Santa María". *Anuario Arqueológico de Andalucía*, III, Actividades de Urgencia, pp. 95-110. Junta de Andalucía. Sevilla.
- VALVERDE LASANTA, M. (1993): *El taller de Cantarranas (El Puerto de Santa María, Cádiz. Un ejemplo para la transición Neolítico-Calcolítico*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Cádiz.
- VICENT GARCÍA, J. M. (1995): "Problemas teóricos de la Arqueología de la Muerte Una introducción". En R. FÁBREGAS, F. PÉREZ y C. Fernández (eds.): *Arqueoloxía da Morte na Península Ibérica desde as Orixes ata o Medievo*, pp.13-31. Excmo. Concello de Xinzo de Limia, Vigo.
- VILLALPANDO MORENO, A.; MONTAÑÉS CABALLERO, M. (2009): "Avance de resultados de las excavaciones arqueológicas realizadas en la SET Parralejos". *Revista Atlántica- Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 11, pp. 257-264. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- VIJANDE, E. (2006): *Prehistoria reciente de Chiclana de la Frontera. Aportación al conocimiento de las formaciones sociales tribales y clasistas iniciales en el marco de la banda atlántica gaditana*. Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones.



APORTACIONES DE LOS REMONTAJES ÓSEOS EN LOS ESTUDIOS ZOOARQUEOLÓGICOS, TAFONÓMICOS Y DE ARQUEOLOGÍA ESPACIAL

María Cristina Fernández-Laso¹

Resumen:

Los remontajes óseos pueden aportarnos información relevante en los estudios zooarqueológicos, tafonómicos y de arqueología espacial. En zooarqueología nos permiten, entre otros, la reconstrucción de los huesos fracturados, mejorar los porcentajes de identificación anatómica y taxonómica de los restos óseos, y el cálculo del número de elementos identificados por especie (NISP), el número mínimo de elementos (NME) y el número mínimo de individuos (NMI); también nos permiten evaluar la integridad de un conjunto óseo, e inferir aspectos del procesamiento de animales por parte de los humanos, carnívoros u otros agentes tafonómicos. En los estudios tafonómicos nos aportan por ejemplo información sobre los procesos de formación de los yacimientos arqueológicos, nos permiten resolver problemas estratigráficos, reconocer desplazamientos horizontales/verticales de los huesos, o identificar procesos postdeposicionales. Y en la arqueología espacial, en Paleolítico, pueden ayudarnos en la reconstrucción de los patrones de movilidad de los homínidos, por ejemplo identificar áreas de actividad, procesamiento de animales, o su relación con el espacio ocupado. Este artículo se centra en los trabajos sobre remontajes óseos realizados en yacimientos del Paleolítico, y en sus aportaciones en los estudios zooarqueológicos, tafonómicos y de arqueología espacial.

Palabras clave:

remontajes óseos, zooarqueología, tafonomía, arqueología espacial, Paleolítico.

Abstract:

Bone refits can provide relevant information on zooarchaeological, taphonomical and spatial archaeology studies. In zooarchaeology they allow us, among other things, to reconstruct fractured bones, increase the percentages of anatomical and taxonomical identification of skeletal remains, and determine the number of elements identified by species (NISP), the minimum number of elements (MNE) and the minimum number of individuals (MNI); they also enable us to assess the integrity of a bone assemblage, and infer aspects of the processing of animals by humans, carnivores or other taphonomical agents. In taphonomical studies they provide us, for instance, with information on the formation processes of archaeological sites, allow us to solve stratigraphical problems, recognize horizontal/vertical

¹ Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). C/Almanza 101, 28040 Madrid
cristina.fernandezl@unir.net



displacements of the bones, or identify postdepositional processes. As for spatial archaeology, in Paleolithic sites, they can help in the reconstruction of mobility patterns of hominids, identifying, for example, areas of activity, animal processing or relationship with the occupied space. This paper focuses on the publications on bone refits in Paleolithic sites, and their contributions to zooarchaeological, taphonomical and spatial archaeology studies.

Key words:

Bone refits, zooarchaeology, taphonomy, spatial archaeology, Paleolithic.

Introducción

Los remontajes en arqueología se refieren a la reconstrucción de fragmentos fósiles fracturados independientemente de su naturaleza (huesos, lítica, cerámica, vidrio, etc.). En tecnología lítica los remontajes definen la reconstrucción de secuencias temporales de una cadena operativa parcial o completa, por tanto hacen referencia a la recomposición de la explotación de un núcleo; mientras que en zooarqueología se definen por la reconstrucción anatómica de los elementos y/o del esqueleto de un animal (Cziesla *et al.*, 1990; Todd y Stanford 1992). Los remontajes es una técnica utilizada en arqueología desde las últimas décadas del siglo XIX (Spurrell 1880). Tiene su origen en el análisis de la industria lítica y su uso comienza a estandarizarse a partir de los años noventa del siglo XX, tanto en Europa como en Norteamérica (Cziesla *et al.*, 1990; Schurmans 2007). Y a partir de este momento esta técnica también se extiende a otro tipo de materiales arqueológicos como los huesos (Hofman y Enloe 1992). Los primeros trabajos sobre remontajes en Paleolítico se llevan a cabo en los yacimientos del Paleolítico superior, siendo más habituales en lítica que en huesos, y en los yacimientos al aire libre que en las cuevas o abrigos (e.g. Roebroeks 1988; Locht 2001; Conard *et al.*, 1998; Vaquero *et al.*, 2001). La mayoría de estos primeros trabajos acuden a los remontajes como un método complementario para reforzar sus interpretaciones arqueológicas. Es decir que rara vez están centrados exclusivamente en los remontajes como método para interpretar por ejemplo los comportamientos humanos en el pasado, o para resolver problemas estratigráficos, o procesos postdeposicionales, etc.

En general, en la actualidad las publicaciones sobre remontajes son escasas y esto se debe, entre otros, a la inversión de tiempo y coste económico que requieren (Larson y Ingbar 1992; Cooper y Qiu 2006) y, como veremos, a las propias limitaciones que presentan los huesos en numerosos conjuntos arqueológicos. No obstante, en la última década se ha observado un relativo aumento de estos trabajos, aunque más en tecnología lítica que en zooarqueología. Esto es debido probablemente a: a) una mayor concienciación de los complejos procesos de



formación de los yacimientos, b) el interés por los procesos cognitivos de las distintas especies de homínidos en la articulación del espacio ocupado, c) y por la necesidad de desarrollar nuevos métodos y técnicas para leer e interpretar el registro arqueológico. Además, la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la práctica arqueológica, con la inclusión de avanzados y sofisticados software y escáneres 3D, ha facilitado también la proliferación de este tipo de trabajos, sin embargo estos siguen siendo aún escasos.

Este artículo se centra en una breve revisión de los estudios sobre remontajes óseos realizados hasta hoy en día, y en su contribución en los estudios zooarqueológicos, tafonómicos y de arqueología espacial. Los remontajes óseos como afirmaba Enloe (1995) son una técnica multidimensional con una gran ventaja de aplicaciones y potenciales. No obstante, no parece que desde esta afirmación, hace ya más de dos décadas, hayan proliferado de forma notable su realización y aplicación en el análisis de los yacimientos arqueológicos.

Los remontajes óseos

En un yacimiento arqueológico todo fragmento óseo identificado es potencialmente susceptible de unirse o remontar con otro fragmento óseo (Hofman 1992a). Los remontajes son un puzzle complejo de restos óseos o partes esqueléticas, en el que suelen estar presentes distintos puzzles al mismo tiempo; es decir más de un esqueleto de un animal, y en el que además este esqueleto o esqueletos pueden estar completos o bien faltarnos numerosas piezas (Lyman 1994). Así, la complejidad de los remontajes óseos se incrementa conforme aumenta el número de esqueletos de uno o varios taxones, y también conforme aumenta la intervención de los agentes y procesos de alteración tafonómica en la formación de la acumulación ósea. Esto es precisamente una de las principales causas que determinan la ausencia de este tipo de trabajos en los yacimientos arqueológicos.

En los remontajes de huesos se distinguen cuatro métodos: 1) mecánicos, 2) articulaciones, 3) las parejas bilaterales, y 4) las articulaciones del mismo miembro.

1) Los remontajes mecánicos (Todd 1987; Lyman 1994) consisten en la acción mecánica de conectar dos o más fragmentos pertenecientes a un mismo elemento o porción esquelética; por tanto esto comporta la conexión entre dos planos de fractura, o bien la conexión de un positivo-negativo en el caso de desprendimientos medulares o corticales (conos de percusión, lascas) de un hueso. Este tipo de remontajes son los más “fáciles” de realizar dada la naturaleza de los materiales y también es el método más abundante en la literatura arqueológica (e.g. Hofman y Enloe 1992; Hofman 1986; 1992; Villa 1982; 1991; Henshaw 1999; Bravo 2001;



Marín Arroyo 2004; Morin *et al.*, 2005; Fernández-Laso 2010; Rosell *et al.*, 2012; Gabucio 2014). Generalmente se utilizan para facilitar la identificación de los fragmentos indeterminados anatómica y taxonómicamente (e.g. Marean y Kim, 1998). Los primeros trabajos de este tipo proceden del yacimiento de Pincevent (Francia) que reconstruyen los huesos largos con el fin de estudiar los patrones de dispersión de los elementos, y de definir los límites de las áreas de ocupación (Leroi-Gourhan y Brézillon 1966; 1972).

Ahora bien, los remontajes no consisten exclusivamente en la reconstrucción de los elementos. La reconstrucción de un elemento no constituye el proceso final del remontaje, sino más bien es el principio (Hofman 1986). Se trata de un método que por sí mismo aporta información, pero que aumenta su potencial con un trabajo multidisciplinar para inferir, entre otros, la naturaleza de las relaciones de los remontajes. Es decir la distribución espacial de los elementos y su análisis e interpretación espacial y temporal. En otras palabras, la reconstrucción de un elemento nos aporta información por sí mismo, desde un punto de vista anatómico y taxonómico, pero continua siendo un ítem estático (Binford 1988), mientras que la combinación con la tafonomía y la arqueología espacial lo convierte en un ítem dinámico, que contiene información en el espacio y en el tiempo. Los remontajes permiten reconstruir los actos del individuo o de los grupos en el pasado, en relación con una actividad o actividades de subsistencia, desde la fracturación de un fragmento al descuartizamiento de distintos taxones en secuencias de actividades temporales (continuadas o interrumpidas). Por tanto, permiten observar la planificación y consecución de actividades (Hallos 2005; Fernández-Laso, 2010).

En los remontajes mecánicos se diferencian, en función del origen de las roturas de los huesos, tres tipos (Todd y Stanford 1992): a) remontajes entre las fracturas en fresco, son aquellos que presentan más dificultades a la hora de realizar reconstrucciones, ya que los huesos hasta que se fosilizan están cambiando sus bordes, al menos durante algunos años (Morín *et al.*, 2005). Los humanos y los carnívoros son los agentes que producen más fracturas y modificaciones en los huesos. Los humanos por ejemplo en la acción de precalentar los huesos en el fuego para facilitar su fracturación, o en la elaboración de herramientas u objetos decorativos modifican los bordes de fractura y, por consiguiente, dificultan o imposibilitan las tareas de remontar los huesos. Los carnívoros con el mordisqueo de los bordes de fractura de los huesos, con la acción de los ácidos salivares o con la digestión, etc., pueden también hacer difícil la reconstrucción de los elementos. b) Remontajes entre las fracturas en seco, estos pueden aportarnos información sobre los movimientos o desplazamientos que se han producido en los restos con posterioridad a la actividad de los humanos y/o demás agentes tafonómicos. Los remontajes con este tipo fracturas permitió a Todd y Stanford (1992) reconocer que los desplazamientos de los huesos eran postdeposicionales en el yacimiento paleoindio Johns-Miller (Estados Unidos). c) Y finalmente las fracturas



mixtas, que son aquellos fragmentos óseos que por sus características no pueden incluirse en ninguno de los dos tipos anteriores, ya que combinan rasgos de ambos. Estos generalmente se incluyen en el primer tipo.

2) Los remontajes anatómicos consisten en unir diferentes partes esqueléticas pertenecientes a un mismo individuo; es decir identificar y reagrupar elementos anatómicos contiguos de un mismo lado o del lado contrario de un animal. Se distinguen dos tipos (Todd y Frison 1992; Lyman 1994): a) las parejas bilaterales o elementos anatómicos de ambos lados de un mismo individuo, por ejemplo el húmero derecho e izquierdo de un mismo animal; b) y las articulaciones del mismo miembro (Todd 1987), que consiste en remontar por ejemplo un fémur distal con una tibia proximal del mismo lado de un individuo. La dificultad de este tipo de remontajes aumenta conforme se incrementa el número de individuos en el registro óseo. Ambos tipos precisan conocer la talla, la edad y el sexo de los animales, así como los caracteres métricos y morfológicos de cada elemento esquelético (Todd y Stanford 1992). La realización de estos remontajes requiere (Todd y Frison 1992): a) el registro exhaustivo de las medidas de todos los elementos anatómicos, b) la edad y el sexo de los individuos, c) comparar las medidas de las parejas de elementos y seleccionarlás documentando los rangos de variación y de error en cada elemento del individuo, d) evaluar visualmente el potencial de las parejas bilaterales, observar la distribución de los elementos intentando juzgar la procedencia espacial de las parejas bilaterales de un mismo individuo, f) y calcular las distancias entre las parejas bilaterales.

Esta clase de remontajes es muy habitual entre los elementos del esqueleto craneal, en concreto con la dentición, ya que se pueden reconocer “fácilmente”. Es relativamente sencillo emparejar las hileras de los dientes de la derecha y la izquierda gracias a la forma de las cúspides, de las medidas, la alternancia de las bandas de la dentina, del esmalte, y el desgaste global de los dientes. Leroi-Gourhan (1972) en Pincevent (Francia) realiza series dentarias de la parte superior e inferior del reno en la sección 36, que posteriormente será ampliado por Enloe (1991). Sin embargo, este tipo de remontajes para la reconstrucción del esqueleto postcraneal es más compleja. Diferentes investigadores (Enloe 1991; Todd y Frison 1992; Lyman 2006) han llevado a cabo muestras de control de esqueletos de animales modernos como marco referencial, que permita realizar comparativas analíticas con las acumulaciones óseas arqueológicas, pero este tipo de reconstrucciones presenta grandes dificultades y limitaciones. Lyman (2006) señala errores tipo que pueden producirse como: ¿cuántas parejas simétricas bilaterales que hay en el conjunto óseo no son identificadas? ¿Cuántas son identificadas de forma errónea? es decir ¿cuántos elementos emparejados corresponden a distintos animales? Otra problemática principal para la realización de estos remontajes es la imposibilidad de llevarse a cabo en algunas acumulaciones óseas, porque las medidas que se deben tomar en los elementos no pueden ser anotadas dada



la excesiva fragmentación y rotura que los huesos presentan. Es habitual en los yacimientos arqueológicos, especialmente en el Paleolítico, que los conjuntos óseos muestren altos grados de fragmentación debido a los intensos procesos de carnicería y preparación llevadas a cabo por los homínidos. A lo que se suma una posible intervención de los carnívoros, o acumulaciones generadas por éstos. Por ello en los trabajos sobre remontajes óseos predomina la combinación de sólo dos tipos: los mecánicos y los de articulaciones (e.g. Jonhson 1982; 1987; Enloe y David 1989; Enloe 1991; Todd y Frison 1992; Rapson y Todd 1992; Marean y Kim 1998; Conard *et al.*, 1998; Bravo 2001; Waguespack *et al.*, 2002; Morin *et al.*, 2005; Marín 2004; Fernández-Laso 2010; Rosell *et al.*, 2012; Gabucio 2014).

Aportaciones de los remontajes óseos

En arqueología los remontajes óseos se han llevado a cabo principalmente desde tres ámbitos (Tabla 1): 1) la tafonomía, como herramienta para entender los procesos de formación de un yacimiento, para resolver cuestiones relacionadas con los movimientos verticales de los huesos y para evaluar procesos postdeposicionales (e.g. Hofman, 1981; Bunn *et al.*, 1980; Villa 1982; Lyman 1989; Morin *et al.*, 2005).

2) La arqueología espacial, para identificar e inferir patrones de comportamiento humano, como identificar áreas de actividad y valorar aspectos de la organización espacial, social e intentar distinguir eventos de ocupación (e.g. Leroi-Gourhan y Brézillon 1972).

3) Y la paleoeconomía, para reconocer la composición de las acumulaciones óseas, reconstruir las estrategias de adquisición de las presas (caza/carroñeo), el tipo de procesamiento y su interacción con otros predadores (Marean y Kim, 1998), valorar las estrategias económicas desarrolladas por los humanos en sus ocupaciones, el tipo de procesamiento y de reparto de los recursos cárnicos (e.g. Larson e Ingbar 1992; Johnson 1987; Parkington *et al.*, 1992; Waguespack *et al.*, 2002).

En un yacimiento arqueológico los remontajes óseos han sido tradicionalmente utilizados como método para esclarecer posibles distorsiones espacio-temporales, es decir para intentar hacer comprensible los palimpsestos (e.g. Villa 1982). Sin embargo, los huesos no sólo se desplazan tras la desocupación humana por la acción de procesos postdeposicionales. Los huesos no son ítems estáticos que yacen en el sustrato de forma inamovible durante las tareas de procesamiento, preparación, cocinado y consumo antrópico. Durante estas tareas puede llevarse a cabo el desplazamiento de elementos por causas como: a) el procesado de un animal por más de un individuo, es decir la división en cuartos y su reparto en distintas áreas del espacio ocupado, b) por la compartición de la comida, y/o por la limpieza del hábitat. Así Todd y Stanford (1992) señalan que los



huesos largos fracturados por los humanos para la obtención de la médula se encuentran muy próximos entre sí; y que generalmente las distancias mayores de los elementos pueden responder a tareas de limpieza del lugar o a la acción de otros agentes, como pueden ser los carnívoros. Ciertamente, las actividades de descuartizamiento de los esqueletos de los animales requiere de un espacio que no necesariamente tiene que estar asociado con los hogares (Binford, 1983), por lo que tras dicha actividad es lógico pensar en el desplazamiento de los elementos para su reparto, cocinado, consumo, abandono o eliminación. En consecuencia, la dispersión de los huesos del esqueleto de un animal puede ser el resultado de la preparación y de su consumo, y no únicamente de los procesos de formación postdeposicionales (Schiffer, 1983).

El trabajo de Rapson y Todd (1992) es un buen ejemplo en este sentido. Estos autores realizan remontajes mecánicos y de articulaciones de los elementos de la oveja y el bisonte para examinar la contemporaneidad y la estructura del yacimiento de Bugas-Holding (Estados Unidos). La observación de las fracturas y su dispersión les lleva a concluir desplazamientos de los elementos desde su fractura hasta el fuego más próximo, y de ahí hasta la rotura y abandono en otro fuego. Éstos observan trayectorias distintas en función de las especies, lo que les permite evaluar patrones diferentes de comportamiento en función de los taxones.

Previamente, Leroi-Gourhan y Brézillon (1972), a través de las reconstrucciones de los huesos largos de Pincevent (Francia), reconstruyen los patrones de dispersión y definen los límites de las áreas de ocupación. Estos autores atribuyen las distancias entre los elementos a actividades de mantenimiento y de limpieza, y sugieren un amplio abanico de actividades y un patrón de ocupación complejo. Posteriormente, este estudio es ampliado por Enloe y David (1989; 1992) quienes realizan remontajes mecánicos y anatómicos para examinar los patrones de distribución de los alimentos. Observan ocupaciones contemporáneas, animales compartidos entre tres áreas que se corresponden con grupos distintos. Enloe (1991) aumenta el área de estudio para incluir los materiales procedentes de otros 6 hogares, aumentando la distancia de distribución de los alimentos hasta alcanzar los 63 metros. Este autor comprueba que el número y la intensidad de las relaciones son inversamente proporcionales a la distancia entre los hogares. Por tanto, demuestra que la proximidad favorece una mayor interacción económica entre los grupos humanos (Gargget y Hayden, 1991), y que la repartición de los alimentos difiere de acuerdo con la parte del esqueleto del animal. Así comprueba que las extremidades superiores (tibia y fémur) ricas en carne tienen mayor circulación que la parte distal de las extremidades (metapodios) ricas en médula. Estas últimas no son distribuidas entre las áreas de actividad (Enloe y David 1989; 1992; Todd y Frison 1992). Johnson (1987) en el yacimiento de Lubbock Lake (Estados Unidos) utiliza los remontajes mecánicos y anatómicos para identificar patrones y áreas de descuartizamiento de bisontes. En esta misma línea se



desarrolla el trabajo de Parkington *et al.*, (1992) en el yacimiento de Dunefield Midden Campsite (África) con los remontajes de elementos de antílopes. Otro interesante trabajo sobre la distribución y reparto de comida es el de Waguespack *et al.*, (2002) en el yacimiento de Palangana (Alaska) con los remontajes realizados con los restos de caribou. Bravo (2001) en el nivel Ja del yacimiento Abric Romaní (Capellades, Barcelona) aporta con los remontajes importante información sobre los procesos de fracturación y de dispersión de los restos por las actividades de los neandertales, y por los procesos postdespocionales. Posteriormente se realizan los remontajes de los niveles arqueológicos posteriores: K, L y M (Fernández-Laso, 2010). Los remontajes mecánicos y anatómicos nos permiten identificar también actividades de procesamiento de animales y relacionar distintas áreas de actividad de los neandertales (Figura 1). A este trabajo, le siguen en esa misma línea las publicaciones de Rosell *et al.*, (2012) para el nivel H y Ja, y de Gabucio (2014) para el nivel O (Tabla 2).



Fig. 1. Ejemplos de remontajes óseos de tipo mecánico identificados en el nivel M del yacimiento Abric Romaní (Barcelona, España). 110: remontaje de tres fragmentos de radio de cérvido; 112: remontaje de tres restos de metacarpo de cérvido; 113: remontaje de dos fragmentos de fémur de cérvido; 117: remontaje de tres restos metatarso de cérvido. Foto: Gerard Campeny (IPHES).



En resumen, los remontajes óseos dispersados de las carcacas de los animales en un campamento pueden informarnos sobre las secuencias y los procedimientos del procesado, y sobre la contemporaneidad de las actividades llevadas a cabo (Audouze y Enloe, 1997; Fernández-Laso 2010).

Ciertamente, es indiscutible que dos o más fragmentos óseos remontados son contemporáneos entre sí, ya que éstos se separan simultáneamente, en el mismo momento. Sin embargo, los eventos tafonómicos subsiguientes que tienen lugar en el fragmento/s hasta que es recuperado por el arqueólogo no tienen obviamente porque ser contemporáneos (Hofman 1981; Larson e Ingbar, 1992; Lyman 2008). En este sentido, es necesario evaluar todos los procesos y agentes que intervienen en la formación de un conjunto óseo. Es esto precisamente una de las principales diferencias con los remontajes líticos, es decir la ausencia de reciclaje en los elementos óseos detectada en la industria lítica (Vaquero 2011; Vaquero *et al.*, 2015); y es lo que hace enormemente interesante la realización conjunta de remontajes óseos y líticos en los yacimientos arqueológicos, pues nos aportan diferente información como mínimo temporal.

Zooarqueología	Tafonomía	Arqueología Espacial
<ul style="list-style-type: none"> Reconstrucción de elementos óseos Identificación anatómica y taxonómica Cálculo de NISP, NME, NMI Reconstrucción de procesos de fracturación de elementos óseos Reconstrucciones de procesos de industria en hueso Evaluar integridad del conjunto óseo Aspectos de organización espacial en procesamiento de animales Reparto de alimentos Aspectos de organización social Comportamiento humano en la formación de la acumulación ósea 	<ul style="list-style-type: none"> Reconstrucción de Procesos de formación de los yacimientos Reconstrucciones espacio-temporales Sincronía/ Contemporaneidad Diacronía/reconocimiento de movimientos verticales intraestratos, transestratigráficos Resolución de problemas de integridad estratigráfica Identificación de procesos naturales Identificación de procesos postdeposicionales Evolución de la formación del registro arqueológico Integridad contextual 	<ul style="list-style-type: none"> Reconstrucción detallada áreas de actividad Relaciones temporales entre las acumulaciones o las unidades espaciales Reconstrucción de patrones de movilidad entre área de actividad <i>intrasite</i> Relación entre la espacio y registro óseo Reconstrucción de patrones de comportamiento Articulación del espacio relación con estructuras

Tabla 1. Aportaciones de los remontajes óseos en los estudios de zooarqueología, tafonomía y arqueología espacial.



Además de la acción de los homínidos otros agentes tafonómicos que pueden producir desplazamientos en los huesos son: la desarticulación natural (Andrews y Cook, 1985), la acción de carnívoros (e.g. Camaros *et al.*, 2013), los roedores (Brain 1981), las corrientes hídricas, el viento, el hielo, la gravedad, el pisoteo o *trampling* (e.g. Voorhies 1969; Stevenson 1991; Lyman 1989; 1994; Blasco *et al.*, 2008). Los remontajes óseos han sido utilizados para evaluar posibles procesos postdeposicionales (Bunn *et al.*, 1980; Villa 1982; *et al.*, 1986; Lyman 1989; Hofman 1992b; Todd y Stanford 1992; Morin *et al.*, 2005). Según Villa (1982) es necesario proceder a los remontajes para ver si los materiales aparentemente *in situ* corresponden realmente al mismo intervalo de tiempo, previo a realizar agrupaciones de los conjuntos e interpretar actividades. Esta autora considera que muchas interpretaciones de secuencias microestratigráficas necesitan tratarse con precaución y leerse críticamente. En este sentido, apuesta por los remontajes como una herramienta no solo para definir áreas de actividad como en Pincevent (Francia) o Meer II (Bélgica), sino para investigar y entender mejor las limitaciones y complejidad del registro estratigráfico (Tabla 2).

En este sentido, Morin *et al.*, (2005) en el yacimiento de St. Cesaire (Francia) llevan a cabo remontajes mecánicos y anatómicos procedentes de 8 conjuntos, con el fin de intentar identificar distintas ocupaciones que forman parte de un palimpsesto. Estas ocupaciones se corresponden con momentos culturalmente distanciados, Chatelperroniense y Musteriense, pero mezclados al descubrirse en 1979 un esqueleto de neandertal asociado con industrias del primer tipo. Estos autores comprueban con los remontajes que las fracturas postdeposicionales proporcionan información sobre mezcla de elementos en una parte de las ocupaciones. Por el contrario, los remontajes con fracturas en fresco se localizan próximos entre sí, indicando ausencia de movimientos postdeposicionales. Previamente Villa *et al.*, (1986) analizan en el yacimiento de Fontbregoua (Salernes-var) remontajes anatómicos de elementos esqueléticos que tenían una procedencia estratigráfica vertical distinta, identificando grupos de huesos procesados y dispersados al mismo tiempo. Estos investigadores comprueban que los desplazamientos y la distancia entre estos se debió a procesos postdeposicionales. Todd y Stanford (1992) en el cazadero paleoindio Jones-Miller en (Estado Unidos) examinan los remontajes de los huesos fracturados en estado seco por exposición a los agentes atmosféricos, e identifican los desplazamientos horizontales que han padecido los huesos tras las actividades de caza y descuartizamiento de los animales por parte de los humanos, es decir los movimientos son postocupacionales. Otro trabajo excepcional que combina remontajes con arqueología espacial y experimentación es el de Bunn *et al.*, (1980) donde identifican en el yacimiento FxJj50 (Kenia) patrones de distribución horizontal como consecuencia de la actividad de los homínidos y los desplazamientos y las agrupaciones de elementos, tanto horizontales como verticales, por la actuación de otros agentes tafonómicos.



Yacimiento	Cronología	Tipo Remontaje	Publicación
Pincevent, Francia	Paleolítico superior	Mecánico Anatómico	Leroi-Gourhan y Brézillon 1972 Enloe y David 1989; 1992
FxJj50, Kenia	Paleolítico inferior	Mecánico	Bunn <i>et al.</i> , 1980
Terra Amata, Francia	Paleolítico Inferior	Mecánico	Villa 1982
Koobi Fora,	Paleolítico Inferior	Mecánico	Kroll y Isaac 1984
Fontbrégoua Cave, Francia	Neolítico	Anatómico	Villa <i>et al.</i> , 1986
Lubbock Lake	Paleoindio	Mecánico Anatómico	Johnson 1987
Olduvai Gorge	Paleolítico inferior	Mecánico	Bunn y Kroll 1987
Lubbock Lake, EE.UU	Paleoindio	Mecánico Anatómico	Johnson 1987
Bugas-Holding, EE.UU	Paleoindio	Mecánico Anatómico	Rapson y Todd 1992
Jones-Miller, EE.UU	Paleoindio	Mecánico Anatómico	Todd y Stanford 1992
Horner, EE.UU	Paleoindio	Mecánico Anatómico Parejas bilaterales	Todd y Frisson 1992
Dunefield Midden Campsite	Paleolítico superior	Mecánicos Anatómicos	Parkington <i>et al.</i> , 1992
Rhineland, Alemania	Paleolítico medio	Mecánicos	Conard <i>et al.</i> , 1998
Champréveyres Monruz, Suiza	Paleolítico superior	Anatómico	Morell, 1994
Abri Romaní, España	Paleolítico medio	Mecánico Anatómico	Bravo 2001 Chacón y Fernández-Laso 2007 Fernández-Laso 2010 Rosell <i>et al.</i> , 2012 Gabucio 2014
Palangana, Alaska	Paleolítico superior	Mecánico Anatómico	Waguespack <i>et al.</i> , 2002
Cueva Mirón, España	Paleolítico superior	Mecánico Anatómico	Marín Arroyo 2004; 2007
Sant Cesaire, Francia	Paleolítico medio Paleolítico superior	Mecánico	Morin <i>et al.</i> , 2005

Tabla 2. Yacimientos arqueológicos con estudios sobre remontajes óseos.



Kroll y Isaac (1984), por su parte, realizan en Koobi Fora (Kenia) remontajes para evaluar los patrones de dispersión y los movimientos verticales de algunos elementos que, por la acción de procesos postdeposicionales y por la propia orografía de la superficie, ha mezclado momentos ocupacionales distintos. Marín Arroyo (2004) realiza también remontajes en el yacimiento de la Cueva del Mirón (Cantabria) para identificar procesos postdeposicionales posteriores a la ocupación humana. Esto a su vez le permite reconstruir algunas secuencias de fracturación antrópica (Tabla 2).

Los remontajes constituyen, por tanto, una forma de resolver problemas microestratigráficos, de mezcla de ocupaciones breves continuadas; es decir permiten diferenciar estratigráficamente unidades mínimas de ocupación, las cuales pueden corresponder a sencillos episodios o eventos de ocupación superpuestos pero con características estratigráficas similares (e.g. Villa 1982; Lyman 1989; Morin *et al.*, 2005).

Conclusiones

Este trabajo es un breve repaso a las publicaciones sobre remontajes óseos en zooarqueología, tafonomía y arqueología espacial. La incorporación de los remontajes como método en los estudios de los conjuntos faunísticos sigue siendo escasa en la actualidad. Desde su inicio en los años noventa del siglo pasado son pocos los zooarqueólogos que se han atrevido –y *atreven*– a incluirlos en sus trabajos. A pesar de su relevante contribución su aplicación es limitada principalmente por la propia naturaleza de los huesos. Sus condiciones de conservación y preservación, a diferencia de la industria lítica, es uno de los principales factores que frena su desarrollo generalizado en los yacimientos. Esto, junto con el coste e inversión de tiempo necesario para su realización y la escasa generalización de su aplicación monitorizada o digitalizada, vienen a mostrarnos un estancamiento de las publicaciones, con sólo algunos ejemplos concretos y aislados recientes.

Este trabajo es una reflexión sobre la inclusión de los remontajes y su posible contribución en el análisis de los yacimientos arqueológicos. Los huesos remontados se convierten en ítems dinámicos que nos proporcionan información sobre los patrones de comportamiento de los grupos humanos en relación con el procesado, el desplazamiento de elementos o de partes esqueléticas, con la compartición de recursos cárnicos y/o el acondicionamiento del espacio, etc. Desde la tafonomía puede ayudarnos a descifrar palimpsestos, definir acciones, actividades y/o eventos de ocupación y, en definitiva, reconstruir procesos de formación del yacimiento. Y desde la arqueología espacial nos permiten inferir o interpretar por ejemplo conductas de organización social, económica, y/o espacial.



Bibliografía

- P. ANDREWS, J. COOK: "Natural modifications to bones in a temperate setting". *MAN (N.S)* 20 (1985): 675-691.
- F. AUDOUZE, J.G. ENLOE: High resolution archaeology at Verberie: limits and interpretations. *World Archaeology* 29, 2 (1997), 195-207.
- L. R. BINFORD: In pursuit of the Past. *Decoding Archaeological Record*. Thames and Hudson, London, 1983, 283.
- L. R. BINFORD: "Étude taphonomique des restes fauniques de la Grotte Vaufray. Couche VIII". In J.-P. Rigaud (Ed.): *La Grotte Vaufray a Cenac et Saint Julien (Dordogne): Paléoenvironnement, chronologie et activités humaines*. Société Préhistorique Française, Paris, 1988, 535-564.
- R. BLASCO, J. ROSELL, J. FERNÁNDEZ PERIS, I. CÁCERES, J.M. VERGÈS: New element of trampling: an experimental application on the Level XII faunal record of Bolomor Cave (Valencia, Spain). *Journal of Archaeological Science* 35(6) (2008), 1605-1618.
- C.K. BRAIN: The hunters or the hunted? An introduction to African Cave Taphonomy. University Chicago Press, Chicago, 1981, 376.
- P. BRAVO: Estudio zooarqueológico y de remontajes del subnivel Ja del Abric Romaní (Capellades, Barcelona): Tesis de licenciatura. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona., 2001, 167.
- E. CAMARÓS, M. CUETO, L.C. TEIRA, J. TAPIA, M. CUBAS, R. BLASCO, J. ROSELL, F. RIVALS: "Large carnivores as taphonomic agents of space modification: an experimental approach with archaeological implications". *Journal of Archaeological Science* 40, 2 (2013), 1361-1368.
- M.G. CHACÓN, M.C. FERNÁNDEZ-LASO: "Modelos de ocupación durante el Paleolítico Medio: el nivel K del Abric Romaní (Capellades, Barcelona, España)": *Complutum* 18, (2007):47-60.
- N.J. CONARD, T.J. PRINDIVILLE, D.S. ADLER: Refitting bones and stones as a means of reconstruction middle Palolithic subsistence in the Rhineland. In J.P. BRUGAL, L. MEIGNEN, M. PATOU-MATHIS (Eds.): *Économie préhistorique: les comportements de subsistance au Paléolithique*. Actes du XVIII^e Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes. Sophia Antipolis, Éd. APDCA, (1998), 273-290.
- J. R. COOPER, F. QIU: "Expediting and standardizing stone artifact refitting using a computerized suitability model". *Journal of Archaeological Science* 33 (2006), 987-998.
- H.T. BUNN *et al*: "Fxj50: An Early Pleistocene site in northern Kenya". *World Archaeology* 12, 2 (1980), 109-136.



- E.S. CZIESLA, S. EICKHOFF, N. ARTS, y D. WINTER: The big puzzle: International Symposium on refitting stone artefacts. Holos Press, Bonn, 1990, 652.
- J. G. ENLOE: Subsistence organization in the Upper Paleolithic: Carcass refitting and food sharing at Pincevent. Phd dissertation. Mexico, University of New Mexico, Alburquerque, 1991.
- J.G. ENLOE: "Remontatge en zooarqueologia: tafonomía, economia i societat". *Cota Zero* 11 (1995): 31-37.
- J.G. ENLOE, F. DAVID: Food sharing in the palaeolithic: carcass refitting at Pincevent. In J. L. HOFMAN, J. G. ENLOE (Eds.): Piecing Together the Past: Applications of refitting studies in archaeology. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford, 1992, 296-299.
- J.G. ENLOE, F. DAVID: "Le remontage des os par individus: le partage du renne chez les Magdaléniens de Pincevent (La Grande Paroisse, Seine-et-Marine)". *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 86, 9 (1989), 275-281.
- M.C. FERNÁNDEZ-LASO: Remontajes faunísticos y relaciones entre áreas domésticas en los niveles K, L y M del Abric Romaní (Capellades, Barcelona, España). Tesis Doctoral Inédita. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 2010, 782.
- M. J. GABUCIO: estudi espaciotemporal d'un palimpsest: anàlisi zooarqueològica i tafonòmica del nivell o de l'Abric Romaní (Capellades, Barcelona, Espanya). Tesis Doctoral Inédita. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 2010, 331.
- J. HALLOS: "15 minutes of Fame": Exploring the temporal dimension of middle Pleistocene lithic technology". *Journal of Human Evolution* 49 (2005), 15-179.
- A.S. HENSHAW: "Location and appropriation in the Artic: an integrative zooarchaeological approach to historic Inuit household economies". *Journal of Anthropological Archaeology* 18 (1999), 79-118.
- J.L. HOFMAN: "The refitting of chipped-stone artifacts as analytical and interpretive tool". *Current Anthropology* 22 (1981), 691-693.
- J.L. HOFMAN: "Vertical movement of artefacts in alluvial and stratified deposits". *Current Anthropology* 27, 2 (1986), 163-171.
- J. L. HOFMAN: Putting the pieces together: Introduction to refitting. In J. L. HOFMAN y J. G. ENLOE: Piecing together the past: applications of refitting studies in archaeology. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford, 1992a, 1-15.
- J. L. HOFMAN: Defining Buried Occupation Surfaces in Terrace Sediments. In J.L. HOFMAN, J.G. ENLOE: Piecing Together the Past: Applications of Refitting Studies in Archaeology. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford, 1992b, 128-150.



- J.L. HOFMAN, J. G. ENLOE (Eds.): Piecing together the past: applications of refitting studies in archaeology. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford, 1992, 315.
- E. JOHNSON: "Paleoindian bone expediency tools: Lubbock Lake and Bonefire Shelter". Canadian Journal of Anthropology 2 (1982), 145-157.
- E. JOHNSON (Ed.): Cultural activities and interactions. In Lubbock Lake: Late Quaternary studies on the southern high plains. College Station. A & M University Press, Texas, 1987, 120-158.
- E.M. KROLL, G. ISAAC: Configurations of artifacts and bones at early Pleistocene sites in East Africa. In H.J. HIETALA: Intrasite Spatial Analysis in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge, 1984, 4-31.
- M. L. LARSON, E.E. INGBAR: Perspectives on refitting: critique and complementary approach. In J. L. HOFMAN, J.G. ENLOE (Eds.): Piecing together the past: applications of refitting studies in archaeology. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford 1992, 151-162.
- A. LEROI-GOURHAN, M. BRÉZILLON: "L'habitation Magdaleniense No. 1 de Pincevent Pres Montereau (Seine-et-Marne)". Gallia Prehistorie 9 (1966), 263-371.
- A. LEROI-GOURHAN, M. BRÉZILLON: "Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)". Gallia Préhistoire VIIe Supplément. 2 vols. 1972.
- J. L. LOCHT: Modalités d'implantation et fonctionnement interne des sites. L'apport de trois gisements de plein air de la phase récente du Paléolithique moyen dans le nord de la France (Bettencourt-Saint-Ouen, Villiers-Adam et Beauvais). In N. J. CONARD (Ed.): Settlement Dynamics of the Middle Palaeolithic and Middle Stone Age, Kerns Verlag. Tübingen, 2001: 361-394.
- L.R. LYMAN: Taphonomy of Cervids Killed by the May 18, 1980, Volcanic eruption of mount St. Helens, Washington, U.S.A In R. BONNICHSEN, M.H. Sorg (Eds.): *Bone Modification*. University of Maine Center for the Study of the First Americans. Orono, 1989, 149-167.
- L.R. LYMAN: Vertebrate taphonomy. Cambridge University Press, Cambridge, 1994, 524.
- L.R. LYMAN: "Identifying bilateral pairs of deer (*Odocoileus* sp.) bones: how symmetrical is symmetrical enough?". Journal of Archaeological Science 33 (2006), 1256-1265.
- L.R. LYMAN: "(Zoo)Archaeological refitting a consideration of methods and analytical search radius. Journal of Anthropological Research 64 (2008), 229-248.
- C.W. MAREAN, S.Y. KIM: "Mousterian large-mammal remains from Kobeh Cave. Behavioral implications for Neanderthals and early modern humans". Current Anthropology 39 (1998), 80-113.



- A. B. MARÍN ARROYO: Análisis arqueozoológico, tafonómico y de la distribución espacial de la fauna de mamíferos de la Cueva de la Fragua (Santoña, Cantabria). Ediciones TGD, Santander, 2004, 197.
- A. B. MARÍN ARROYO: La fauna de mamíferos en el Cantábrico Oriental durante el Magdaleniense y Aziliense: nuevos enfoques y líneas de investigación arqueozoológicas. Tesis Doctoral Inédita. Universidad de Cantabria. Santander, 2007, 332.
- E. MORIN, T. TSANOVA, N. SIRAKOV, W. RENDU, J.B. MALLYE, F. LÉVÊQUE: "Bone refits in stratified deposits: testing the chronological grain at Saint-Césaire". *Journal of Archaeological Science* 32, 7 (2005), 1083-1098.
- J. PARKINGTON, P. NILLSEN, C. REELER, C. HENSHILWOOD: "Making sense of space at Dunefield Midden Campsite, Western Cape, South Africa". *Southern African Field Archaeology* 1 (1992), 63-71.
- D.J. RAPSON, L.C. TODD: Conjoins, Contemporaneity, and Site Structure: Distributional Analyses of the Bugas-Holding Site. In J.L. HOFMAN J.G. ENLOE: *Piecing Together the Past: Applications of Refitting Studies in Archaeology*. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford, 1992, 238-263.
- W. ROEBROEKS: "From find scatters to early hominid behaviour. A study of middle Palaeolithic Riverside Settlements at Maastricht-Belvédère (the Netherlands)". *Analecta Praehistorica Leidensia* 21, 1988.
- J. ROSELL, R. BLASCO, M.C. FERNÁNDEZ-LASO, M. VAQUERO, E. CARBONELL: Connecting areas: Faunal refits as a diagnostic element to identify synchronicity in the Abric Romaní archaeological assemblages. *Quaternary International* 225 (2012), 56-67.
- M. B. SCHIFFER: "Toward the identification of formation processes". *American Antiquity* 48, 4 (1983), 675-706.
- F.C.J. SPURRELL: "On the discovery of the place where Palaeolithic implements were made at Crayford". *Quarterly Journal of the Geological Society* 36 (1880), 544-549.
- U.A. SCHURMANS: Refitting in the old and new worlds. In U. SCHURMANS y M. De BIE (Eds.): *Fitting rocks: lithic refitting examined*. British Archaeological Reports International Series 1596. Oxford, 2007, 7-23.
- M. G. STEVENSON: Beyond the Formation of Hearth-Associated Artifact Assemblages. In E. M. Kroll, T. D. Price (Eds.): *The Interpretation of Archaeological Spatial Patterning*. New York, Plenum Press, 1991, 269-299.
- L.C. TODD: Taphonomy of The Horner II bone bed. In G. C. FRISON, L.C. TODD (Eds.): *The Horner Site: The type site of the Cody cultural complex*. Academy Press, Orlando, 1987, 107-198.



- L.C. TODD, D.J. STANFORD: Application of conjoined bone data to site structural studies. In J.L. HOFMAN, J.G. ENLOE (Eds.): *Piecing together the past: applications of refitting studies in Archaeology*. British Archaeological Reports International Series, 578. Oxford, 1992, 21-35.
- L.C. TODD, G.C. FRISON: Reassembly of bison skeletons from The Horner Site: A study in anatomical refitting. In J.L. HOFMAN, J.G. ENLOE (Eds.): *Putting the pieces together: An introduction to refitting*. British Archaeological Reports International Series 578, Oxford, 1992, 63-82.
- M. VAQUERO: "New perspectives on recycling of lithic resources using refitting and spatial data". *Quartär* 58 (2011), 113-130.
- M. VAQUERO, M.G. CHACÓN, M.C. FERNÁNDEZ-LASO, K. MARTÍNEZ, J.M. RANDO: Intrasite spatial patterning and transport in the Abric Romaní Middle Palaeolithic site (Capellades, Barcelona, Spain). In N.J. CONARD (Ed.): *Settlement Dynamics of the Middle Palaeolithic and Middle Stone Age*, Kerns Verlag. Tübingen, 2001, 573-595.
- M. VAQUERO, A. BARGALLÓ, M.G. CHACÓN, F. ROMAGNOLI, P. SAÑUDO: "Lithic recycling in a Middle Paleolithic expedient context: Evidence from the Abric Romaní (Capellades, Spain)". *Quaternary International*, 361 (2015), 212-228.
- P. VILLA: "Conjoinable pieces and site formation processes". *American Antiquity* 47, 2 (1982), 276-290.
- P. VILLA, C. BOUVILLE, J. COURTIN, D. HELMER, E. MAHIEU, P. SHIPMAN, G. BELLUOMINI, M. BRANCA: "Cannibalism in the Neolithic". *Science* 233 (1986), 431-437.
- P. VILLA, E. MAHIEU: "Breakage patterns of human long bones". *Journal of Human Evolution* 21 (1991), 27-48.
- M. VOORHIES: Taphonomy and population dynamics of an Early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska, University of Wyoming Contributions to Geology Special Paper 1, Laramie, 1969.
- N. M. WAGUESPACK: "Caribou sharing and storage: refitting the Palangana site". *Journal of Anthropological Archaeology* 21 (2002), 396-417.



PEQUEÑOS PERO VISIBLES: EL ESTUDIO OSTEOLÓGICO DE LOS INDIVIDUOS NO-ADULTOS COMO FUENTE DE INFORMACIÓN ARQUEOLÓGICA

María Molina Moreno¹, Ana Mercedes Herrero Corral^{1,2}
y Armando González Martín¹

Resumen:

Cada vez con más frecuencia los estudios osteoarqueológicos forman parte de la reconstrucción de las poblaciones del pasado. En ellas, son fundamentales los individuos no-adultos, que precisan de un tratamiento adecuado debido a sus características particulares que los diferencian de los restos óseos adultos. Por este motivo, es fundamental definir qué es un individuo no-adulto y considerar su importancia tanto en la antropología como en la arqueología para el conocimiento de las sociedades pretéritas. A continuación se presenta como ejemplo de estudio de este grupo poblacional el caso de la colección del Cerro de La Encantada, perteneciente al bronce de La Mancha peninsular, compuesta por más de 80 individuos, de los cuales 39 son no-adultos. A través del estudio antropológico se ponen de manifiesto cuestiones tan interesantes como la reutilización funeraria, que permite hablar de un posible patrón de enterramiento para estas sociedades del II milenio a.C.

Palabras clave:

individuos subadultos, antropología física, bioarqueología, preservación, bronce de la Mancha.

Abstract:

Osteoarchaeological research is increasingly becoming part of the reconstruction of past populations' lifestyles, in which non-adults are fundamental. Non-adults require a specialized process because of their particular skeletal characteristics which differ from adult's bones. Therefore, it is essential to discern what a non-adult is as well as to consider its significance in both anthropology and archaeology in order to study past societies. By way of illustration, a case study of the "Cerro de La Encantada", a collection of 39 non-adult skeletons belonging to the Bronze Age, is presented below. Its anthropological study highlights interesting matters, such as a funerary reuse, which is likely to follow a possible funerary pattern in these populations of the II millennium B.C.

¹ Laboratorio de Poblaciones del Pasado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid
maria.molinamoreno@estudiante.uam.es; armando.gonzalez@uam.es

² Departamento de Prehistoria, Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid
anaherre@ucm.es



Key words:

subadults, physical anthropology, bioarchaeology, preservation, bronce de La Mancha

Introducción*Bioarqueología de los niños. Los individuos no-adultos*

La bioarqueología o arqueobiología, entendida como el uso de técnicas biológicas en material arqueológico para conocer más acerca de las poblaciones del pasado³ (Buikstra y Beck, 2006), se ha desarrollado como disciplina inserta en el creciente interés en el papel de los restos humanos para comprender la historia de las poblaciones pretéritas. Aunque todavía es habitual la falta de conexión entre el contexto arqueológico y el antropológico, la presencia y participación de antropólogos en las excavaciones es cada vez más frecuente y, sin duda, necesaria.

Parte fundamental del material óseo estudiado desde una perspectiva bioarqueológica, es precisamente el perteneciente a los niños, que poco a poco han ido haciéndose lugar en las investigaciones arqueológicas y antropológicas y poniendo de relieve su gran importancia para el conocimiento de las poblaciones del pasado. El estudio osteológico de los niños requiere de una metodología específica y diferente de la empleada para los adultos, dada la naturaleza particular de su esqueleto que abarca de manera completa todo el proceso de crecimiento y desarrollo.

Justamente debido a sus características morfológicas diferentes, es fundamental diferenciarlos de los adultos. Por este motivo, se presenta la conveniencia de la utilización del término no-adulto para referirse a ellos, ya que abarca todo el periodo de crecimiento y desarrollo anterior a la adultez. Esta denominación fue propuesta por Lewis (2007), para referirse a todos aquellos individuos hasta los 17 años de edad y así evitar las connotaciones peyorativas que revisten a la denominación subadulto, la más utilizada hasta la fecha. Aun con todo, cabe mencionar la controversia existente en torno al límite que marca el paso de los individuos no-adultos a los adultos, situándose en algunos autores a los 18 años (Bogin *et al.*, 1996; Bogin, 1997; Scheuer y Black, 2000, 2004; White *et al.*, 2011 entre otros), a los 20 (Buikstra y Ubelaker, 1994, entre otros) o a los 21 (Krenzer, 2006, entre otros). Sin entrar en estos debates de carácter antropológico, en este trabajo se considerarán individuos no-adultos a todos aquellos que aún no presenten, entre otros caracteres osteológicos, la completa calcificación de la dentadura permanente (Moorres *et al.*, 1963; Ubelaker, 1978; AlQahtani *et al.*, 2010, 2014) y el

3 *Bioarchaeology: The use of a range of biological techniques on archaeological material in order to learn more about past populations.* Webster's New World Medical Dictionary.



fin de unión de todas las epífisis (excepto de la clavícula, cresta ilíaca e isquion) (Scheuer y Black, 2000, 2004; Schaefer *et al.*, 2009, entre otros).

Asimismo, para evitar posibles confusiones, conviene aclarar la imposibilidad de determinar la edad cronológica a partir de los estudios osteológicos, dado que únicamente nos encontramos con restos biológicos que, por tanto, permiten la estimación de una edad biológica y siempre teniendo en cuenta la variabilidad individual. De esta manera, es fundamental precisar que este estudio se desliga de las posibles connotaciones en torno a la edad cronológica, cultural o social que puedan revestir las estimaciones realizadas a partir del análisis meramente osteológico.

La relevancia del estudio de los no-adultos para entender las sociedades del pasado

El desarrollo de los estudios sobre la infancia en el pasado ha tenido un impacto relativamente reciente en las investigaciones arqueológicas (Lillehammer, 2010; Baxter, 2008) ya que con anterioridad los individuos no-adultos recibieron escasa atención. Los protagonistas principales eran los adultos, puesto que eran ellos los que creaban y desarrollaban las tecnologías, los que detentaban el poder o se hacían enterrar con ricos ajuares. Desde estos planteamientos, los niños y niñas eran relegados a un papel pasivo en las sociedades del pasado, sin ningún tipo de influencia en el desarrollo de las comunidades a las que pertenecían. Sin embargo, tanto a través del registro arqueológico como mediante las referencias provenientes del campo de la etnoarqueología (Menon y Varma, 2011), sabemos que los niños y niñas eran personas activas y que participaban desde edades muy tempranas en las tareas domésticas y en la economía del grupo. Y en cualquier caso, todo intento de reconstruir las sociedades del pasado debe incluir en él el análisis de todos los grupos que las conforman, incluidos los no-adultos.

Además, los individuos infantiles pueden aportar una información muy valiosa en las diferentes facetas de los grupos humanos que estudia la arqueología, dado que constituye uno de los grupos más sensibles a los cambios. El estudio directo de los restos óseos no-adultos puede identificar edades de muerte o distintas patologías, entre otros, que nos permiten obtener datos acerca de aspectos tan interesantes como las estrategias de subsistencia, la salud y enfermedad o la dieta de estas poblaciones, factores que pueden influir en el crecimiento y maduración de dientes y huesos (Buikstra y Ubelaker, 1994). Por otra parte, el análisis de los objetos que acompañan a los niños y niñas en sus tumbas permite establecer hipótesis acerca de su estatus social. La eventual identificación de tumbas infantiles con ricas ofrendas (elementos exóticos de procedencia lejana, materias primas de alto valor social o manufacturas de alto nivel tecnológico, entre otros) permite incluso aventurar la existencia de la herencia del estatus (Garrido-Pena, 2006). Parece evidente que una persona de tan corta edad no pudo obtener tan preciados bienes de no pertenecer a un grupo social o familiar poderoso cuyo estatus habría heredado de sus antepasados.



Más aún, los individuos no-adultos tienen un papel determinante en la reproducción del orden social y cultural de cualquier comunidad humana. Efectivamente, resulta esencial para cualquier grupo social la transmisión de sus valores fundamentales a las siguientes generaciones. Por ello, una línea de investigación muy interesante a este respecto es el análisis de los procesos de aprendizaje, que han dejado inequívocas huellas en la cultura material de las sociedades del pasado. Por ejemplo tanto en el campo de la etnoarqueología como de la arqueología se han podido identificar una serie de indicadores de manos inexpertas en las piezas cerámicas (Kamp, 2001).

Falsa ausencia de no-adultos en los yacimientos arqueológicos

A pesar de ser una fuente tan rica de información, no todos los trabajos arqueológicos tienen en cuenta a este grupo poblacional debido, entre otros motivos, a la falsa creencia de su escasa representación en los yacimientos arqueológicos. Hay que tener en cuenta que en la mayoría de las colecciones estudiadas pertenecientes a momentos prehistóricos e históricos, la estructura de la población sería prejeneriana (Bocquet y Masset, 1977) es decir, con una muy alta natalidad pero con una mortalidad infantil también muy elevada. Teniendo en cuenta esta premisa, la proporción de no-adultos frente a los adultos debería ser mucho mayor de lo que normalmente encontramos en los cementerios (González, 2008). Sin embargo, otro hecho a tener en cuenta es que la selección cultural, social o ritual que excluía a buena parte de la población no-adulta de esas tumbas, también afectaba a buena parte de los adultos. Además, en los últimos años se han realizado diversas excavaciones donde se han aplicado los métodos más modernos de recuperación y documentación, que han conseguido identificar la presencia de individuos infantiles en una proporción nada desdeñable (Nájera *et al.*, 2010). Incluso en los osarios colectivos donde los restos aparecen mezclados, en posición secundaria, recientes trabajos han conseguido identificar la presencia de individuos infantiles en contextos donde hasta entonces habían pasado prácticamente desapercibidos como, por ejemplo en las tumbas megalíticas del neolítico peninsular (Bueno *et al.*, 2005).

Un caso de estudio del bronce de La Mancha

A continuación se propone un ejemplo de una colección osteológica del bronce de La Mancha en la que se evidencia esta falsa ausencia de individuos no-adultos, perteneciente al Cerro de La Encantada (1940 ± 25 a.C. al 1300 ± 50 a.C.) (Sánchez y Galán, 2004). Situado estratégicamente para el control visual del territorio y de las vías de comunicación en el Campo de Calatrava, se trata de un poblado de difícil acceso que aprovecha la defensa natural de la cima amesetada.



Entre sus numerosas particularidades resalta la utilización funeraria en una etapa determinada de los denominados Sectores A y B del yacimiento (Sánchez, 1994).

El estudio antropológico de la serie a partir de metodologías actualizadas, permite hablar a día de hoy de una de las mayores colecciones conocidas de individuos no-adultos de este horizonte cultural (Gusi y Luján, 2011), poniendo de manifiesto algunas de las aportaciones del análisis osteológico a la arqueología.

Para ello es fundamental un buen planteamiento inicial, como en cualquier tipo de estudio, con el objetivo de recoger el mayor número de datos posible. En este caso, el material fue recuperado en las excavaciones arqueológicas desde 1977 hasta 2006 y depositado en el Laboratorio de Poblaciones del Pasado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid. De esta manera, se ha realizado un estudio antropológico de laboratorio, para el cual se ha utilizado una ficha de registro individual que contempla diversos aspectos, como son la preservación del esqueleto, la edad dental, el sexo, la antropometría, la estimación de la estatura y los caracteres de interés patológico y no patológico.

A priori parece lógico pensar que lo más útil de un estudio antropológico son los datos en torno a la edad y el sexo, quizás los aspectos más demandados desde la arqueología para comprobar la distribución de la población. Sin embargo, teniendo en cuenta el resultado de este estudio y desde nuestro punto de vista osteoarqueológico, hemos podido comprobar cómo datos que en principio no parecen relevantes o son meramente descriptivos, pueden proporcionar interesante información tanto a la arqueología en general, como al conocimiento de las poblaciones del Cerro de La Encantada en particular. De esta manera, hemos querido llamar la atención sobre algunos de estos aspectos que indican una reutilización del espacio funerario en un momento tan temprano como el bronce medio del interior peninsular.

El primer carácter que ha permitido observar esta reutilización del espacio funerario se basa, por supuesto, en la estimación del número mínimo de individuos. En primer lugar, se ha estimado el número de individuos no-adultos del Cerro de La Encantada en 39, lo que, como se ha apuntado con anterioridad, la sitúa entre una de las colecciones más numerosas de no-adultos del bronce de La Mancha, junto a la serie de La Motilla del Azuer (Gusi y Luján, 2011). En segundo lugar, un estudio exhaustivo de cada una de las sepulturas de los individuos no-adultos, ha permitido determinar la presencia de tumbas dobles y triples, dato hasta el momento no observado para esta colección, con un índice de reutilización (número de individuos por sepultura) de 1,3 individuos por tumba. Así, aunque se ha constatado que la reutilización del espacio funerario es habitual en diversas culturas y épocas, especialmente en época medieval, como en el ejemplo de la necrópolis de Veranes (Rascón *et al.*, 2011), rara vez se ha planteado la cuestión en épocas anteriores como la prehistoria reciente. Tenemos algunos ejemplos, como las sepulturas dolménicas del Sureste peninsular, donde se ha constatado



una reutilización del espacio funerario desde el calcolítico hasta la Antigüedad tardía (Lorrio y Montero, 2004). Sin embargo, en el caso de La Encantada se observa un uso repetido de las mismas sepulturas únicamente durante el bronce medio y, lo que es más importante, en individuos no-adultos. Esto último, cuestiona las ideas tradicionales de que los individuos no-adultos, además de ser supuestamente escasos, se solían enterrar de manera única e individual, especialmente en estos momentos.

Uno de los ejemplos más interesantes de esta colección es quizás la sepultura 26. Se trata de un enterramiento de tipo *pithos*, inserto en una covacha en la roca natural. Con estas premisas, cabe pensar que debería tratarse de un enterramiento individual dada la dificultad de reutilización de este tipo de recipientes. Sin embargo, el estudio antropológico ha puesto de manifiesto la presencia de tres individuos diferenciados por la repetición de elementos óseos e incompatibilidad de edades estimadas de los mismos. Así, nos encontramos con el individuo EN26.1 de 1 año \pm 4 meses de edad, que se trata del más completo y, por tanto, posiblemente el último en ser enterrado en esta sepultura; el individuo EN26.2 de 6 meses \pm 2 meses, caracterizado por el segundo molar de leche superior izquierdo y el individuo EN26.3 de 3 años \pm 12 meses, identificado por el primer y segundo incisivo inferior izquierdo. Como se puede comprobar, además se trata de edades similares entre los individuos de este mismo enterramiento, todas ellas identificadas siguiendo el modelo de erupción y calcificación dental de Ubelaker (1978).

Continuando con los elementos analizados, nos fijamos en el estudio de la preservación de la muestra. Aunque se trata de un carácter subjetivo de observación macroscópica, se presenta aquí un análisis cuantitativo que minimiza la subjetividad de dicha observación: el estado de alteración tafonómica (Rascón *et al.*, 2011), basado en la cuantificación de las variables de completitud del esqueleto (CE) y calidad del hueso (CH). Como resultado, la alteración tafonómica se encuadra en 9 tipos, de los cuales los tipos 1, 2 y 4 indican una mejor preservación, los tipos 6, 8 y 9 una peor preservación y, finalmente, los tipos 3, 5 y 7 un estadio intermedio. Este análisis, aunque infrecuente en los estudios osteoarqueológicos, pone de manifiesto, en primer lugar, la buena preservación generalizada de la muestra de estudio (Tabla 1), aun tratándose de individuos no-adultos que además presentan una antigüedad de cerca de cuatro mil años.

Por otro lado, este estudio, con metodologías actualizadas, tiene de novedoso la evidencia de una asociación de individuos más o menos completos junto a otros incompletos o “escasos restos”, que ratifica esta reutilización del espacio funerario ya indicada al identificar más individuos de los esperados tanto en general como por sepulturas. Este hecho ya fue advertido en trabajos previos (González *et al.*, 1992, 1994; Lapuente, 2008), y actualmente se encuentran incluidos en el inventario antropológico. Por este motivo, el estudio del estado de alteración tafonómica no sólo proporciona datos a la antropología acerca del grado de pre-



servación del individuo, sino que además puede aportar luz acerca del uso del espacio funerario.

ESTADO DE ALTERACIÓN TAFONÓMICA (EAT)		COMPLETITUD DEL ESQUELETO (CE)		
		COMPLETO	INCOMPLETO	ESCASOS RESTOS
CALIDAD DEL HUESO (CH)	INTACTO	TIPO 1 5 (13%)	TIPO 4 1 (2%)	TIPO 7 4 (10%)
	ALTERADO PARCIALMENTE	TIPO 2 8 (21%)	TIPO 5 1 (2%)	TIPO 8 7 (18%)
	ALTERADO	TIPO 3 5 (13%)	TIPO 6 3 (8%)	TIPO 9 5 (13%)

Tabla 1. Distribución de los individuos según su tipo EAT (N = 39). Tabla modificada según Rascón *et al.*, 2011.

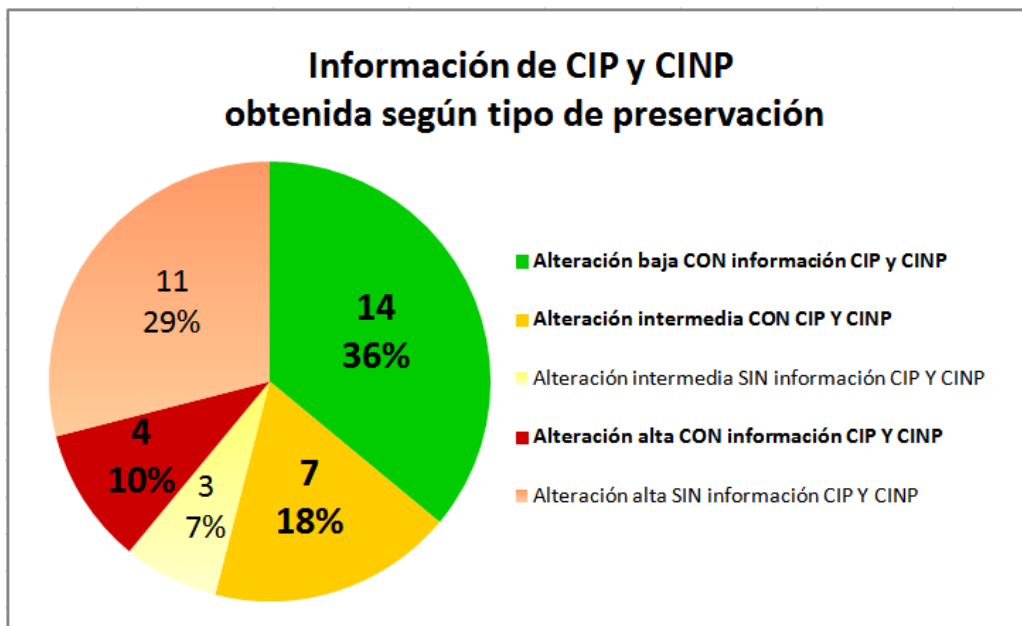


Fig.1. Proporción de información obtenida acerca de los caracteres de interés patológico y no patológico (CIP y CINP) de la población de individuos no-adultos de La Encantada a partir del estado de alteración tafonómica de la muestra (N=39).



Además, la inclusión de los individuos con una alta alteración en los diferentes análisis, permite la ampliación de la información antropológica de los no-adultos. Buena parte de ello se puede observar en cuanto a los **caracteres de interés patológico (CIP) y no patológico (CINP)**, dignos de ser mencionados debido a ser considerados posibles indicadores de salud y enfermedad. En el ejemplo que nos ocupa, la mayor parte de la información de estos caracteres de interés viene dada por la muestra con una alteración baja, pero si se eliminaran los individuos con una alteración intermedia y alta, se perdería información sobre un total del 28% de la muestra (Figura 1).

Por poner algunos ejemplos, los caracteres de interés más frecuentes en la población no-adulta del Cerro de La Encantada son aquellos de potencial origen tafonómico (como las cavidades o las erosiones), así como la patología oral (especialmente la hipoplasia del esmalte) o los fenómenos porosos (Tabla 2). Estos últimos signos, que son los más frecuentes en nuestra serie, suelen asociarse a una causa multifactorial. Por un lado se relaciona con el propio aspecto inmaduro del esqueleto no-adulto (González *et al.*, 2003). Sin embargo, por otro lado, una porosidad endocraneal y ectocraneal con hiperostosis porótica (porosidad junto con engrosamiento de la tabla externa), podría asociarse a fenómenos infecciosos o desajustes alimenticios, entre otras causas (Lewis, 2007). Con todo ello, se pone de relieve la necesidad de la cautela a la hora de diagnosticar diferentes enfermedades a partir de los caracteres de interés patológico y no patológico. Esta cuestión, que debe ser tratada por paleopatólogos especializados, sin duda puede arrojar luz a las interpretaciones derivadas del estudio osteoarqueológico de los individuos no-adultos.

	N	Porcentaje
Patología oral	15	38%
Pseudopatologías	13	33%
Fenómenos porosos	20	51%
Deformación axial y volumétrica	4	10%
Sin información	14	36%

Tabla 2. Distribución de patologías en la población de estudio. Expresado en frecuencias de aparición por individuos del total de la muestra y porcentajes del total de la muestra (un mismo individuo puede presentar uno o más caracteres) (N=39).

En cualquier caso, las categorizaciones derivadas del estudio del estado de alteración tafonómica de los individuos arqueológicos permiten una descripción más objetiva del grado de preservación de la muestra de estudio así como posi-



bles comparaciones futuras con otras colecciones. Esta cuestión se presenta como una premisa fundamental para otros análisis en el campo de la tafonomía como es la paleohistología, disciplina que estudia la estructura del hueso desde un punto de vista microscópico y que es susceptible de aportar datos fundamentales en la ontogenia de las poblaciones humanas (Cambrá-Moo *et al.*, 2012). Asimismo, la buena preservación de la muestra puede permitir estudios químicos, como aquellos en relación con los isótopos estables o los oligoelementos que proporcionarían información acerca de la alimentación de estos grupos humanos, cuestión de gran interés en arqueología en los últimos tiempos pero aún con mucho camino por recorrer.

La determinación del sexo, la estimación de la edad de muerte o la antropometría, que permite la estimación de la estatura, completarían el estudio antropológico realizado sobre el grupo de los no-adultos. Entre ellos, aquí se quiere llamar especialmente la atención sobre la estimación de la edad, uno de los temas que más preocupan en arqueobiología. Siempre teniendo en cuenta que hablamos de edad biológica, este dato proporciona una visión de la distribución de la sociedad por grupos de edad, y a su vez permite observar la presencia de individuos en el espacio funerario desde las edades más tempranas (Figura 2).

Aunque son numerosos los métodos de estimación de la edad empleados en antropología, en este estudio se ha tomado como prioritaria la estimación de la edad dental siguiendo métodos cualitativos (Ubelaker, 1978) y cuantitativos (Liversidge *et al.*, 1993; Deutsch *et al.*, 1985; Irurita *et al.*, 2014), por ser los dientes el elemento óseo menos variable ante las condiciones medioambientales (Ubelaker, 1978; González, 1999, entre otros). Sin embargo, a un 28% de la muestra (11 individuos) no se le ha podido identificar la edad dental por no presentar ningún elemento de dicha naturaleza preservado. De ellos, se ha podido estimar la edad a más de la mitad siguiendo otros métodos basados en el desarrollo de los elementos óseos preservados (Scheuer y Black, 2000, 2004; Schaefer *et al.*, 2009) que han permitido categorizarlos en los rangos de edad presentados a continuación (Figura 2).

Además de la información derivada de la distribución de la serie por edades, este dato cruzado con la variable de las sepulturas que veíamos con anterioridad, permite comprobar que los individuos que comparten sepultura presentan edades muy similares entre sí, especialmente en el caso de los más jóvenes. Un buen ejemplo de ello es la sepultura EN48, donde un individuo es estimado en torno al nacimiento ± 2 meses y otro a los 9 meses ± 3 meses.

Todos estos datos, derivados de un estudio osteológico, desde una perspectiva arqueológica podrían hablar de un posible patrón de enterramiento en la sociedad del bronce de La Mancha del II milenio a.C. en la que los individuos no-adultos eran enterrados desde las edades más tempranas y en las que existía una reutilización de este espacio funerario, comportamiento habitual en los ce-



menterios antiguos, pero raramente identificado con los individuos no-adultos en estos momentos de la prehistoria reciente. Así, esta información no es nada despreciable, debido a que los comportamientos de una sociedad en el mundo funerario constituyen un fiel reflejo del mundo de los vivos.

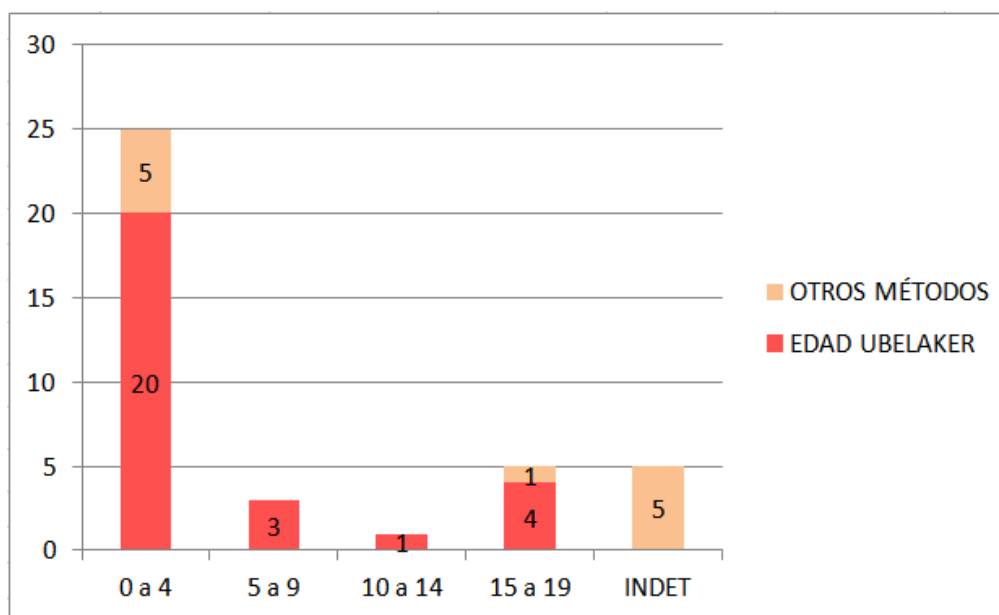


Fig. 2. Distribución de individuos por grupos de edad, estimada a partir del método de erupción y calcificación dental de Ubelaker (1978), métodos basados en el desarrollo óseo (Scheuer y Black, 2000, 2004; Schaefer *et al.*, 2009) y por último individuos indeterminados (N=39). Los métodos cuantitativos de estimación de edad dental (Liversidge *et al.*, 1993; Deutsch *et al.*, 1985; Irurita *et al.*, 2014) ajustan la edad dental de cada individuo con un rango de variabilidad que se sitúa dentro del grupo Ubelaker asignado por este método cualitativo recogido en la presente gráfica.

En definitiva, todos estos datos procedentes del estudio osteoarqueológico nos hablan de enterramientos de individuos no-adultos desde el bronce medio peninsular, en concreto insertos en el contexto del bronce de La Mancha del yacimiento del Cerro de La Encantada, en las que se hallaban representados en el espacio funerario desde los individuos más pequeños, con las connotaciones que ello puede representar en el seno de la sociedad, debido a su rol social. Asimismo, la similitud de las edades en los espacios reutilizados pone de relieve la posibilidad de un patrón funerario en esta sociedad, con una intencionalidad determinada, sobre la que la cuestión del tipo de sepultura en torno a los *pithoi* tiene un papel fundamental.



Consideraciones finales

En primer lugar, a la hora de enfrentarse a un yacimiento arqueológico que cuenta con restos óseos humanos, es fundamental asumir que **no se puede hablar de las poblaciones del pasado sin tener en cuenta todos los grupos que la conforman, especialmente los no-adultos**. Con ello, el camino hacia la reconstrucción de la organización, la composición y los modos de vida de las sociedades del pasado se verá menos sesgado y nos permitirá una aproximación más adecuada en conjunción con las demás evidencias arqueológicas de las que contemos.

Asimismo, se ha podido comprobar que el estudio detallado de los restos óseos no-adultos ofrece una información muy amplia y valiosa sobre este sector de las poblaciones pretéritas. El caso de estudio presentado, muestra cómo los individuos no-adultos pueden aparecer representados en un elevado número en los yacimientos arqueológicos y, a su vez, no son pocos los estudios y análisis que sobre ellos pueden efectuarse.

Por todas estas razones, es importante **tener en cuenta la posible presencia de los individuos no-adultos en los enterramientos en contexto arqueológico**. Sin embargo, debido a las peculiaridades que conlleva el análisis de sus restos óseos, es conveniente la realización de un buen planteamiento de trabajo desde el campo hasta la conservación definitiva de los restos. En numerosas ocasiones, la falta de un antropólogo físico en el campo o el creciente aunque todavía imperfecto conocimiento sobre anatomía ósea por parte de algunos arqueólogos, se traduce en la pérdida de información arqueológica acerca de los individuos no-adultos. Puesto que los restos óseos inmaduros pueden presentar ciertas particularidades, en ocasiones es necesario acudir a un método de excavación diferente que asegure, entre otras cosas, la recuperación de todas las epífisis o los gérmenes dentales, que tanta información aportan a los antropólogos físicos.

Además, un registro riguroso de la posición y orientación de los restos óseos infantiles en el campo, permitirá en el futuro hacer unas interpretaciones más detalladas acerca de temas tan interesantes como la reutilización por parte de uno o más individuos de las consideradas tumbas infantiles individuales, como se ha podido constatar en alguna de las estructuras del Cerro de la Encantada.

Del mismo modo, resulta esencial el tratamiento post-excavación que reciben los individuos infantiles, puesto que de ello dependen los diversos análisis que se puedan realizar con posterioridad. Por ejemplo, debería evitarse el consolidado directo de los restos óseos inmaduros, puesto que podría verse afectado el tejido externo del hueso y borrar o falsear alguna de sus características. Al igual que resulta muy ventajoso separar desde el primer momento las unidades anatómicas en bolsas distintas para evitar que el roce entre unas y otras provoque su fractura, como ocurre con mucha frecuencia en las coronas y raíces de las piezas dentales en formación.



Una vez en el laboratorio, el **estudio antropológico exhaustivo** de los restos óseos no-adultos recuperados y bien documentados desde el campo permite, como se ha podido comprobar, adquirir una información esencial de la población pretérita.

Un buen planteamiento de inicio, a partir de fichas de registro y bases de datos, por ejemplo, así como un buen procesamiento del material, hace posible la extracción de datos, desde aquellos que pueden parecer más sencillos, como el número mínimo de individuos, que pueden ser útiles para el entendimiento de estas poblaciones y su comportamiento funerario. En definitiva, es fundamental aprovechar las posibilidades que ofrecen los individuos no-adultos y aplicar de manera más recurrente técnicas que permitan un estudio en mayor profundidad, como pueden ser los análisis químicos o la paleohistología.

Bibliografía

- ALQAHTANI, S.J., HECTOR, M.P. y LIVERSIDGE, H.M. (2010): Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology* Jul; 142(3): 481-490.
- ALQAHTANI, S.J., HECTOR, M.P. y LIVERSIDGE, H.M. (2014): Accuracy of Dental Age Estimation Charts: Schour and Massler, Ubelaker and the London Atlas. *American Journal of Physical Anthropology* 154: 70-78.
- BAXTER, J.E. (2008): The Archaeology of Childhood. *Annual Review of Anthropology* 37: 159-175.
- BOCQUET, J. P.; MASSET, C. (1977): "Estimateurs en Paléodémographie", *L'homme*, 17 (4): 65-90.
- BOGIN, B. y SMITH, B.H. (1996): Evolution of the human life cycle. *American Journal of Human Biology* 8: 703 – 716.
- BOGIN, B. (1997): Evolutionary hypotheses for human childhood. *Yearbook Physical Anthropology* 40: 63-89.
- BUENO, P., DE BALBÍN, R., BARROSO, R. (2005): *El Dolmen de Azután (Toledo). Áreas de habitación y áreas funerarias en la cuenca interior del Tajo*. Universidad de Alcalá de Henares.
- BUIKSTRA, J.E y BECK, L.A. (eds.) (2006): Bioarchaeology: The contextual analysis of human remains. Academic Press.
- BUIKSTRA, J.E y UBELAKER, D.H. (1994): Standards for data collection from human skeletal remains. Arkansas: Arkansas Archaeological Survey Research Series.
- CAMBRA-MOO, O., NACARINO, C., RODRÍGUEZ, M.A., GARCÍA-GIL, O., RAS-CÓN, J., RELLO-VARONA, S., CAMPO, M. y GONZÁLEZ, A. (2012): Mapping



- human long bone compartmentalisation during ontogeny: A new methodological approach. *Journal of Structural Biology* 178: 338-349.
- DEUTSCH, D; TAM, O y STACK, M.V. (1985): Postnatal changes in size, morphology and weight of developing postnatal anterior teeth. *Growth* 49: 202-217.
- GARRIDO-PENA, R. (2006): "Transegalitarian societies: an ethnoarchaeological model for the analysis of Copper Age Bell Beakers using groups in Central Iberia". En P. Díaz-del-Río y L. García Sanjuán (eds.) *Social Inequality in Iberian Late Prehistory*, 81–96, British Archaeological Reports (International Series) S1525: Oxford. p 81-96.
- GONZÁLEZ, A; ROBLES, F. y GONZÁLEZ V. (1992): Analysis of the early childhood from Spanish Bronze Age. Cerro de La Encantada site.
- GONZÁLEZ, A; ROBLES F. y VLASÁKOVÁ, M. (1994): "La Encantada: una población del Bronce español". En C. Bernis, C. Varea, F. Robles y A. González (eds.) *Biología de las poblaciones humanas: problemas metodológicos e interpretación ecológica*. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. p 135 – 145.
- GONZÁLEZ, A. (1999): Infancia y adolescencia en la Murcia musulmana. Estudio de restos óseos. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- GONZÁLEZ, A. y POLO, M. (2003). Lesiones poróticas en el hueso inmaduro. Nuevas perspectivas del diagnóstico diferencial en Paleopatología. Actas del VII Congreso Nacional de Paleopatología. Universitat de les Illes Balears.
- GONZÁLEZ, A. (2008): "Mitos y realidades en torno a la excavación, el tratamiento y el estudio de los restos arqueológicos no-adultos" En GUSI, F., MURIEL S., OLARIA C., Coord. - *Nasciturus, infans, puerulus vobis Mater terra: la muerte en la infancia*. Diputación de Castellón, Servicio de investigaciones arqueológicas y prehistóricas, serie de prehistoria i arqueología: 57-76.
- GUSI, F. y LUJÁN, J. (2011): Enterramientos infantiles y juveniles durante la edad del bronce peninsular: una aproximación cuantitativa. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de Castellón* 29:153 – 208.
- KAMP, K.A. (2001): Prehistoric children working and playing: a southwestern case study in learning ceramics. *Journal of Anthropological Research* 57(4): 427-450.
- KRENZER, U. (2006): Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. Vol. 3 p 1 – 63.
- IRURITA, J; ALEMÁN, I; VICIANO, J; DE LUCA, S. y BOTELLA, M.C. (2014): Evaluation of the maximum length of deciduous teeth for estimation of the age of infants and young children: proposal of new regression formulas. *International Journal of Legal Medicine* 128(2): 345-352.



- LAPUENTE M. (2008): El conocimiento de las poblaciones del pasado a través de los restos óseos. Características biológicas de la población de La Encantada (Granátula de Calatrava, Ciudad Real, II milenio a.C.). Proyecto de Fin de Carrera. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- LEWIS, M.E. (2007). Bioarchaeology of children: perspectives from biological and forensic anthropology. Cambridge: Cambridge University Press.
- LILLEHAMMER, G. (2010): "Archaeology of children". Sanchez Romero, M. (ed) Infancia y cultura material en Arqueología, *Complutum* 21(2): 15-45.
- LIVERSIDGE, H; DEAN, M.C. y MOLLESON, T.I. (1993): Increasing human tooth length between birth and 5.4 years. *American Journal of Physical Anthropology* 90(3): 307-313.
- LORRIO, A.J. y MONTERO I. (2004): Reutilización de sepulcros colectivos en el Sureste de la Península Ibérica: La colección Siret. *Trabajos de Prehistoria* 61(1): 99-116.
- MENON, J. y VARMA, S. (2011): Children Playing and Learning: Crafting Ceramics in Ancient Indor Khera. *Asian Perspectives* 49(1): 85-109.
- MOORRES, C.F.A., FANNING, E.A. y HUNT, E.E. (1963): Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of Dental Research* 42: 1490- 1502.
- NÁJERA COLINO, T., MOLINA GONZÁLEZ, F., JIMÉNEZ-BROBEIL, S., SÁNCHEZ ROMERO, M., AL OUMAOU, I., ARANDA JIMÉNEZ, G., DELGADO-HUERTAS, A. y LAFFRANCHI, Z. (2010): "La población infantil de la Motilla del Azuer: Un estudio bioarqueológico". Sanchez Romero, M. (ed) Infancia y cultura material en Arqueología, *Complutum* 21(2): 69-102.
- RASCÓN, J; CAMBRA-MOO, O; PIMENTEL, G; GONZÁLEZ, A. y CAMPO, M. (2011): "Influencia del estado de preservación de los restos óseos en el diagnóstico paleopatológico". En A. González, O. Cambra-Moo, J. Rascón, M. Robledo, E. Labajo y J.A. Sánchez (eds.): *Paleopatología: ciencia multidisciplinar*. p 45 – 59.
- SÁNCHEZ, J. (1994): "El Cerro de La Encantada y el Bronce Pleno en La Mancha". En J. Sánchez, C. Galán, A. Caballero, C. Fernández y M.T. Musat (coord.): *Arqueología en Ciudad Real. Jornadas de Arqueología de Ciudad Real*. Madrid. p 69 – 85.
- SÁNCHEZ, J. y GALÁN, C. (2004). El yacimiento arqueológico del "Cerro de la Encantada". En: Investigaciones arqueológicas en Castilla la Mancha 1995 – 2002. Toledo: Junta de comunidades de Castilla – La Mancha. p 49 – 50.
- SCHAEFER, M., BLACK, S. y SCHEUER, L. (2009): Juvenile Osteology. Academic Press.
- SCHEUER, L. y BLACK, S. (2000): Developmental Juvenile Osteology. London: Academic Press Limited.



- SCHEUER, L. y BLACK, S. (2004): *The Juvenile Skeleton*. London: Elsevier Academic Press.
- UBELAKER, D.H. (1978). *Human skeletal remains*. Washington: Taraxacum.
- WHITE, T.D., BLACK, M.T. y FOLKENS, P.A. (2011): *Human osteology*. Academic Press.



LAS REPRESENTACIONES ZOOMORFICAS DEL ARTE MUEBLE EN SOPORTE LÍTICO EN LA TRANSICIÓN MSF-AZILIENSE DEL NORTE PENINSULAR

Cristina de Juana Ortín¹

Resumen:

Este trabajo se fundamenta en el estudio de la fauna que aparece representada en la transición MS-Aziliense, tras la catalogación de 61 piezas de arte mueble en soporte lítico pertenecientes a 17 yacimientos del norte peninsular. Se ha comprobado que dichas representaciones concuerdan con las pautas de elección intencionada de temas, al igual que ocurre con otros soportes.

Los resultados obtenidos apuntan a lo que ya señalaran Balbín y Alcolea (2003 y 2004) sobre la dificultad de utilizar las representaciones zoomórficas en el arte prehistórico para hablar de cambios climáticos. A pesar de esto, si bien no resultan infalibles a la hora de señalar características medioambientales precisas, las grafías que conviven junto a los animales en estos soportes se convierten en un elemento destacado para apoyar la continuidad en el tiempo de una tradición cultural.

Palabras clave:

fauna, arte prehistórico, estilo "V"

Abstract:

This work is based on the study of the fauna depicted in the transition MS-Azilian, after cataloging 61 pieces of furniture lithic art in support from 17 sites in the northern peninsular. It has been found that such representations match patterns deliberate choice of topics, as happens with other supports.

The results point to what already point out Balbín and Alcolea (2005) on the difficulty of using the zoomorphic representations in prehistoric art to talk about climate change. Despite this, although not infallible when pointing precise environmental characteristics, the prehistoric art coexist with the animals in these media become an important element to support the continuity in time of a cultural tradition.

key words:

fauna, prehistoric art, style "V"

¹ cristina.juana@uah.es



Introducción

La Universidad Rey Juan Carlos I ha tenido la iniciativa de llevar a cabo un I Congreso Internacional sobre otras arqueologías, COTARQ, al que esperamos sigan otros muchos, que recoge trabajos tanto de profesionales consolidados como de investigadores noveles dedicados a lo que se ha llamado “otras arqueologías”.

Desde la organización del mismo se ha pretendido agrupar trabajos que si bien constituyen eslabones fundamentales dentro de nuestra ciencia, lo cierto es que dentro de los planes de estudio o en otros congresos parecen no tener una presencia real, siendo objeto de congresos, seminarios o jornadas que resultan del todo específicas y selectivas. Como muestra diremos que el trabajo que sigue, fundamentado en estudios de Arte Prehistórico, fue el único presentado con esta temática en dicho Congreso.

Nuestra ponencia, en la que se aborda el estudio de las representaciones animales en el arte mueble de soporte lítico, fue incluida en la sesión de arqueobiología y ha resultado posible gracias a la concesión de una Ayuda para la Formación del Profesorado Universitario del Programa Propio de la Universidad de Alcalá, de la convocatoria de 18 de mayo de 2011.

Pretendíamos con este trabajo poner en evidencia que el arte prehistórico debe ser tenido en cuenta en todo momento para el conocimiento de las sociedades del pasado en su globalidad.

Balbín y Alcolea (2005) ya insistieron en que era peligroso utilizar los animales aislados de las representaciones para hablar de situaciones de frío o de calor. En su estudio sobre la fauna representada en el arte rupestre paleolítico del interior peninsular, se ponía de manifiesto que las representaciones artísticas durante el tardiglaciario cambiaban por razones culturales y no propiamente climáticas, hecho que nosotros venimos a apoyar con las evidencias en nuestras piezas de estudio.

Al hilo de estos argumentos, como mostraremos, los animales han convivido a lo largo del Paleolítico, en mayor o menor medida, ocupando los mismos espacios y soportes con otro tipo de grafías, los signos, que nos hablan de una tradición cultural que se mantiene en el tiempo. Estos signos, constituidos por puntos y rayas, tanto pintados como grabados, adquieren una presencia destacada durante el Aziliense viniendo a formar parte del llamado Estilo V dentro del arte prehistórico.

Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es prestar una atención preliminar a las representaciones de animales *versus* representaciones de signos en el arte mueble sobre soporte lítico que, en la transición del MSF-Aziliense del norte peninsular,



conviven con una paulatina disminución en número de las estaciones de arte rupestre.

El motivo principal para detenernos en este tipo de soportes es porque dentro del ámbito de “lo mueble” éstas comparten su misma naturaleza con las representaciones parietales, y, además, como ocurre en aquellas, la mayoría de las veces dichos soportes no son modificados en modo alguno.

Estas características nos invitan a preguntarnos en dos direcciones: por un lado, si la fauna representada en soportes líticos muebles es indicativa de algún cambio paleoambiental. Y, por otro lado, hasta que punto, estos soportes son indicativos de la existencia de continuidad en lo conceptual y simbólico con representaciones anteriores, viniendo a conformar el Estilo V.

Consideraciones previas

Respecto a la fauna representada. A principios de los noventa, Sauvet y Wlodarczyk (1995:193-211) llevaron a cabo una clasificación de especies por frecuencia de aparición en las representaciones parietales paleolíticas expresado en porcentajes que resultó así:

Caballo	28.7	Reno	3.7
Bisonte	22.2	Oso	1.4
Cabra	9.5	León	1.2
Uro	6.1	Rinoceronte	0.5
Ciervo	5.8	Pez	1.0
Cierva	7.3	Humano	3.5
Mamut	7.8	Diversos	1.3

Fig.1. Porcentajes de aparición de especies en representaciones rupestres según Sauvet y Wlodarczyk.

Viendo estos resultados comprobamos como tan sólo con el caballo y el bisonte tendríamos el 50% de las representaciones, lo que verifica una selección del todo intencionada. Se pueden apreciar de forma evidente cuatro grupos de frecuente aparición: équidos, bóvidos, cévidos y cápridos, complementados por otras especies como el mamut, el rinoceronte y otros cuya representación es menor y su dispersión geográfica más irregular (Alcolea y Balbín, 2005:518-519; Sauvet, 1993).



Respecto a la elección de soporte. La primera gran obra de referencia que recogía el arte mueble del norte peninsular fue *Arte mueble del Paleolítico cantábrico* (Barandiarán 1972). En dicha obra las piezas sobre soporte lítico constituyen tan sólo 9,1% del total, de las cuales, la mayor parte pertenecen al yacimiento de La Paloma. El grueso de las piezas recogidas había sido realizado sobre hueso. Es posible que esta diferencia tan grande en la elección de los soportes no se corresponda con la realidad de aquel tiempo, y se debiera a la falta de interés en las propias excavaciones por cantos o piezas líticas de pequeño tamaño que no presentaban signos de haber estado implicadas en los procesos de talla.

Aún así en excavaciones llevadas a cabo con metodología actual y estrictamente rigurosa, estas diferencias en la elección del soporte siguen siendo llamativas, en ocasiones por el motivo contrario, como en Estebanvela donde prevalece el soporte pétreo frente al hueso (García Díez 2013:499).

Aunque por estos motivos no podemos valorar la implicación en la elección del soporte, ni tampoco es objetivo de estas líneas, lo que sí sabemos es que las piezas de arte mueble sobre soporte lítico según Barandiarán (1972:248) se caracterizan por:

- La piedra empleada casi siempre no está acondicionada
- Las calidades de resistencia y compacidad de los soportes influyen en las técnicas de grabado. De esta forma los trazos incisos son finos y de huella estrecha en los soportes líticos de grano menudo y carácter compacto (algunos esquistos, cuarcitas y calizas duras), y son grabados profundos y planos los realizados sobre cantos y placas de grano grueso.

Además, debemos indicar que la pintura en los soportes líticos también está presente y que adquiere un mayor protagonismo a medida que avanzamos en el tiempo.

Respecto a la continuidad de los temas. La valoración de los soportes muebles decorados permite apreciar cierta continuidad en el tiempo en lo referente a las manifestaciones artísticas, hecho que llevó a Breuil (1974: 405) a proponer “la primera explicación teórica estilística para la transición gráfica paleolítico-pospaleolítico hablando en más de una ocasión de una “quinta fase” del Arte Paleolítico contemporánea al Aziliense” (Bueno, Balbín y Alcolea, 2008: 258-259) que completaría la secuencia de estilos que elaboró Leroi-Gourhan.

En las obras *Les religions de la préhistoire* (1964), *Le geste et la parole* (1964b) y, sobre todo, en *La préhistoire de l'art occidental* (1965) Leroi-Gourhan expuso su secuencia cronológica válida tanto para el arte parietal como para el arte mobiliario.



Leroi-Gourhan para su propuesta de secuencia de estilos utilizó precisamente el arte mueble y los fragmentos de pared decorados, que habían aparecido en estratigrafía al desprenderse, lo que le permitió elaborar una propuesta basada en contexto arqueológico. Dentro de los estilos de Leroi-Gourhan, el estilo IV se caracterizaría porque las figuras buscan el realismo más allá del naturalismo que había presidido las representaciones anteriores, lo cual supondría el final del arte paleolítico.

Durante el Epipaleolítico cantábrico (11000-5500 B.P.) las representaciones figurativas van a ir desapareciendo paulatinamente, encontrándose un arte esquemático menos abundante pero que mantiene continuidad con motivos esquemáticos del Magdaleniense Superior (González Sainz y González Morales, 1986:260)

Los hallazgos en el sur de Cataluña y en el norte de la Comunidad Valenciana como son los conjuntos de Moli del Salt (García Díez y Vaquero, 2006), Parpalló (Villaverde, 2004), Matutano (Olaria, 2008) o Tossal de la Roca (Ripoll y Cacho, 1987) citados por Martínez Moreno, Villaverde y Mora Torcal (2011:159-160) vienen a confirmar esta continuidad entre el arte del MSF y el del Epipaleolítico.

De igual modo, los 43 soportes decorados hallados en el yacimiento de La Peña de Estebanvela han servido, debido a su repartición en tres conjuntos sedimentarios diferentes, “para caracterizar la variabilidad interna existente durante el Magdaleniense final (niveles I y II correspondientes a ocupaciones humanas acontecidas entre hace 11.770 y 10.580 años BP) - lapso de entre 13.800 y 12.570 años BP calibrados al 95%-)” (García Díez 2013:503).

Hallazgos como los de Fariseu en Portugal o de Estebanvela (Segovia) en España, junto con otras evidencias, han servido a Bueno, Balbín y Alcolea (2007 y 2008:256) para afirmar que existen “interesantes elementos de reflexión para una continuidad Paleolítico-Epipaleolítico” que vendría a corroborar la hipótesis de Breuil.

El estilo V está presente en cuevas, en grabados al aire libre y en arte mueble con buenas referencias de cronologías absolutas de entre el 11500BP y el 9000BP que avalan la continuidad del Arte Paleolítico en todo el sur de Europa (Bueno, Balbín y Alcolea 2007, 2008:257-261).

Las representaciones adscritas al “estilo V”, encuadradas dentro del ámbito Epimagdaleniense/Epipaleolítico correspondiente al Final del Tardiglaciario se caracterizan principalmente porque:

- Los temas figurativos conviven con lo abstracto
- Hunde sus raíces estilísticas y temáticas en el MSF, con trazos simples y sencillos aparentemente sin organización, aspas o reticulados son conocidos en contextos crono-culturales anteriores.



- Temas animales: équidos, bóvidos y cérvidos
- Representaciones más pequeñas
- Destaca la utilización de trazos repetidos y superpuestos, así como las formas triangulares.


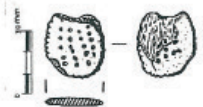



Imagen	Adscripción Cultural	Descripción
 Tito Bustillo	Magdaleniense Superior	Fragmento de plaquita de piedra grabada a trazo fino con el esbozo de la cabeza de un animal, quizá un caballo, y cruzándolo transversalmente algunos trazos lineales que posiblemente conforman un tema de triángulos. MOURE, 1975; CORCHÓN, 1986.
 Tito Bustillo	Magdaleniense Superior	Colgante de forma ovalada y sección aplanada, roto por la perforación, y decorado con marcas en el contorno y con puntuaciones, cuatro hileras por cada cara y alternado 5 y 6 puntos en la superior, y un número no precisado por roturas en la opuesta. MOURE, 1976; CORCHÓN, 1986.
 La Paloma	Magdaleniense Superior Final	Placa en pizarra grabada en una cara con incisiones rectilíneas cruzadas de forma irregular. CORCHÓN, 1971, 1986.
 Balmori	Aziliense	Se han grabado dos trazos transversales, rellenos por otros dos menores oblicuos, parcialmente interrumpidos por otros dos apendiculares, todo lo cual sugiere la silueta de un animal indeterminado, probablemente incompleto (sin cabeza). OBERMAIER, 1921; CORCHÓN, 1986
 Los Azules	Aziliense	Canto procedente de una sepultura. Presenta en la cara superior un punto de color de negro y una franja coloreada semicircular. En una cara lateral se sitúan, asimismo, dos puntos en negro y una pequeña mancha. FERNÁNDEZ-TRESGUERRES, 1982; CORCHÓN, 1986.

Fig.2. Recogemos en esta tabla algunos ejemplos dónde se observan que los puntos y rayas, grabados o pintados se mantienen en el tiempo en soportes de similares características.

Metodología y resultados

Para este trabajo hemos analizado 61 piezas muebles en soporte lítico, adscritas al Magdaleniense Superior y el Aziliense, pertenecientes a un total de 17 yacimientos que recorren toda la cornisa cantábrica, desde Asturias al P. Vasco. Dichos yacimientos son: Tito Bustillo, El Castillo, La Paloma, Collubil, El Pendo, El Valle, Atxeta, Santimamiñe, Lumentxa, Urriaga, Aitzbitarteiu, Cueva Oscura de Ania, Los Azules, La Riera, Balmori, El Pindal y Urratxa.



Las piezas en cuestión son las recogidas en las obras de referencia anteriormente citadas (Barandiarán (1972) y Corchón (1986)) y en los casos en los que nos ha sido posible, las que hemos consultado personalmente.

La información pormenorizada de cada una de las piezas analizadas ha sido recogida en fichas elaboradas en File Maker siguiendo la metodología que ya propusiéramos (Juana, 2014).

YACIMIENTO	Magdaleniense						Aziliense						Total Piezas
	cer	cap	eq	bv	otro	sig	cer	cap	eq	bv	otro	sig	
Tito Bustillo	3		4	1		3							11
El Castillo	1		1										2
La Paloma					1	7							8
Collubil					1								1
El Pendo						3							3
El Valle												2	2
Aixeta					2	1							3
Santimamiñe					1								1
Lumentxa			1										1
Urtiaga		1	1		3								5
Aizbitartelu	1												1
Cueva Oscura A.												3	3
Los Azules												15	15
La Riera												1	1
Balmori											1	1	2
Pindal												1	1
Urratxa												1	1
	5	1	7	1	8	14					1	24	61

Fig.3. Relación de animales y signos en soportes muebles de tipo lítico de cada yacimiento. En el grupo de *otros* se engloban representaciones de animales puntuales como los carnívoros, o de cuadrúpedos no identificables. Tampoco se han tenido en cuenta la asociación de más de un animal, sólo aquellos bien identificados.

En el área cantábrica, Leroi-Gourhan (1965:438) observó una divergencia en la temática entre el arte parietal y el mueble, de manera que mientras en lo parietal predomina la asociación caballo-bisonte, en lo mueble éstas son relativamente escasas, debiendo subrayarse casi la total ausencia de bisontes en el repertorio iconográfico mueble (Barandiarán 1972:267). Este hecho puede constatar en nuestro estudio, que sólo tiene en cuenta las piezas



muebles en soporte lítico, donde los cérvidos toman total protagonismo en el Magdaleniense Superior.

Como observamos, durante el MS las especies más representadas son los cérvidos y équidos, mientras que con gran diferencia en el Aziliense lo son los signos, que ya estaban presentes en periodos anteriores.

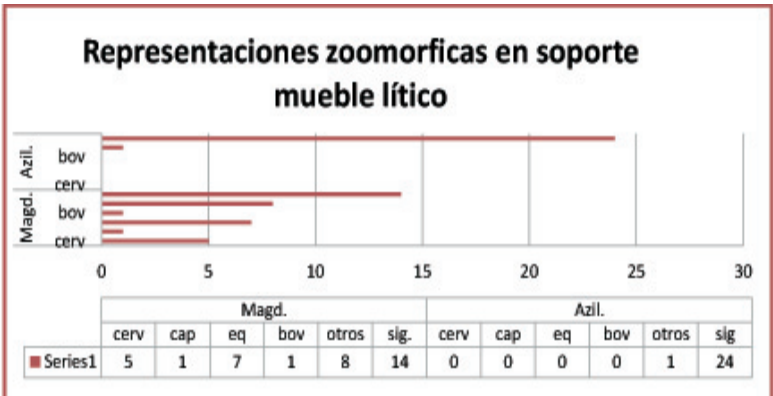


Fig.4. Total de representaciones zoomórficas y de signos en función de la adscripción cultural.

Consideraciones finales

Respecto a las gráficas. Hemos verificado que las piezas de arte mueble en soporte lítico se ajustan perfectamente a las descripciones de conjunto sobre arte mueble cantábrico.

Las representaciones de los animales, al final del Magdaleniense en el área cantábrica se caracterizan por resultar más estilizadas que en momentos anteriores, sobre todo en lo referente al sujeto estilizado más típico, la cabra, se dan situaciones de representaciones dobles y se conocen algunos ejemplos de incluso tres y cinco individuos. Otra característica del final del Magdaleniense cantábrico es que se hacen frecuentes las representaciones parciales de los sujetos, aunque se percibe un renovado interés por la expresión plástica del volumen mediante la escultura, modelado o relieve, algo que ha heredado del Magdaleniense Medio (Corchón 1986:104-105).

Al llegar el Aziliense, a comienzos del Epipaleolítico Cantábrico, las representaciones animales parecen desvanecerse, convirtiéndose en protagonistas absolutos de las representaciones muebles los signos, en forma de puntos o bandas mayoritariamente (Los Azules, El Valle, El Pindal), aunque éstos en ningún caso son originales, sino una prolongación de algunos de los motivos del Magdaleniense superior final (Corchón 1986:105).



Respecto a los indicadores climáticos o paisajísticos. Atendiendo a las preguntas que nos hacíamos inicialmente, hay que tener en cuenta que en el límite entre MSF y Aziliense, hacía la 13500 cal BP, observamos unas condiciones templadas propias de los momentos finales del Interstadial del Tardiglacial, que los datos malacológicos y palinológico muestran como una mejora climática a lo largo del Aziliense (García Moreno y Gutiérrez Zurigasti, 2012:203).

Por tanto, hubiera sido significativo que encontrásemos representadas especies de fauna fría (F.F), ya que las características que definen tradicionalmente al término “mammoth steppe” no pueden ser aplicadas al menos, en el caso de la PI. Estas especies de F.F llegan a la PI sólo durante periodos temporales específicos y durante unas condiciones climáticas características. De esta forma el mamut, el rinoceronte lanudo y el antílope saiga aparecen de forma puntual en la PI durante el Tardiglacial en dos fases claramente definidas, la primera entre ca. 20700 y 17500 BC cal (Álvarez y Jöris, 2009:67), que son anteriores a nuestro periodo de estudio.

Dicho esto, y observando que los principales animales representados son ciervos (*Cervus elaphus*) y équidos (*Equus caballus*) que son especies euritermas, debemos tener la precaución de entender, que una especie euriterma es aquella que se adapta a medios ambientes diferentes y no obligadamente aquella perteneciente a biotopos de clima moderado. La información que podemos obtener, por tanto, de dichas especies, más que en relación al clima estaría relacionada con las características del paisaje en el que se desarrollan. Los caballos son una especie que se adapta mejor a espacios abiertos y los ciervos prefieren zonas arboladas (Alcolea y Balbín, 2005:519).

Recordemos que durante el desarrollo del Tardiglacial los niveles marinos ascendieron casi modo constante, produciéndose una profunda modificación de los paisajes litorales. Este hecho es de gran relevancia a la hora de valorar en conjunto a la fauna regional y los sistemas de explotación. Los caballos se vieron privados de un hábitat adecuado debido al avance de los bosques y los ciervos, aunque son la especie dominante en la mayoría de los yacimientos a lo largo del Paleolítico Superior, pensamos que su presencia debió verse reducida pues, los bosques cerrados caducifolios, no debían resultarles muy favorables a su modo de vida (González Sainz y González Morales, 1986:260).

Respecto al valor conceptual y simbólico. Balbín y Alcolea (1994:128-129; 2005:520) han insistido en que las representaciones de animales en el Paleolítico son formas que han extraído de su realidad más próxima pero que no la reflejan de forma mecánica ni exacta. Los animales que observamos conforman un código cultural que expresan múltiples realidades (Balbín y Alcolea, 1999:45; 2005:520). Este fenómeno como apuntan Alcolea y Balbín (2005:520) tiene su máxima evidencia en Lascaux (Bouchud, 1979:148) donde



la fauna representada y la presente en el registro arqueológico apenas tiene coincidencia.

En las tablas que aportamos las representaciones tienen una clara dualidad, la de los zoomorfos y la de los signos. Los signos, aquellas representaciones no figurativas que no podemos identificar, parecen contener un significado muy concreto que permanece en el tiempo. Este tipo de decoración de líneas finas con puntos o pequeños trazos adosados según González Sainz (1986:255) encuentran buenos paralelos con piezas mobiliarias del Aziliense francés y del romanelliense italiano.

Por el contrario, los animales, parecen adquirir un sentido simbólico estricto pues llegan a prácticamente desaparecer en este tipo de soportes cantábricos. No ocurre lo mismo en otras regiones geográficas para las mismas cronologías como en Estebanvela, donde hay soportes líticos con caballos o Fariseu, con ciervos, en estos casos representaciones faunísticas bajo claras características del aludido Estilo V, y que en cualquier caso son muestra de un cambio de mentalidad y entorno cultural que es paralelo a los cambios climáticos y de los modos de subsistencia.

Por último, y como ya señalara E. Corona-M. (2010), creemos que es necesario volver a incluir en la investigación arqueobiológica el proceso de estudio de las representaciones zoomorfas. Más allá de la identificación de las propias especies que pueden aportarnos cierta información en lo relativo a la morfología, distribución y ecología, al relacionarlos con los aspectos culturales, como es el arte prehistórico, o mejor dicho, el estudio de las grafías prehistóricas, podremos obtener información acerca de su valor simbólico, relevancia cultural o geográfica, así como su asociación a determinados soportes.

Bibliografía

- ALCOLEA GONZÁLEZ, J. J., & DE BALBÍN BEHRMANN, R. (2003). Témoins du froid. La faune dans l'art rupestre paléolithique de l'intérieur péninsulaire. *L'Anthropologie*, 107(4), 471-500.
- ALCOLEA GONZÁLEZ, J. J. A., & DE BALBÍN BEHRMANN, R., 2003. Testigos del frío: la fauna en el arte rupestre paleolítico del interior peninsular. In *Geoarqueología y Conservación del patrimonio* (pp. 517-536).
- ÀLVAREZ FERNÁNDEZ, E. Y JÖRIS, O., 2009. El significado cronológico de algunas especies de fauna fría durante el Tardiglaciario en la Península Ibérica. *Zephyrus*, vol. 51, pp. 61-86.
- BALBÍN BEHRMANN, R., GONZÁLEZ, J. J. A. Y SANTONJA, M., DE, 1994, Siega Verde y el arte rupestre paleolítico al aire libre. In *6 Coloquio Hispano-Ruso de Historia* (pp. 5-19). Fundación Cultural Banesto.
- BALBIN BEHRMANN, R., & ALCOLEA, J. J., 1999, Vie quotidienne et vie religieuse. Les sanctuaires dans l'Art Paléolithique. *L'Anthropologie*, 103, 23-49.

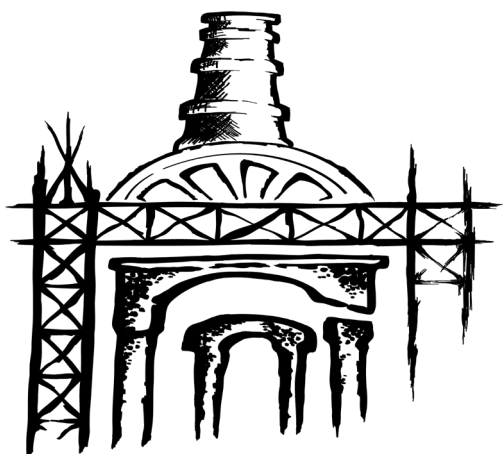


- BARANDIARÁN, I., 1972, *Arte mueble del paleolítico cantábrico*. Zaragoza: Departamentos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad.
- BOUCHUD, J., 1979, La faune de la grotte de Lascaux in Lascaux inconnu. *Supplément à Gallia Préhistoire Paris*, 12, 147-152.
- BREUIL, H., 1974. *Quatre cents siècles d'Art Pariétal*. París: Editions Max Fourny.
- BUENO RAMÍREZ, P. AND BALBÍN BEHRMANN, R. Y ALCOLEA GONZÁLEZ, J.J., 2008, Estilo V en el ámbito del Duero: cazadores finiglaciares en Siega Verde (Salamanca) *Arte prehistórico al aire libre en el sur de Europa*, 2008.
- CORCHÓN, M.S., 1986. *El arte paleolítico cantábrico contexto y análisis interno*. 1a ed. Madrid: Ministerio de Cultura ISBN 8450567882.
- CORONA-M., E., 2010. El arte rupestre, expresión de las relaciones entre hombre y fauna. *El Tlacuache* 410, pp. 3.
- GARCÍA DÍEZ, M., 2013. La expresión gráfica de La Peña de Estebanvela (Segovia) en el contexto de los últimos grupos cazadores-recolectores europeos. In: *Ocupaciones magdalenenses en el interior de la Península Ibérica. La Peña de Estebanvela (Ayllón, Segovia)* Carmen Cacho, Juan Antonio Martos y Jesús Valdivia, 2013 ed. Junta de Castilla y León. CSIC., pp. 471-514.
- GARCÍA DÍEZ, M. Y VAQUERO, M., 2006. La variabilité graphique du Molí del Salt (Vimbodí, Catalogne, Espagne) et l'art mobilier de la fin du Paléolithique supérieur à l'est de la Péninsule Ibérique. *L'Anthropologie*, vol. 110, no. 4, pp. 453-481.
- GARCÍA MORENO, A. Y GUTIÉRREZ ZUGASTI, F. I., 2012. Cambios climáticos al final del Tardiglacial: una aproximación multidisciplinar a las evidencias paleoclimáticas del valle de Asón (Cantabria) *El Paleolítico Superior Cantábrico: actas de la Primera Mesa Redonda, San Román de Candamo (Asturias), 26-28 de abril de 2007*.
- GONZALEZ SAINZ, C., 1986, *La prehistoria en Cantabria* (Vol. 1). Ediciones Tantin.
- JUANA, C. d., 2014. Inicio al estudio de las piezas muebles finipaleolíticas y azilienses sobre soporte lítico. *A.R.P.I. Arqueología y Prehistoria Del Interior Peninsular*, vol. 01, pp. 47-63.
- LEROI-GOURHAN, A., 1964. Le geste et la parole, 2 vols. *Albin Michel, Paris*, vol. 1.
- LEROI-GOURHAN, A., 1964b, Les religions de la préhistoire.
- LEROI-GOURHAN, A., Coppens, Y., Delluc, G. y Delluc, B., 1965. *Préhistoire de l'art occidental*. L. Mazenod.
- MARTÍNEZ-MORENO, J., VILLAVERDE, V. Y MORA TORCAL, R., 2011. La placa grabada de Balma Guilanyà (Prepirineo de Lleida) y las manifestaciones artísticas del Mesolítico de la Península Ibérica. *Trabajos De Prehistoria*, vol. 68, no. 1, pp. 159-173.



- OLARIA, C., 2008. *Grafismo mobiliar magdalenense de Cova Matutano (Vilafamés, Castellón) en el contexto del Mediterráneo peninsular*. Monografies de Prehistòria i Arqueologia Castellonenques 7. ed. Castellón: Diputació de Castelló.
- RIPOLL, S. Y CACHO, C., 1987. Art mobilier du Paléolithique méditerranéen espagnol. Quelques nouvelles techniques. *J. Clottes (Ed.): L'art Des Objets Au Paléolithique 1 - L'art Mobillier Et Son Contexte. Actes Du Colloque De Foix-Le Mas d'Azil*, pp. 287-293.
- SAUVET, G., 1993, Thématique de l'art pariétal. Introduction. Le problème de la détermination. En "L'Art Pariétal Paléolithique. Techniques et méthodes d'étude. Documents Préhistoriques, 5. París. Pp 83-86.
- SAUVET, G. Y WLODARCZYK, A., 1995. Eléments d'une grammaire formelle de l'art pariétal paléolithique. *L'anthropologie*, vol. 99, no. 2-3, pp. 193-211.
- VILLAVARDE, V., 2004. Arte mueble paleolítico en el Mediterráneo occidental: contexto y diversidad regional. *La Materia Del Lenguaje Prehistórico.El Arte Mueble Paleolítico De Cantabria En Su Contexto.Instituto Internacional De Investigaciones Prehistóricas De Cantabria.Santander*, pp. 67-84.





SESIÓN 2

OTRAS CIENCIAS Y TÉCNICAS
APLICADAS EN ARQUEOLOGÍA

ARQUEOSISMOLOGÍA: UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA LA SISMOLOGÍA Y LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO

M.A. Rodríguez-Pascua¹, P.G. Silva², J.L. Giner-Robles³, R. Pérez-López¹,
M.A. Perucha¹, y F. Martín-González⁴

Resumen:

La Arqueosismología es una técnica multidisciplinar enfocada al estudio de terremotos en el pasado histórico mediante yacimientos arqueológicos y patrimonio cultural. Los datos procedentes de la arqueología son fundamentales a la hora de poder realizar interpretaciones arqueosismológicas, esto hace que la colaboración interdisciplinar Arqueología-Geología sea fundamental a la hora de elaborar conclusiones fiables. La inclusión del análisis estructural geológico en el estudio de las deformaciones sísmicas del patrimonio cultural, permiten conocer cuál ha sido el origen de las mismas y cómo se comportará este patrimonio en el futuro. También puede aportar nuevos datos a los catálogos sísmicos, con terremotos no registrados documentalmente. La arqueosismología se muestra como una herramienta adecuada para aplicar en la prevención contra terremotos que pueden afectar a nuestro patrimonio cultural.

Palabras clave:

Terremoto, Arqueosismología, Efectos Arqueológicos de Terremotos (EAEs), Análisis Estructural Geológico.

Abstract:

The Archaeoseismology is a multidisciplinary technique focused in the study of the historical earthquakes by archaeological sites and cultural heritage. The data from the Archaeology are fundamental to make archaeoseismic interpretations, for this reason the interdisciplinary collaboration Archaeology-Geology is essential in order to make reliable conclusions. The inclusion of structural geological analysis in the study of seismic deformations of cultural heritage offers the possibility to know the origin of such deformation and how the heritage will behave in the future. The Archaeoseismology can also add new data to the seismic catalogues with unregistered earthquakes. The Archaeoseismology is an appropriate tool to apply for seismic prevention affecting of our cultural heritage.

1 Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. España.
ma.rodriguez@igme.es, r.perez@igme.es, ma.perucha@igme.es

2 Dpto. Geología, Escuela Politécnica Superior de Ávila, Universidad Salamanca. Ávila. España.
pgsilva@usal.es

3 Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. SPAIN. jorge.giner@uam.es

4 Área de Geología, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos. Móstoles (Madrid). España.
fidel.martin@urjc.es



Key words:

Earthquake, Archaeoseismology, Earthquake Archaeological Effects (EAEs), Geological Structural Analysis.

Introducción

Podríamos definir la arqueosismología como la disciplina encargada del estudio de los terremotos a través del estudio de sus efectos extraídos de yacimientos arqueológicos y/o patrimonio cultural. A pesar de que la arqueosismología empezó a crearse a finales del s. XIX, en los últimos años, ya ha pasado de ser un modismo a una disciplina conocida y aplicada en el ámbito del estudio de los terremotos. Lyell en su “Principios de Geología” de 1872, ya cita varios casos de excavaciones arqueológicas utilizadas para determinar la presencia de terremotos en el pasado. Los diferentes esfuerzos realizados por múltiples autores desde los años 80’ (Rapp, 1982; Zang et al., 1986; Stiros, 1988a y b; Nikonov, 1988; Guidoboni, 1989) han hecho que esta técnica multidisciplinar sea conocida en el ámbito de la sismología y comience a ser tomada en cuenta, aunque otros autores ya habían introducido con anterioridad los terremotos en las interpretaciones arqueológicas (Lanciani, 1918).

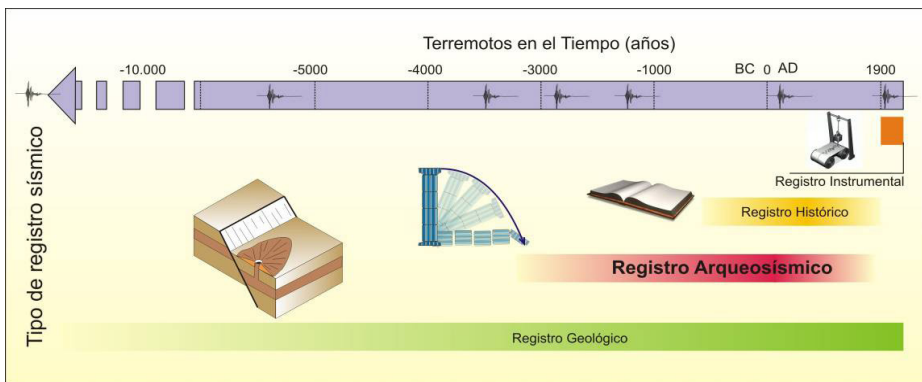


Fig. 1. Intervalo temporal ocupado por el registro arqueosismológico.

Cuando en los años 90’ se realiza una recopilación del estado del conocimiento llevada a cabo por Stiros y Jones (1996), coinciden tanto en la necesidad de la colaboración multidisciplinar entre arqueología, sismología, geología, ingeniería, arquitectura e historia, así como, en preguntarse ¿Qué criterios son necesarios para identificar efectos sísmicos en un yacimiento arqueológico? La primera premisa está ampliamente aceptada y el trabajo multidisciplinar es absolutamente necesario para poder avanzar en el estado del conocimiento en



arqueosismología. El rango temporal que abarca la arqueosismología depende de la zona en la que nos encontremos (Fig. 1). Sobre todo es útil desde la aparición de las primeras construcciones humanas susceptibles de ser afectadas por terremotos, aunque también se han registrado en ocasiones colapsos en cuevas atrapando *Homo sapiens* o neandertales, por lo que el registro podría irse hasta el Pleistoceno. En el caso de España el registro puede ir hasta la Edad del Bronce, pero para ser utilizado con ciertas garantías no podríamos ir más allá de la romanización (s. III BC).

En cuanto a los criterios a tener en cuenta para discriminar el origen sísmico de las deformaciones encontradas en un yacimiento arqueológico, aún son objeto de debate científico. En este sentido han surgido trabajos como el de Sintubin y Stewart (2008) en el que proponen una metodología con estructura de árbol lógico para cuantificar un factor del potencial arqueosísmico de un yacimiento arqueológico. Pero para poder discriminar el origen sísmico de estructuras de deformación en yacimientos arqueológicos es necesario aplicar una metodología científica; para lo cual, lo primero que se necesita es una clasificación de estructuras en función de su origen. Rodríguez-Pascua et al. (2011) proponen una clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos (Earthquake Archaeological Effects, EAEs) que cubre este paso inicial, además de incluir en el 2013 una escala de intensidades basada en la combinación de las escalas macrosísmicas EMS98 y la de efectos geológicos de terremotos ESI07. Una vez clasificados estos efectos se lleva a cabo un análisis estructural geológico para poder determinar si son estructuras que siguen patrones de deformación orientados por el movimiento del terreno o no. En este sentido, Giner Robles et al. (2011) editan una guía de metodológica de trabajo en este ámbito.

Metodología

La arqueosismología es un método científico multidisciplinar que tiene un doble objetivo: por un lado, el determinar terremotos no registrados históricamente, y por otro, el estudio del comportamiento sísmico del patrimonio cultural. Con todos estos datos, se abren nuevas posibilidades para el estudio de fallas activas mediante paleosismología, se obtienen nuevos registros para completar los catálogos sísmicos, para su aplicación a la peligrosidad y riesgo sísmico, y para la creación de protocolos de actuación para protección del patrimonio en caso de sismo, así como la toma de medidas preventivas. En el caso de la paleosismología el flujo metodológico es reversible, puesto que investigaciones paleosismológicas en fallas activas también nos pueden poner sobre la pista de yacimientos arqueológicos que pudieron ser afectados por estos paleoterremotos (Fig. 2).

Para poder identificar terremotos en el pasado histórico se puede recurrir a tres tipos de registro: documental, arqueológico y edificaciones/construcciones de interés patrimonial.



Con toda esta información, y el trabajo de campo, podremos catalogar los diferentes EAEs. Los EAEs se muestran como buenos indicadores para la identificación de terremotos no registrados históricamente, permitiendo la cuantificación de la deformación y su aplicación a la protección del patrimonio cultural. Estas metodologías han sido calibradas con éxito en el reciente terremoto de Lorca (11/05/2011) (Giner Robles et al., 2012; Rodríguez-Pascua et al., 2012) y han sido utilizadas tanto en la estabilización de edificios históricos como en los planes de restauración (De la Hoz, 2012a y b).

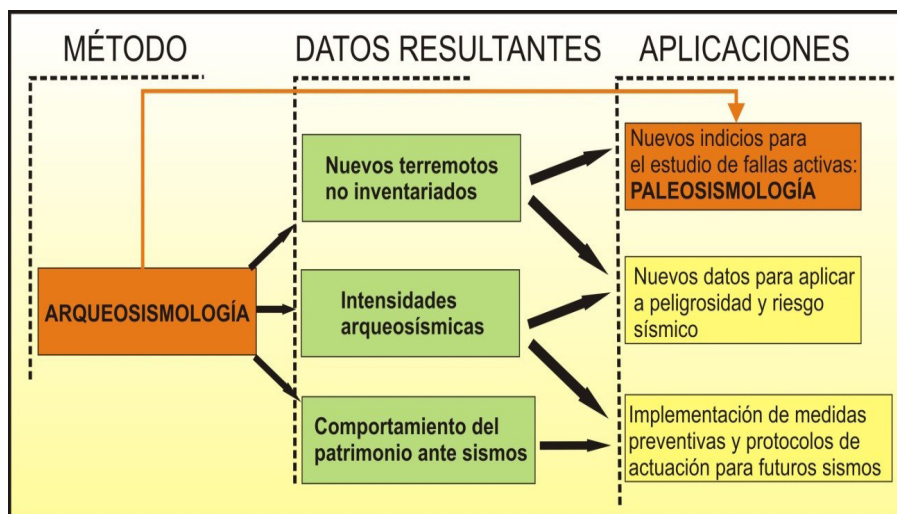


Figura 2. Aplicaciones y tipos de datos que generan los estudios arqueosismológicos.

Con toda la información previa recopilada se pasaría al estudio en detalle de las deformaciones que representan los EAEs, mediante análisis estructural geológico y/o modelización numérica mediante computación. El objetivo principal es calcular las orientaciones de las deformaciones de las construcciones y su relación, tanto con la falla que generó el terremoto, como con la llegada de las ondas sísmicas al yacimiento. Todos estos datos arqueosísmicos pueden ser corroborados y validados por técnicas paleosismológicas, las cuales van a permitir calcular los parámetros sismogénéticos de la falla que produjo el sismo, entre ellos la secuencia sísmica de los últimos terremotos que afectaron al yacimiento arqueológico.

El caso del terremoto de Lorca de 2011 también puso de manifiesto la necesidad de crear protocolos de intervención rápida, tanto desde un punto de vista de la protección del patrimonio, como de la toma de datos de EAEs, que permitan respaldar las intervenciones en la protección patrimonial (conclusiones de las Jornadas de expertos sobre Patrimonio en Riesgo que organizó el IPCE en Lorca; IPCE, 2012). Mientras escribimos estas líneas ha tenido lugar el terremoto de Nepal (25/04/2015; M=7,8), donde las víctimas ya se cuentan por miles, habiendo



quedado destruido gran parte del patrimonio cultural de este país, especialmente en su capital Katmandú. Cada nuevo terremoto nos hace reflexionar sobre la necesidad de avanzar en el conocimiento arqueosismológico para poder paliar en la medida de lo posible estas catástrofes. Todo esto indica el potencial de una disciplina que está emergiendo en la actualidad y que está respaldada por instituciones como INQUA (*International Association for Quaternary Research*) o la UNESCO mediante sus proyectos IGCP.

Efectos arqueológicos de terremotos (earthquake archaeological effects, EAEs)

En toda investigación arqueosismológica es necesario realizar una clasificación de EAEs previa a su estudio pormenorizado. Para este fin, Rodríguez-Pascua et al. (2011) proponen una clasificación de EAEs, basada en los efectos que se producen durante el terremoto y los que tienen lugar después del mismo; es decir, efectos cosísmicos y postsísmicos (Fig. 3). Los efectos cosísmicos se pueden dividir a su vez en efectos geológicos y efectos en la fábrica de los edificios. Dentro de los Efectos Arqueológicos de Terremotos (EAEs), los efectos postsísmicos o efectos indirectos, pueden dar pistas para iniciar una investigación arqueosísmica en un determinado yacimiento, pero no van a permitir determinar de forma directa la existencia de un terremoto en el pasado, como abandonos injustificados, reparaciones con elementos reciclados o construcciones antisísmicas (Fig. 4). Las descripciones históricas de terremotos también aportan datos de edificaciones importantes que sufrieron daños, como puedan ser catedrales o palacios. Esta información permite focalizar la búsqueda de deformaciones arqueosísmicas en el campo. Mucha de esta información ya está recopilada y seleccionada por parte de catálogos como el de Galbis (1932 y 1940) o el de Martínez Solares y Mezcua (2002). Sin embargo, existe más información referente a la especificación de daños en grandes construcciones, por ejemplo catedrales, cuyo contenido no ha sido objeto por parte de estos catálogos, centrados fundamentalmente en la identificación de eventos sísmicos, sin entrar en estos detalles. En algunos archivos catedralicios se puede encontrar información exhaustiva de estos efectos, como por ejemplo los daños producidos por el Terremoto de Lisboa (1755) en la Catedral de Coria (Martínez-Vázquez, 1999) o los efectos producidos en la Colegiata de San Patricio en Lorca por el terremoto de 1674 (Muñoz Clares et al., 2012). De este modo se puede tener un dato orientado de la deformación; dato que se puede contrastar observando los daños que han podido permanecer hasta nuestros días o las reparaciones de los mismos. En algunos casos también es posible encontrar información periodística con grabados de época en los que se puede extraer este tipo de deformaciones. Mención aparte merecen los terremotos acaecidos después de la invención de la fotografía, donde podemos observar de forma directa estos EAEs.



				Intensidad ESI07 Intensidad EMS98											
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
EFFECTOS ARQUEOLÓGICOS DE TERREMOTOS (EAE)	I. EFECTOS COSÍSMICOS PRIMARIOS (EFECTOS DIRECTOS)	EFECTOS GEOLÓGICOS	Efectos geológicos asociados a la falla	- Escarpes de falla											
				- Levantamientos / hundimientos											
			Efectos geológicos alejados del plano de falla	- Licuefacciones y diques de arena											
				- Deslizamientos											
				- Caída de bloques											
				- Tsunamis/Seiches											
				- Colapsos en cavidades											
				- Pavimentos de argamasa plegados											
				- Fracturas y pliegues en enlosados regulares											
				- Fracturas y pliegues en enlosados irregulares											
				- Compactación de sustratos y rellenos antrópicos											
		EFECTOS EN LA FÁBRICA DE LOS EDIFICIOS	Estructuras de deformación generadas por deformación permanente del sustrato	- Impactos entre el enlosado											
				- Contrafuertes desplazados y girados											
				- Muros basculados											
				- Muros desplazados											
				- Muros Plegados											
			Estructuras de deformación generadas por deformación transitoria del sustrato	- Fracturas penetrativas en bloques de sillería											
				- Fracturas conjugadas en muros de estuco o ladrillo											
				- Columnas caídas y orientadas											
				- Giros en bloques de sillería y columnas											
				- Bloques de sillares desplazados											
				- Claves de arco desplazadas											
				- Escalones y líneas de bordillo plegadas											
				- Muros colapsados (incluyendo restos humanos y objetos de valor bajo los escombros)											
				- Bóvedas colapsadas											
				- Marcas de Impacto											
				- Cerámica aplastada											
				- Esquinas fracturadas											

Fig. 3. Tabla de clasificación de Efectos Arqueológicos de Terremotos (*Earthquake Archaeological Effects*, EAEs) (modificada de Rodríguez-Pascua et al., 2011) e intensidades arqueosismológicas mínimas en las que se producen los EAEs.





Figura 4. Engatillados antisísmicos en las Yácatas de Tzintzuntzan (Cultura Purhépecha o Tarasca), lago de Pácuaro (Michoacán, México). Estos impiden el desplazamiento horizontal entre bloques de sillería provocado por terremotos.

Una aplicación importante de los EAEs es la estimación de la intensidad sísmica mínima que los puede generar. Estos efectos se pueden dividir en geológicos y generados en la fábrica de los edificios. Los primeros fueron reducidos en el desarrollo de la escala de intensidades EMS98, pero ampliamente diferenciados y desarrollados por la escala macrosísmica ESI07 (Michetti *et al.*, 2007). Por este motivo, en la escala de intensidades de EAEs se ha utilizado la ESI07 para asignar intervalos de intensidad a los EAEs relacionados con efectos geológicos, como puedan ser licuefacciones, deslizamientos, etc. Todos los efectos geológicos llevados a su límite máximo pueden producir la destrucción total de un yacimiento arqueológico o de un edificio patrimonial, por lo que el límite máximo del intervalo de intensidades va a ser siempre XII para todos los EAEs. El límite mínimo se ha fijado utilizando la escala ESI07 y asignando la intensidad más baja a la intensidad menor en la que un efecto geológico pueda quedar preservado en el registro geológico y/o arqueológico. En el caso de deslizamientos, caídas de bloques, compactaciones de rellenos antrópicos y licuefacciones se han podido establecer los límites mínimos tanto para la EMS98 como para la ESI07, siendo diferente para las dos escalas tan solo en el caso de rellenos y caídas de bloques. Para el segundo caso la intensidad mínima es de VI para la EMS98 y de IV para la ESI07 (Fig. 3).



En el caso del establecimiento de los valores mínimos de intensidades para los efectos en la fábrica de los edificios se utiliza íntegramente la escala EMS98. Para establecer estos valores mínimos se tienen en cuenta el tipo constructivo, cuyo número se ha reducido para el caso de construcciones históricas y patrimoniales, así como para yacimientos arqueológicos, quedando los siguientes tipos constructivos a tener en cuenta: piedra suelta o canto rodado (al hueso), adobe, mampuesto, ladrillo y sillería (Fig. 3).

Los efectos geológicos se subdividen en efectos asociados al plano de falla que generó el terremoto, o alejados de éste (Fig. 3). El efecto extremo sería la rotura de un yacimiento por el salto de falla generado durante el terremoto. Otros efectos geológicos asociados al plano de falla serían los hundimientos o elevaciones cosísmicas. Para poder identificar estos movimientos en el pasado arqueológico es necesario contar con niveles de referencia, como es el nivel del mar o el de masas lacustres.



Figura 5. Licuefacción afectando a cisterna hidráulica en el yacimiento romano de La Magdalena (Complutum, Alcalá de Henares, España). Efecto cosísmico geológico primario.

Los efectos geológicos alejados del plano de falla pueden estar asociados a fenómenos como la licuefacción, caída de bloques de roca, tsunamis, colapsos en cuevas o deformaciones en los pavimentos (Fig. 3). Su origen es claramente geológico y el responsable de la deformación en el yacimiento es directamente dicho fenómeno. Uno de los ejemplos más espectaculares, a la vez que dañinos y efímeros en cuanto a su conservación, son las licuefacciones. Éstas consisten en que el sustrato formado por sedimentos no consolidados empapados en agua se comportan durante un breve espacio de tiempo como un fluido. Lo cual puede generar tanto subsidencias, como daños directos en la cimentación de las edificaciones. El fenómeno de la licuefacción ha sido ampliamente documentado



en la literatura histórica referente a grandes terremotos como en el terremoto de Calabria de 1786 (Lyell, 1872). Un ejemplo son las deformaciones generadas por licuefacción sísmica en el yacimiento romano de La Magdalena (Complutum, Alcalá de Henares) donde estas intrusiones llegan a fracturar los cimientos de una cisterna hidráulica, fracturas por las que se produjeron importantes inyecciones de arena (Fig. 5) (Rodríguez-Pascua et al., 2015a).

Los efectos en la fábrica de los edificios (Fig. 3) se subdividen en los que están asociados a deformaciones permanentes del sustrato y/o cimentaciones de las construcciones y los que están generados por la deformación transitoria del sustrato al paso de las ondas sísmicas. Por tanto, en el caso de los primeros podremos observar tanto las deformaciones del sustrato como las de la edificación; mientras que en los segundos sólo observaremos los daños producidos en la fábrica del edificio.

Un buen ejemplo de las deformaciones permanentes del sustrato son los choques de baldosas que generan rotura de parte de la baldosa, indicando la orientación de la dirección de impacto. Un representativo conjunto de estos efectos se pueden observar en el yacimiento arqueológico de la ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz); así como pliegues en los enlosados, tanto regulares como irregulares (Fig. 6). Esta ciudad fue afectada por dos terremotos en 40-60 AD y 350-395 AD, siendo abandonada en el último terremoto, lo que ha hecho que permanezca prácticamente sin ocupaciones posteriores hasta nuestros días (Silva et al., 2005 y 2009). Esto hace de Baelo Claudia un verdadero laboratorio natural para el estudio de la arqueosismología.



Figura 6. Pliegues (anticlinales y sinclinales) en el enlosado irregular del *Decumanus Maximus* de Baelo Claudia (Cádiz), deformado por el terremoto que destruyó la ciudad en 350-395 AD. Los pliegues representados en amarillo son perpendiculares a la pendiente topográfica y asociados a dicho terremoto. Los de color naranja son paralelos a la pendiente y están asociados a fenómenos de ladera. Efecto cosísmico geológico primario.



Los EAEs asociados a la deformación transitoria del sustrato afectan a toda la fábrica del edificio o elemento constructivo, por lo que hay un amplio catálogo de estructuras (Fig. 3). Se describirán aquí las más interesantes desde un punto de vista de su análisis y de la información que pueden aportar. Un EAE muy interesante son las caídas orientadas de columnas, ya que estas nos van a marcar tanto la dirección como el sentido del pulso sísmico predominante. Existen muchos ejemplos en la antigüedad como el Templo de Zeus en Olimpia, la ciudad nabatea de Petra (Fig. 7) o las columnatas de Susita en Israel.



Figura 7. Caída orientada de columnas en el Gran Templo romano de la ciudad nabatea de Petra (Jordania). Efecto cosísmico primario en la fábrica del edificio, son estructuras de deformación generadas por deformación transitoria del sustrato.

Otro elemento EAE clásico es la caída de las claves de los arcos. Éste se produce porque los esfuerzos que sustentan los arcos, que recaen en las paredes laterales, quedan anulados al moverse de forma alternante en la misma dirección que el arco, descargan los esfuerzos de las dovelas del arco; haciendo que las claves caigan por el peso que sustentan dichos arcos. Se pueden generar tanto en bloques de sillería como en arcadas de ladrillo. Buenos ejemplos los podemos encontrar en el Coliseo de Roma, afectado por varios terremotos, que destruyeron la mitad del edificio, debido a que se asentaban sobre materiales no consolidados, mientras que la mitad que está completa se cimienta sobre roca consolidada. Los sedimentos no consolidados amplifican la onda sísmica y aumentan los daños, lo que hizo colapsar la mitad del Coliseo (Fig. 8).



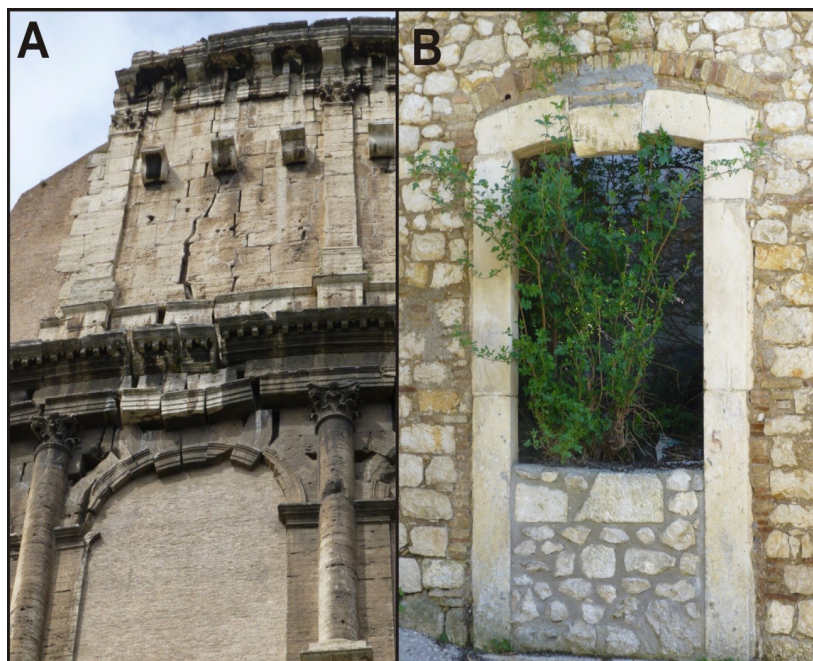


Figura 8. Caída de claves de arco: A) Coliseo de Roma dañado por el terremoto de 1349; B) casa de la localidad de Pecina afectada por el terremoto de Fucino de 1915 (Región de los Abruzzos, Italia).

Los pliegues y deformaciones en escalones y bordillos marcan muy bien las direcciones de compresión y en algunos casos incluso reflejan las ondulaciones a las que fueron sometidos durante el paso de las ondas sísmicas. Estas oscilaciones pueden generar la extrusión hacia fuera de los escalones, fenómeno que no se puede dar por otras causas, por lo cual es utilizado como un buen marcador sísmico. Los bordillos de las aceras del decumanus máximo de la ciudad romana de Jersa en Jordania presentan este tipo de deformaciones a lo largo de todo su trazado, marcando pliegues de ejes paralelos (Fig. 9). Este yacimiento ha sido afectado por terremotos desde tiempos históricos, asociados a la falla del Mar Muerto, siendo el último en 1927, que generó importantes daños en la capital Aman y en las reconstrucciones del yacimiento que se realizaron a principios del s. XX.

Un EAE interesante son las fracturas en esquinas (*dipping broken corners*), generadas durante la oscilación de bloques de sillería unos con respecto a otros al paso de las ondas sísmicas. Esto hace que el bloque llegue a apoyarse solo sobre las esquinas de forma alternante, produciendo la rotura de estas. En el caso de las columnas es muy útil, ya que al ser de sección circular no están condicionadas por anisotropías previas como los bloques de sillería. De este modo se pueden



encontrar fracturas en esquinas en los contactos entre fustes y basas o capiteles de columnas, como es el caso del Patio de los Leones en la Alhambra (Fig. 10), donde presentan claras orientaciones E-O (Rodríguez-Pascua et al., 2015b).



Figura 9. Bordillo y enlosado plegados del *decumanus* máximo de la ciudad romana de Jerasa (Jordania). Efecto cosísmico primario en la fábrica del edificio, son estructuras de deformación generadas por deformación transitoria del sustrato.

Análisis estructural geológico de EAEs

Las deformaciones producidas en un conjunto urbano van a estar condicionadas por el mecanismo disparador que las generó. El colapso de un muro puede ser generado tanto por un terremoto como por una explosión, por ejemplo, pero, ¿Cómo podríamos diferenciarlas?. Las deformaciones producidas por un terremoto van a estar condicionadas por la orientación del pulso sísmico predominante, mientras que una explosión generaría el colapso indiscriminado y radial de las estructuras que lo rodeasen. De este modo, si medimos las orientaciones de las deformaciones de la arruinada ciudad de Belchite (Zaragoza), destruida por fuertes combates durante la Guerra Civil Española (septiembre de 1937), no podríamos encontrar ningún patrón de deformación que se ajustase a una orientación en concreto, sino que las deformaciones producidas no estarían orientadas. Sin



embargo, la llegada del pulso sísmico predominante sí que produce un primer impulso en una determinada orientación, la cual va a condicionar la disposición de las deformaciones. Nosotros proponemos un problema inverso, en el que mediante las deformaciones observadas se puedan calcular las orientaciones del elipsoide de deformación producido por el terremoto en la construcción antigua. La orientación de los ejes de deformación de las diferentes estructuras estudiadas debería ser similar si hubiesen estado generadas por un único efecto, en este caso la llegada del pulso sísmico predominante. En caso contrario, encontraremos una fuerte dispersión en los ejes de los diferentes elipsoides calculados, como sería el caso de estudiar las distintas explosiones generadas por impactos de artillería en una ciudad devastada.

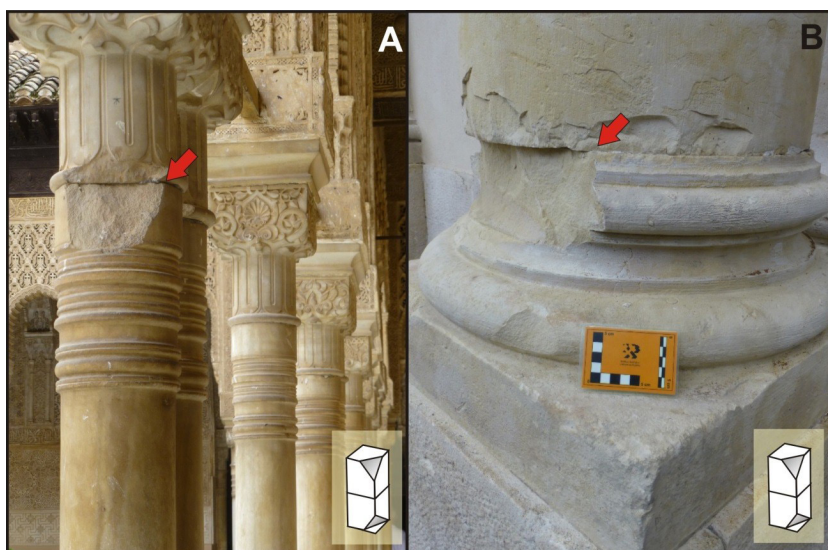


Figura 10. A) Esquinas fracturadas en los fustes y capiteles del Patio de los Leones, Alhambra de Granada (España). B) Análogo actual en la basa de una columna del Palacio Ardinghelli del L'Aquila (Italia) producido por el destructivo terremoto de 2009.

Las técnicas clásicas de análisis estructural geológico son herramientas adecuadas para el cálculo de los elipsoides de deformación de origen sísmico que se extraen de las deformaciones halladas en yacimientos arqueológicos. El yacimiento arqueológico de la antigua ciudad romana de Baelo Claudia (Cádiz) fue el primer yacimiento arqueológico en España estudiado desde un punto de vista arqueosismológico (Silva et al., 2005; 2009). La riqueza y variedad de estructuras de deformación en este yacimiento ha hecho que se haya utilizado como laboratorio para la aplicación de técnicas de análisis estructural geológico (Giner Robles et al., 2009 y 2011). Otro yacimiento estudiado y del que se ha determinado un fuerte terremoto en época alto imperial romana es el Tolmo de Minateda (Albacete) (Rodríguez-Pascua et al., 2009 y 2010).



Una vez clasificados los EAEs, siguiendo la clasificación propuesta, se pasa al análisis estructural geológico de las deformaciones. Un tensor define la variación en el espacio de la magnitud de los vectores de una determinada propiedad, por lo que con estos análisis conseguiremos calcular los tensores de deformación que sintetizan las características de las deformaciones en construcciones patrimoniales. Un ejemplo de obtención directa de un vector orientado es cuando tenemos un punto que podemos identificar en el estado no deformado y en el deformado, como un bloque de sillería desplazado, en el que podríamos identificar un punto en un bloque inferior y su homólogo en el superior, pudiendo trazar un vector que los una. Este vector va a tener una orientación, que es una dirección en el espacio, con un sentido de movimiento y una magnitud, que corresponde al desplazamiento medido (Fig. 11). Este es uno de los casos más evidentes; en otras situaciones tendremos que recurrir al análisis de la fracturación, en los cuales se pueden desarrollar fracturas conjugadas (en aspa).



Figura 11. Vector de desplazamiento de la esquina NO de la Torre del Espolón en el Castillo de Lorca, como consecuencia del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011.

Las fracturas en aspa generadas en muros de ladrillo se ajustan a estos modelos y el análisis de los mismos nos llevará al cálculo de dicho tensor. En el caso de contar con varias orientaciones en el espacio en un mismo edificio, se puede llegar a calcular el elipsoide de deformación, que será compatible con los tensores calculados de forma local. Si proyectamos sobre la horizontal los ejes principales de la deformación podremos calcular las trayectorias de deformación que afectaron a un edificio en concreto o a una ciudad o conjunto de ciudades. Esto hace que podamos comparar estas trayectorias con las principales fallas ac-



tivas de la zona y ayudarán a corroborar o descartar los posibles efectos sísmicos sobre las edificaciones. El caso del terremoto de Lorca de 2011 es un excelente ejemplo de aplicación de estas metodologías, pudiendo calcularse estas trayectorias para edificaciones tan importantes como la Colegiata de San Patricio, ya afectada por terremotos anteriores (Giner Robles et al., 2012; Rodríguez-Pascua et al., 2012).

Efectos del estudio de los EAEs a la conservación del patrimonio cultural

Como se ha expuesto en apartados anteriores, los EAEs no se forman de manera aleatoria sino que siguen patrones de deformación condicionados por la llegada del pulso sísmico predominante. Esto hace que, si conocemos la presencia de fallas activas en las proximidades de una localidad, podamos llegar a crear un modelo de deformación teórico que podría generar un hipotético terremoto. Además, la geología, mediante la paleosismología, será capaz de saber cuál será el terremoto máximo esperado de dicha falla, por lo que podremos conocer de antemano cuál será la energía máxima que podría liberar. La arqueosismología también puede diferenciarnos distintos terremotos acaecidos en el pasado, ya que si la misma falla ha generado diferentes terremotos, las deformaciones que generó serán las mismas y un mismo EAE se habrá movido varias veces. Esto es lo que se conoce como reactivación de EAEs (Rodríguez-Pascua, et al., 2012) y nos permite determinar una sucesión sísmica mediante la arqueosismología, y asignar los terremotos deducidos a una o varias fallas, dependiendo de sus características.

Todos estos datos, cruzados con la paleosismología, nos da la posibilidad de crear modelos predictivos de deformación en el patrimonio. De este modo, si suponemos una construcción hipotética (Fig. 12) que fuese sometida a las deformaciones producidas por un terremoto generado por una falla conocida, estas deformaciones estarían condicionadas por la orientación de la construcción. Así pues, si esta construcción sufre un movimiento del terreno perpendicular al eje central de la nave, aparecerán caídas de claves de arco en la fachada principal, pero no en las ventanas de la pared perpendicular. También se desarrollarán fracturas conjugadas en esta fachada, mientras que en los muros perpendiculares aparecerán fracturas horizontales. Las caídas de pináculos serán paralelas a la dirección de movimiento, así como las caídas orientadas de muros.

Por este motivo, el estudio de las fallas activas en el entorno de un conjunto patrimonial, en relación a la orientación del mismo, facilita el desarrollo de modelos predictivos de comportamiento sísmico. La propia información arqueosísmica que contiene el edificio también debe ser utilizada para su protección. Estos datos podrán ser útiles tanto en los planes de conservación como en posibles intervenciones de restauración.





Figura 12. Construcción idealizada con los Efectos Arquitectónicos de Terremotos (EAEs) teóricos que generaría un movimiento sísmico con un desplazamiento del sustrato en dirección NO-SE.

Conclusiones

La arqueosismología es una técnica multidisciplinar que permite tanto inventariar terremotos no registrados históricamente, como predecir cuál será el comportamiento del patrimonio ante un terremoto. Esto es posible gracias a la clasificación de EAEs y su análisis estructural geológico, con el que obtendremos los elipsoides y trayectorias de deformación de un conjunto patrimonial. Combinando la arqueosismología con la paleosismología se pueden calcular los terremotos máximos esperados para una zona y conocer de qué forma podrán afectar al patrimonio, lo cual podrá ser incluido en los planes de actuación contra el riesgo y proteger nuestro patrimonio.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos IGME CATESI-07 y del MINECO CGL2012-37281-C02.01 (USAL). Es una contribución del Grupo de trabajo QTECT-AEQUA.



Bibliografía

- J.D. DE LA HOZ. "Terremoto en Lorca: consecuencias y actuaciones sobre el patrimonio religioso". *Patrimonio Cultural de España*, 6 (2012a): 107-122.
- J.D. DE LA HOZ. "Efectos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011 sobre el patrimonio religioso. Análisis de emergencia y enseñanzas futuras". *Boletín Geológico y Minero*, 123 (4) (2012b): 515-536.
- J. GALBIS RODRÍGUEZ. Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo I. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid (1932), 818 pp.
- J. GALBIS RODRÍGUEZ. Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° Norte, Tomo II. Instituto Geográfico Catastral y de Estadística, Madrid (1940), 280pp.
- J.L. GINER-ROBLES, M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, R. PÉREZ-LÓPEZ, P.G. SILVA, T. BARDAJÍ, C. GRÜTZNER, Y K. REICHERTER. Structural Analysis of Earthquake Archaeological Effects (EAE): Baelo Claudia Examples (Cádiz, South Spain). Instituto Geológico y Minero de España (2009), 130 pp.
- J.L. GINER-ROBLES, P.G. SILVA BARROSO, R. PÉREZ-LÓPEZ, M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, T. BARDAJÍ AZCÁRATE, V.H. GARDUÑO-MONROY, Y J. LARIO GÓMEZ. Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico. Proyecto EDASI. Serie Investigación. Fundación MAPFRE (2011), 96 pp.
- J.L. GINER-ROBLES, R. PÉREZ-LÓPEZ, P.G. SILVA BARROSO, M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, F. MARTÍN-GONZÁLEZ Y L. CABAÑAS. Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Aplicaciones en Arqueosismología. *Boletín Geológico y Minero*, 123 (4) (2012): 503-513.
- E.GUIDOBONI. I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area Mediterranea: storia, archaeologia, sismologia. Bologna. SGA-Instituto Nazionale di Geofisica (1989). 765 pp.
- IPCE. Patrimonio en riesgo: seismos y bienes culturales. *Patrimonio Cultural de España*, 6 (2012), 268 pp.
- R. LANCIANI,. Segni di Terremoti negli edifizii di Roma Antica. *Bull. Della Comm. Arch. Comunale Roma* (1918), 1-30.
- LYELL, C. The Principles of Geology. The modern changes of the earth and its inhabitants. London (1872). Vol. II, 456pp.
- J.M. MARTÍNEZ-SOLARES Y J. MEZCUA. Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a.C.-1900). Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento (2002), 756 pp.



- F.MARTÍNEZ-VÁZQUEZ. El terremoto de Lisboa y la Catedral de Coria (Vicisitudes del Cabildo) 1755-1759. Colección Temas Cauriacientes. Vol. V. Ed. Ayuntamiento de Coria (1999), 187 pp.
- M. MUÑOZ CLARES, M. FERNÁNDEZ CARRASCOSA, M.O. ALCOLEA LÓPEZ, M.C. ARCAS NAVARRO, N. ARCAS RUIZ, P. CARO DEL VAS, M.T. CRUZ LÓPEZ, M. GARCÍA POVEDA, M. A. GARCÍA VALERA, B. LLAMAS MARTÍNEZ, Y A. E. RUIZ LLANES. Sismicidad histórica y documentación municipal: el caso de Lorca. *Boletín Geológico y Minero*, 123 (4) (2012): 415-429.
- A. NIKONOV. On the methodology of archaeoseismic research into historical monuments. En: *Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites* (G. Marinis and G. Koukis, Eds.). Balkema, Rotterdam (1988), 1325-1320.
- G. RAPP. Earthquakes in the Troad. En: *Troy: The archaeological Geology* (G. Rapp and J.A. Gifford, Eds.). Princeton (1982), 43-58.
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, L. ABAD CASAL, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, B. GAMO PARRA, P.G. SILVA, V.H. GARDUÑO-MONROY, J.L. GINER-ROBLES, I. ISRADE-ALCÁNTARA, J. BISCHOFF Y J.P. CALVO. Roman, visigoth and islamic evidence of earthquakes recorded in the archaeological site of El Tolmo de Minateda (Prebetic Zone, Southeast of Spain). 1st INQUAIGCP 567 International Workshop on Earthquake Archaeology and Palaeoseismology, 7th- 13th September (2009), 110-114.
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, P.G. SILVA, V.H. GARDUÑO-MONROY, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, I. ISRADE-ALCÁNTARA, J.L. GINER-ROBLES, J. BISCHOFF Y J.P. CALVO. Ancient earthquakes from archaeoseismic evidence during the Visigothic and Islamic periods in the archaeological site of "Tolmo de Minateda" (SE of Spain). En: *Ancient Earthquakes*. (M. Sintubin, I.S. Stewart, T.M. Niemi and E. Altunel Eds.). Geological Society of America, Special Paper (2010), 471: 171-184.
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, P.G. SILVA, J.L. GINER-ROBLES, V.H. GARDUÑO-MONROY Y K. REICHERTER. A Comprehensive Classification of Earthquake Archaeological Effects (EAE) for Archaeoseismology. *Quaternary International* (2011), 242: 20-30.
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, F. MARTÍN-GONZÁLEZ, J.L. GINER-ROBLES Y P.G. SILVA. Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en el Patrimonio Cultural. *Boletín Geológico y Minero*, 123 (4) (2012): 487-502
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, P.G. SILVA, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, J.L. GINER-ROBLES, F. MARTÍN-GONZÁLEZ, Y B. DEL MORAL. Polygenetic sand volcanoes: On the features of liquefaction processes generated by a single event (2012 Emilia Romagna 5.9 Mw earthquake, Italy). *Quaternary International*, 357 (2015): 329-335.



- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, P.G. SILVA, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, J.L. GINER-ROBLES, F. MARTÍN-GONZÁLEZ, M.A. PERUCHA. Preliminary intensity correlation between macroseismic scales (ESI07 and EMS98) and Earthquake archaeological effects (EAEs). 4th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (PATA) (2013), 221-224.
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, C. HERAS, A.B. BASTIDA, J.L. GINER-ROBLES, P.G. SILVA, M.A. PERUCHA, E. ROQUERO, P. CARRASCO, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, J. LARIO Y T. BARDAJÍ. New insights on the occurrence of ancient earthquakes in Central Spain: Archaeoseismology of the Complutum area (4th century AD, Madrid). *Miscellanea*, 27 (2015a): 202-405.
- M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA, M.A. PERUCHA, P.G. SILVA, J.L. GINER ROBLES, R. **PÉREZ-LÓPEZ**, GARCÍA GUTIÉRREZ, G.B. Evidencias de efectos arqueológicos de terremotos (EAEs) en la Alhambra (Granada, Andalucía, España). XIV Reunión Nacional de Cuaternario, Granada (2015b). Extended Abstracts.
- M. SINTUBIN, Y I. S. STEWART. A Logical Methodology for Archaeoseismology: A Proof of Concept at the Archaeological Site of Sagalassos, Southwest Turkey. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98 (5) (2008): 2209–2230.
- P.G. SILVA, F. BORJA, C. ZAZO, J.L. GOY, T. BARDAJÍ, L. DE LUQUE, J. LARIO Y C.J. DABRIO. Archaeoseismic record at the ancient Roman City of Baelo Claudia (Cádiz, south Spain). *Tectonophysics*, 408 (1-4) (2005): 129-146.
- P.G. SILVA, K. REICHERTER, CH. GRÜTZNER, T. BARDAJÍ, J. LARIO, J.L. GOY, C. ZAZO Y P. BECKER-HEIDMANN. Surface and subsurface palaeoseismic records at the ancient Roman city of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (south Spain). *Geological Society of London, Special Publication* (2009), 316: 93-121.
- S. STIROS. Earthquake effects on Ancient Constructions. In: *New Aspect of Archaeological Science in Greece* (R.E. Jones and H.W. Catling, Eds.). British Schools at Athens, Fitch Occasional Paper (1988a), 3: 1-6.
- S. STIROS. Archaeology, a tool to study active tectonics – The Aegean as a case study. *Eos, Trans. Am. Geophys. Union*. 13 (1988 b): 1636-1639.
- S. STIROS Y R.E. JONES. Archaeoseismology. *Institute of Geology and Mineral Exploration. Fitch Laboratory Occasional Paper*. Stiros S., and Jones, R.E., Eds. Atenas (1996). 268 p.
- B. ZANG, Y. LIAO, S. GUO, R. WALLACE, R. BUCKHAM, Y T. HANKS. Fault scarps related to the 1739 earthquake and seismicity of the Yinchuan graben, Ningxia Zizhiqu, China. *Bull. Soc. America*. 76 (1986): 1253-1287.



ALCOXISILANOS EN LA CONSOLIDACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS

Isabel del Hierro¹ y Yolanda Pérez¹

Resumen:

El proceso de polimerización inorgánico sol-gel utilizando monómeros del tipo alcoxisilanos como precursores se utiliza con éxito en el proceso de consolidación de materiales pétreos. Fórmulas comerciales con compuestos tetra y alquiltrialcoxosilano como principal componentes se utilizan con éxito en la consolidación de la piedra. La baja viscosidad de estos compuestos les permite una elevada penetrabilidad en los poros de la piedra, donde polimerizan mediante un proceso clásico sol-gel formando estructuras muy fuertes con enlaces Si-O, similar a un vidrio amorfo de baja temperatura. En la actualidad se investigan nuevas formulas y nuevos procesos sol-gel para eliminar los dos principales problemas de este tipo de consolidantes, su tendencia a la fractura en los poros de la piedra y su incapacidad para consolidar rocas del tipo calcita.

Palabras clave:

Alcoxisilanos, consolidación, materiales pétreos.

Abstract:

The sol-gel process has been found to be successful in applications for the conservation of stonework. Commercial products containing alkoxysilanes, such as tetraethoxysilane (TEOS), are commonly used for the consolidation of stone. These products polymerize within the pores of stone by means of a classic sol-gel process, thereby strengthening the material. Their advantages are well-known: the low viscosity of TEOS allows it to penetrate deeply into porous stone; after polymerization, which occurs upon contact with environmental moisture, a stable gel with a silicon oxygen backbone is formed. New formulas and new sol-gel procedures are under research in order to overcome the main two well-known drawbacks of these conservation products. Their tendency to form brittle gels that are highly susceptible to forming cracks inside the stone and their effectiveness on consolidate carbonate stones, as they can only bond mechanically by filling in the irregularities in the stone.

Key words:

Alcoxilians, consolidation, stone materials.

¹ Departamento de Biología, Geología y Química Inorgánica. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. C/Tulipán S/N 28934 Móstoles (Madrid).



El crecimiento exponencial de compuestos químicos en el ambiente a lo largo del siglo XX ha acelerado la degradación del patrimonio cultural pétreo expuesto de forma permanente a un medio cada vez más hostil. Los procesos responsables de este deterioro se han estudiado en profundidad; destacando contaminación atmosférica, acción del agua, cristalización de sales y acción de organismos vivos.

En un intento de proteger y/o restaurar este patrimonio ya desde mediados del siglo XX se empezaron a utilizar diferentes tratamientos con el objetivo de consolidar la piedra, es decir, restablecer la cohesión entre las partículas de la piedra deteriorada física o químicamente.

El proceso de consolidación ideal debería pasivar la superficie del mineral frente al desgaste y/o la degradación atmosférica; debería mantener las propiedades de la piedra respecto al transporte de agua y aumentar su hidrofobicidad; de esta forma se podría minimizar la adsorción de agua y evitar los problemas asociados a los ciclos de hielo y deshielo y cristalización de sales. Un requisito adicional, pero no menos importante, de un proceso de consolidación o fortalecimiento ideal sería el del mantener la estética de la piedra



Fig. 1. Clasificación de Consolidantes para materiales pétreos.

El tratamiento debería ser, además, sencillo de aplicar y estable frente a la radiación ultravioleta. El compuesto utilizado debería presentar buenos niveles de penetrabilidad en los poros de la piedra y adherirse a la superficie de la misma.

Estos requisitos son muy difíciles de cumplir dada la heterogeneidad inherente de los materiales pétreos, diferente mineralogía, porosidad, tamaño de la superficie a tratar. Un sellado completo de la superficie taponaría los poros y dejaría agua atrapada en zonas próximas a la superficie, susceptible de sufrir ciclos de hielo y deshielo y capaz de producir delaminación de la superficie a tratar. Si el tratamiento es permeable al vapor de agua, pero no al agua líquida, se favorecería



la deposición de sales a partir de la evaporación del agua en la disolución adsorbida. En resumen, no existe un consolidante universal, debe elegirse aquel que mejor se ajuste a las características específicas de la piedra².

Los materiales que tradicionalmente se han usado como consolidantes se clasifican en consolidantes clásicos inorgánicos y orgánicos y los llamados organosilícicos o alcoxisilanos. (Fig. 1)

Los tratamientos inorgánicos muy utilizados a final del siglo XIX, comienzos del XX suelen generar cambios cromáticos en la piedra y provocan la aparición de sales. Junto con su baja penetrabilidad y alta fragilidad, desaconsejan su uso. Este hecho, justificó la aparición en el mercado de productos basados en compuestos orgánicos junto a otros aditivos. Se desarrollaron las resinas termoplásticas, resinas vinílicas y acrílicas (polimetacrilato) o termoestables como las epoxídicas, poliéster, etc. Estas resinas han sido las más utilizadas desde mediados del siglo XX, aunque su uso se ha modificado con el paso del tiempo. Las resinas epoxídicas presentan excelentes cualidades adhesivas sin embargo sufren un rápido deterioro por acción de la radiación ultravioleta. El poliéster presenta también limitaciones, ya que suelen reducir la permeabilidad al vapor de agua, y sufre también un rápido envejecimiento con notables cambios cromáticos, fractura e incluso pulverización con el paso del tiempo.

Los monómeros alcoxisilano se pueden mezclar con agua y alcohol para preparar mezclas de baja viscosidad. Pueden aplicarse sobre la superficie con un cepillo o en spray y el compuesto es absorbido en los poros de la piedra por acción capilar, entonces comienza el proceso de gelificación. El polímero resultante tiene una estructura de enlaces Si-O, similar a un vidrio amorfo de baja temperatura, muy fuerte y con elevada estabilidad térmica y resistente la oxidación y a la radiación ultravioleta. Los grupos funcionales alcoxido enlazados al átomo central de silicio se pueden cambiar por grupos alquilo que no reaccionan y que aportan propiedades hidrófobas al producto final. Lo que resulta interesante en este tipo de compuestos es que, en teoría, durante el proceso de polimerización tienen la capacidad de reaccionar con el agua presente en la superficie de la piedra para formar enlaces (Si-O)_n con los grupos hidroxilo en la superficie de la misma.

Fue Berzelius en 1824 quien sintetizó por primera vez tetraclorosilano, SiCl₄. Ebelman en 1846 y Ladenberg en 1874 sintetizaron nuevos compuestos de estas familia, tetraetoxisilano Si(OCH₂CH₃)₄ (TEOS) y metiltrietoxisilano SiCH₃(OCH₂CH₃)₃ (MTEOS). Aunque tuvieron que pasar casi cien años, antes de que estos compuestos empezaran a utilizarse como unidad fundamental y base de una nueva química, ya en 1861 Hoffmann sugirió la existencia de “éter silícico” una forma de (TEOS) en la fórmula utilizada para consolidar el parlamento de Londres.

2 (a)G. Wheeler. Alkoxysilanes and the consolidation of stone. Getty Publications. (2005). ISBN 978-0-89236-815-0. C. A. (b) C.A. Price. Stone Conservation. Getty Publications. (1996). ISBN 0-89236-389-4.



El proceso de polimerización de estos monómeros líquidos conocido como sol-gel, es un proceso que transcurre a temperatura ambiente y en agua, conocido por utilizarse para preparar óxidos inorgánicos³ (Fig. 2). Los monómeros inorgánicos en disolución acuosa reaccionan para formar nanopartículas coloidales (el sol), con dimensiones entre 1 nm y 1 µm, y en una etapa posterior las partículas coloidales se agregan mediante la formación de enlaces y quedan en suspensión.

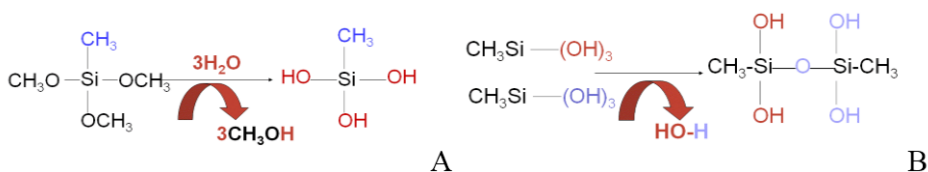


Fig. 2. Reacciones de (A) hidrólisis y (B) condensación de los monómeros inorgánicos.

Finalmente, sufren un proceso de gelificación por la formación de redes interconectadas, que están a su vez llenas de disolvente. Con el tiempo las partículas coloidales y las especies de sílice condensadas se unen para formar una red tridimensional. Las características físicas de esta red dependen del tamaño de las partículas y del grado de entrecruzamiento existente antes de la gelificación. Con la gelificación la viscosidad aumenta drásticamente y se obtiene un sólido que se ajusta al molde que lo contiene. Otras etapas de este proceso como son el envejecimiento, el secado o pérdida de disolvente y la densificación, o formación de una cerámica densa, condicionaran, finalmente, el proceso de consolidación.

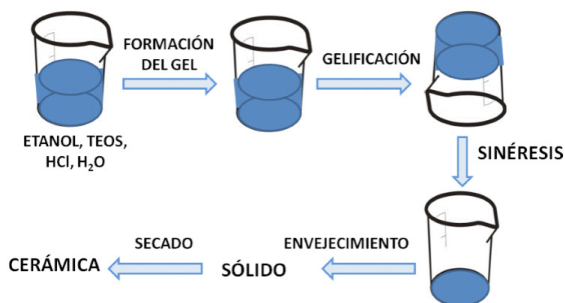


Fig. 3. Etapas del proceso sol-gel.

³ R. Corriu, N. Trong Anh. *Molecular Chemistry of Sol-Gel Derived Nanomaterials*. Wiley and sons (2009).



Sorprendentemente, solo se han utilizado un número muy limitado de alcoxisilanos en los procesos de consolidación del patrimonio pétreo: Tetrametoxisilano (TMEOS), Metiltrimetoxisilano (MTMOS), Metiltriethoxisilano (MTEOS) y Tetraethoxisilano (TEOS). La explicación es que deben formar redes tridimensionales en el proceso de polimerización y, por tanto, deben tener al menos tres grupos reactivos enlazados al átomo central de silicio. Estos líquidos no son tóxicos dadas sus bajas presiones de vapor e igualmente generan alcoholes no tóxicos durante el proceso de polimerización. Su reactividad frente al agua es moderada, si reaccionasen demasiado rápido la capacidad de penetración del líquido en la piedra sería muy limitada. En la preparación de las fórmulas para utilizar como consolidantes se deben tener en cuenta otros factores como el disolvente a utilizar y el uso de catalizadores ácidos o básicos, ya que influirán de forma decisiva en las características finales de la cerámica final formada en los poros de la piedra, en última estancia responsable de la consolidación de las partículas pétreas (Fig. 4).

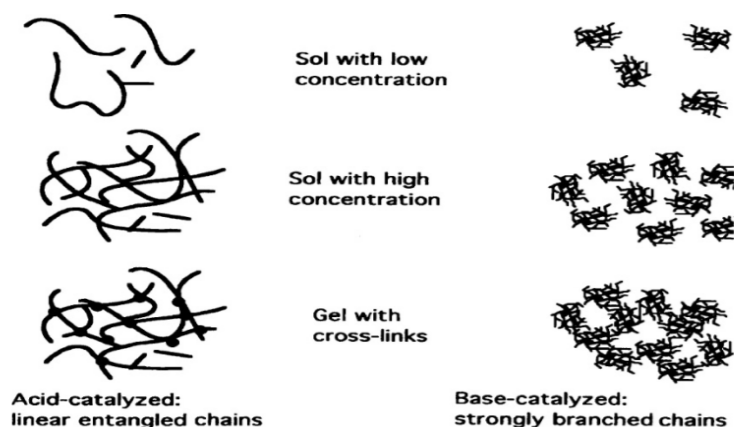


Fig. 4. Geles obtenidos mediante el uso de catalizadores ácidos y básicos.

Un factor muy importante es la naturaleza del medio a consolidar, debe tenerse en cuenta no solo a la hora de elegir el tratamiento sino también en el resultado final. Los alcoxisilanos no son eficaces en la consolidación de rocas carbonatadas (caliza y mármol) con alto contenido en carbonato de calcio (CaCO_3) ya que se evaporan rápidamente tras su aplicación. Son muy eficaces, sin embargo, para la consolidación de silicatos y rocas silíceas (SiO_2).

Las formulas comerciales utilizadas tradicionalmente son:

- Wacker OH (Patente de los años 70); fórmula basada en el uso de TEOS con metiletilcetona, acetona y etanol (25% v/v) como disolvente y catalizada con dibutilestanoíldilaureato.



- Wacker H (mezcla equimolar de MTMOS y TEOS).
- Wacker OH100 y H100 (sin disolvente).
- Conservare OH100 y H100 (USA).
- Keim's Silex OH y H (sin tolueno como disolvente).
- Tegokanov V, fórmula basada en el uso de TEOS con 17% w/w nafta (mezcla de hidrocarburos aromáticos de bajo punto de ebullición) y etanol (17% w/w) y catalizada por dibultilestañodilaureato.
- Tegokanov T: (mezcla equimolar de MTMOS and TEOS).

El tratamiento de consolidación es el resultado de aplicar un protocolo específico⁴, los conservadores necesitan conocer cómo, cuándo y bajo qué condiciones se puede aplicar un alcoxosilano como consolidante. El protocolo debe definirse a partir de una serie de aspectos relevantes como:

- El tipo de piedra y sus propiedades (componentes químicos mayoritarios, porosidad, tamaño de poro, absorción de agua, características mecánicas y dimensiones de la superficie a tratar).
- Características de los productos: naturaleza química del consolidante y disolventes y concentración utilizada. Cantidad de producto que debe ser aplicada y retenida por la piedra.
- Procedimiento de aplicación: proceso de aplicación, número de aplicaciones, intervalo de tiempo entre aplicaciones; condiciones ambientales requeridas durante y después del proceso de tratamiento y existencia de condiciones limitantes (temperatura).

La investigación en este campo se ha seguido desarrollando de forma activa en las últimas décadas, con el objetivo de resolver las dos grandes carencias que ofrecen los actuales consolidantes; su incapacidad para tratar rocas tipo calcita y la tendencia de los geles a fracturarse durante el proceso de secado.

La calcita por si misma contiene una cantidad muy pequeña de grupos hidroxilo en la superficie del mineral, necesarios para poder condensar con los alcoxisilanos. Weis y colaboradores⁵ han diseñado un tratamiento para generar estos grupos hidróxilo en la superficie del mineral por tratamiento con hidrogenotratrato de amonio en disolución a un determinado valor de pH, una fórmula comercial llamada HCT. El hidrogenotratrato de amonio reacciona con la calcita

4 A.P. Ferreira Pinto, J. Delgado Rodrigues. Stone consolidation: The role of treatment procedures. *Journal of Cultural Heritage* 9 (2008) 38-53.

5 N. Weiss, I. Slavid, G. Wheeler, Development and assessment of a conversion treatment for calcareous stone. In: Vasco Fassina, Editor, *Proceedings of the Ninth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Venice. (2000), pp. 533-540.



para formar tartrato de calcio (parte del mineral se consume en el proceso). El grupo funcional generado es capaz de condensar con los alcoxisilanos para formar nuevos enlaces C-O-Si que anclan el gel a la piedra (Fig. 5). En teoría, podrían hidrolizarse y liberar el gel, pero no todos los enlaces Si-O-C son comparables, a medida que el grupo orgánico enlazado al átomo de carbono aumenta su tamaño el impedimento estérico ejercido por este grupo voluminoso impide la ruptura por hidrólisis del enlace formado. El grupo tartrato es grande y aunque a nivel práctico el uso de esta fórmula es todavía limitado los estudios de laboratorio resultan muy prometedores.

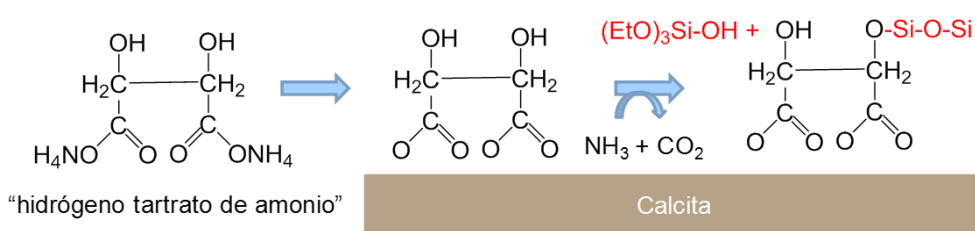


Fig. 5. Uso de hidrogenotartrato y alcoxisilano como formula consolidante.

Una segunda aproximación consiste en utilizar compuestos alquil alcoxisilanos. Estos compuestos poseen una cadena alquílica con grupo alcóxido enlazados a un átomo central de silicio e hidrolizables y un cuarto sustituyente con un enlace Si-C no hidrolizable (Fig. 6). El uso de estos compuestos mejora la fortaleza de las cerámicas obtenidas, al poseer dos funcionalidades y, además, una de ellas compatible con la superficie de la calcita⁶. Wheeler y colaboradores utilizan esta aproximación⁷. El sustrato inorgánico, la piedra calcita, es compatible con el grupo alquilo no hidrolizable. Mientras que los grupos alcoxisilano participan en el proceso de polimerización sol-gel. En el laboratorio se han observado mejoras muy significativas en el módulo de ruptura de las cerámicas obtenidas. Un ejemplo significativo de estos materiales alcoxisilanos híbridos o bifuncionales lo constituye el compuesto 2-(3,4-epoxiclohexil)etil-trimetoxisilano (ECET) y GPDMS con aminopropiltrietoxisilano (APTES). El efecto del APTES en la reacción de apertura del anillo epóxido es muy diferente para ECET y GPDMS, ya que el anillo epóxido del ECET no está implicado en la adición de la amina y actúa, por tanto, como un modificador de red de la estructura híbrida resultante formada por grupos epoxiclohexilo y aminopropilo enlazados covalentemente a la red de sílice.

6 E. Kyung Kima, J. Won, J-Y. Dob, S. D. Kim, Y. S. Kang. Effects of silica nanoparticle and GPTMS addition on TEOS-based stone consolidants. *Journal of Cultural Heritage* 10 (2009) 214–221.

7 G. Wheeler, J. Mendes-Vivar, E.S. Goins and C.J. Brinker. Evaluation of alkoxy silane coupling agents in the consolidation of limestone. In: Vasco Fassina, Editor, *Proceedings of the Ninth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone* (Venice). Vol. 2 (2000), pp. 541–545.



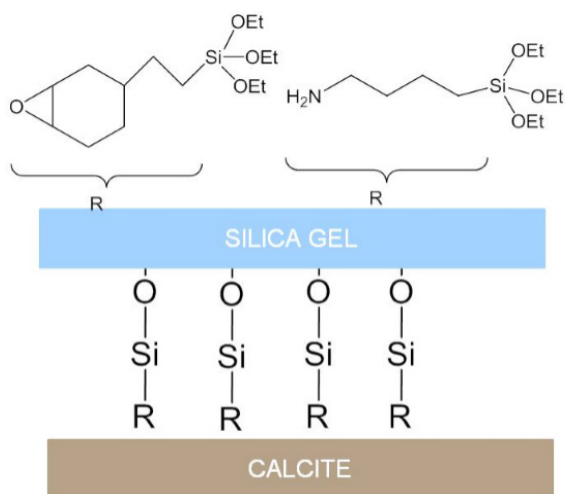


Fig. 6. Uso de alquil alcoxilanos como formula consolidante de piedra calcita.

La estrategia de los laboratorios Sandia⁸ consiste en utilizar un compuesto bifuncional capaz de enlazarse de forma selectiva a la superficie de la calcita y simultáneamente poseer grupos alcoxilano capaces de polimerizar para formar la capa consolidante (Fig. 7). Estos alcoxisilanos bifuncionales se hidrolizan y polimerizan con la humedad atmosférica a la vez que pasivan la superficie de la calcita. A la vez que reaccionan con el agua adsorbida con la superficie, la posibilidad de enlazar grupos alquilo al átomo de silicio hace aumentar la hidrofobicidad del gel formado. Los enlaces formados son estables frente a la radiación ultravioleta.

Una aproximación para resolver el problema de fractura de estos materiales durante el proceso de secado es convertir el gel en un material más “manejable” introduciendo un segmento lineal tipo siloxano que sirva de puente entre dos zonas con estructura tridimensional dentro del gel (polidimetilsiloxano, PDMS) (Fig. 8). En este caso el gel y la piedra consolidada son menos frágiles y la transición entre piedra consolidada y piedra sin deteriorar menos abrupta. Esta idea se ha incorporado ya en las formulas comerciales^{9,10}. La adición de PDMS con cadenas flexibles e hidroxiapatita que genera una superficie más dura, reduce el

8 C. Jeffrey Brinker, Carol S. Ashley, Alan S. Seliinger, Randall T. Cygan, Kathryn L. Nagy, Roger Assink, Todd Alam, Sudeep Rao, S. Prabakar, Cathy S. Scotto. Sol-Gel Preservation of Mankind's Cultural Heritage in Objects Constructed of Stone. Sandia Report, SAND984251 UC-704 (1998).

9 R. Zárraga, J. Cervantes, C. Salazar-Hernández, G. Wheeler. Effect of the addition of hydroxyl-terminated polydimethylsiloxane to TEOS-based stone consolidants. *Journal of Cultural Heritage* 11 (2010) 138–144.

10 C. Salazar-Hernández, J. Cervantes, M.J. Puy-Alquiza, R. Miranda. Conservation of building materials of historic monuments using a hybrid formulation. *Journal of Cultural Heritage* 16 (2015) 185–19.



riesgo de ruptura del gel durante la etapa de secado y aumenta la hidrofobicidad del gel. La hidroxiapatita mejora la resistencia al desgaste frente a factores medioambientales¹¹.

Una importante línea de investigación es el diseño de nuevos procesos sol-gel utilizando alcoxisilanos como monómeros precursores para sintetizar nanomateriales con menores problemas de fractura^{12, 13, 14}.

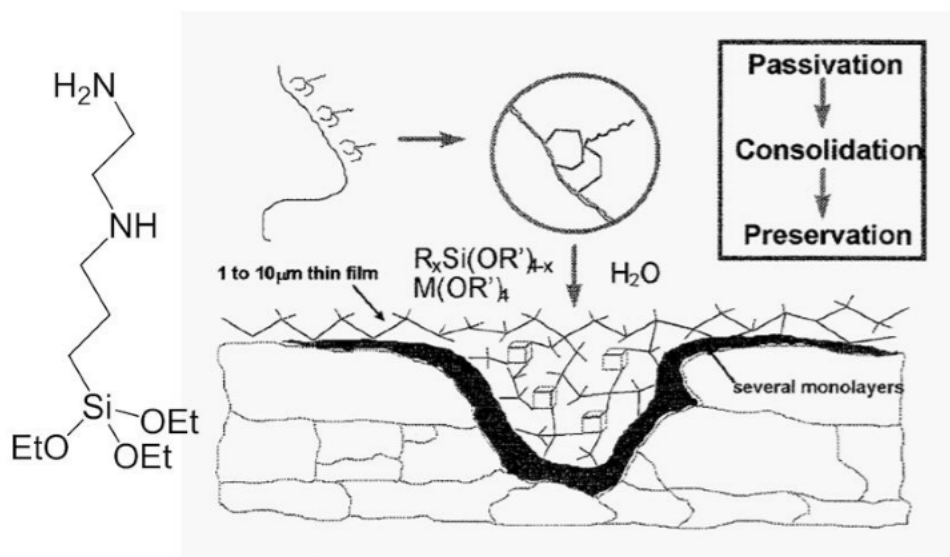


Fig. 7. Uso de alquil alcoxisilanos bifuncionales como formula consolidante de piedra calcita.

El número creciente de esculturas del siglo XX y XXI que empiezan a presentar patologías similares al patrimonio tradicional ha puesto de manifiesto la necesidad de estudiar los procesos de degradación de las mismas y buscar soluciones a su conservación. La durabilidad que se ha presupuesto para estructuras de cemento Portland ha resultado no ser tal en determinadas ocasiones, bien debido a procesos intrínsecos asociados a su fabricación, bien a factores extrínsecos por su localización y mantenimiento. Estudios recientes de Blanco Varela y colaborado-

11 Y. Luo, L. Xiao, X. Zhang. Characterization of TEOS/PDMS/HA nanocomposites for application as consolidant/hydrophobic products on sandstones. *Journal of Cultural Heritage* (2014) <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2014.08.002>.

12 J.F. Illescas, M.J. Mosquera. Surfactant-Synthesized PDMS/Silica Nanomaterials Improve Robustness and Stain Resistance of Carbonate Stone. *Journal of physical chemistry C* 115 (2011), 14624–14634.

13 M.J. Mosquera, D.M. de los Santos, T. Rivas. Surfactant-Synthesized Ormosils with application to Stone Restoration. *Langmuir*, 26(9) (2010), 6737–674.

14 M.J. Mosquera, D. M. de los Santos, A. Montes, L. Valdez-Castro. New Nanomaterials for Consolidating Stone. *Langmuir*, 24 (2008) 2772-2778.



res¹⁵ han demostrado la utilidad de los alcoxilanos como consolidantes de este tipo de materiales. La consolidación es el resultado de la reacción de TEOS y las fases hidratadas del cemento portlandita Ca(OH)_2 y gel C-S-H.

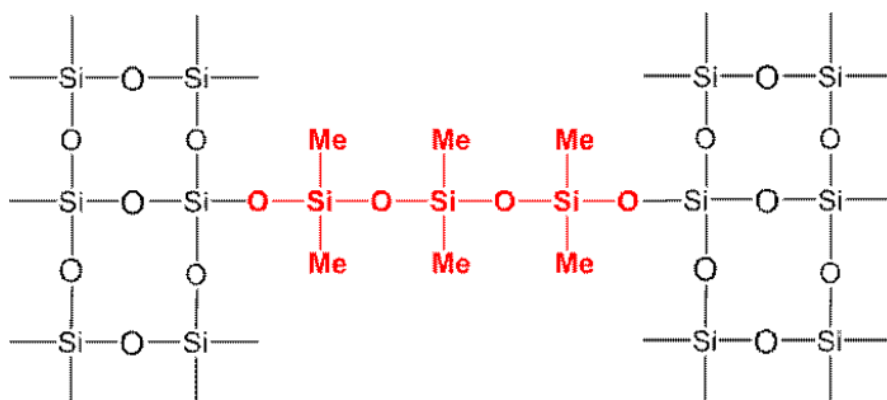


Fig. 8. Preparación de geles más flexibles mediante el uso de cadenas polidimetilsiloxano.

15 A.M. Barberena-Fernández, P.M. Carmona-Quiroga, M.T. Blanco-Varela. Interaction of TEOS with cementitious materials. Chemical and physical effects. *Cement & Concrete Composites* 55 (2015) 145–152



ARQUEOLOGÍA AÉREA Y FUENTES DE DATOS LIBRES. POSIBILIDADES Y LÍMITES

Adara López-López¹ y Enrique Cerrillo Cuenca²

Resumen:

En la actualidad contamos con millones de imágenes aéreas de muy diferentes resoluciones y distintos usos, de acceso libre, público y gratuito desde servidores de Internet, gracias a la creación de servicios de datos espaciales como son los llamados *Web Map Service* (WMS).

Para la práctica de la Arqueología la liberación de estas fuentes de datos ha impactado positivamente permitiendo apoyar proyectos de investigación de forma dinámica o realizar aproximaciones visuales más detalladas de los sitios, popularizándose su uso. Esta popularización precisa también de una propuesta de buenas prácticas en Arqueología, evitando algunos de los riesgos que implica su utilización.

Es por ello que en el presente artículo señalamos brevemente estos puntos y proponemos una metodología orientada a la documentación de paisajes prehistóricos en la zona de Extremadura, basada en la comparación de series temporales de imágenes WMS tratadas a través de una solución de software libre, creada *ad hoc*, y la aplicación de criterios de validación. Una propuesta metodológica y sus respectivos resultados que nos servirán para evaluar la versatilidad y efectividad de estas fuentes de datos espaciales libres.

Palabras clave:

arqueología aérea, WMS, datos espaciales, Prehistoria, Extremadura.

Abstract:

Millions of aerial images with different resolutions and uses are available in the web currently through public and free access servers on the Internet thanks to the creation of spatial data services like the Web Map Services (WMS).

The availability of these data sources has a positive impact for archaeological practice, which has served for boosting research project dynamically or for obtaining detailed views from sites, which has popularised their use. However, this massive use also entails the promoting of good practices in Archaeology, avoiding some of the risks derived from its application.

In the present paper we briefly point out these points and propose a methodological approach focused on the documentation of prehistoric landscapes in Extremadura

¹ Área de Prehistoria. Universidad de Alcalá (Madrid) adara.lopez@edu.uah.es

² Doctor en Prehistoria enrique.cerrillocuenca@gmail.com



region (Spain), based on the comparison of temporal series from WMS images processed through an *ad hoc* open source software and the application of validation criteria. This methodological approach and its results would serve for evaluating the versatility and effectiveness of these sources of free spatial data.

Key words:

aerial archaeology, WMS, spatial data, Prehistory, Extremadura region (Spain)

Introducción

Millones de imágenes aéreas de cobertura global, obtenidas por cientos de satélites espaciales o vuelos programados, con muy diferentes resoluciones espectrales, temporales, espaciales y radiométricas, son posibles de utilizar en la práctica arqueológica gracias a su acceso libre, público y gratuito desde servidores de Internet especializados.

Esta gran disponibilidad de fuentes de datos espaciales, abiertas al público ya desde hace años, ha provocado un incremento imparable en su uso y fuerte impacto en la Arqueología, en cuyo campo se abren innumerables posibilidades: servir de material de apoyo de forma dinámica, impulsar proyectos de bajo coste, utilizarse para aproximaciones visuales detalladas de los sitios, estudios del paisaje a partir de series históricas o incluso prospecciones sistemáticas del territorio.

Es así como, ante la accesibilidad *online* de una documentación cartográfica tan abrumadora y la popularización del uso de estas imágenes digitales, es necesario promover unas buenas prácticas para estas herramientas y señalar las limitaciones que se nos presentan en su aplicación en la Arqueología.

Por ello, exponemos una propuesta metodológica dirigida a facilitar la detección de sitios arqueológicos y de otras entidades naturales relacionadas con ellos en los valles del Tajo y Guadiana a su paso por Extremadura, basada en la comparación de series históricas de imágenes aéreas accesibles y tratadas gracias a una solución de software libre, y la aplicación de criterios de validación, cuya puesta en práctica y resultados nos servirán para evaluar la versatilidad y efectividad de las fuentes de datos espaciales libres.

Datos espaciales libres y Web Map Service (WMS)

La actual disponibilidad de estas fuentes de datos espaciales se da gracias a creación de una serie de servicios de información geográfica que se ofrecen en la web, centrándonos nosotros concretamente en los denominados *Web Map Service* (WMS) o Servicios de Mapas en Web. Estos servicios fueron desarrollados



por *Open Geospatial Consortium* (OGC; <http://www.opengeospatial.org/>), la organización internacional que se encarga de la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la *World Wide Web*, con acuerdos entre las diferentes organizaciones públicas, privadas y empresas que posibilitan la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de la información geográfica en beneficio de los usuarios en Internet.



Fig. 1. Esquema Cliente – Servidor WMS (Iniesto y Núñez 2014, 185).

La clave para entender la importancia de estos servicios y el papel que juega la OGC reside en el concepto que desarrollan de “interoperabilidad”, definido como la capacidad de algunos sistemas y servicios de comunicar, ejecutar, intercambiar o transferir datos en remoto encadenados y utilizados por otros sistemas tan sólo conociendo qué estándares generales cumplen y adoptándolos (Iniesto y Núñez 2014, 151). Esta definición también ha sido adoptada por el *Comité Técnico 211* de ISO (ISO/TC 211), el grupo internacional encargado de la estandarización de la información geográfica digital de la Organización Internacional de Normalización (ISO), y que en actual colaboración con OGC se encargan de la normalización de datos geográficos y servicios web a nivel global (<http://www.isotc211.org/>).

Es así entonces como concretamente el estándar WMS Versión 1.1.0 o superiores (Iniesto y Núñez 2014, 185-187; <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>) se define como servicio de visualización que nos facilita el acceso a la representación de la información geográfica y temática, en formato vectorial o raster de forma dinámica, alojado en un servidor. Estos datos espaciales son susceptibles de ser consultados y visualizados en pantalla a través de un navegador, que pueden actuar como cliente (demandante de la información) ligero o cliente



pesado, al ser generados como la imagen digital de un mapa georreferenciado en formatos PNG, GIF o JPEG. Ambos permiten la visualización de estos mapas de forma individual o incluso de forma simultánea, pudiéndose superponer unos a otros al poder obtenerse desde diferentes servidores, permitiendo al cliente realizar composiciones personalizadas, consultar atributos en un punto e información sobre sus metadatos. Sin embargo, los WMS no son servicios que incluyan mecanismos de modificación de estos datos por parte del usuario ni pueden descargarse. Tan solo son de consulta y visualización *online*.

El uso de este tipo de servicios es posible gracias a la aprobación por el Parlamento Europeo y el Consejo el 14 de marzo de 2007 de la Directiva europea *INSPIRE* (Directiva 2007/2/CE; *Infrastructure for Spatial Information in Europe*), que instauró las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea, reclamando la estandarización y publicación vía Internet de los datos geoespaciales creados por sus estados miembros (<http://www.idee.es/web/guest/europeo-inspire>).

A nivel nacional, se produjo la transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español con la *Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España* (LISIGE), con el objetivo de garantizar la homogeneidad de la información producida por los organismos públicos, asegurar la disponibilidad pública y actualización de los datos geográficos de referencia, y optimizar la calidad de la producción cartográfica oficial y su utilidad como servicio al público (<http://www.idee.es/web/guest/espanol-lisige>). Entonces, como estrategia más adecuada para dar respuesta a estas directivas y facilitar la posibilidad de acceso de ciudadanos, instituciones y empresas a la información geográfica y servicios de geoprosesamiento a través de la Red, surgen las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) definidas como un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web,...) que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos, disponibles en Internet, cumpliendo una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica (Inierto y Núñez 2014, 22).

España, obviamente, cuenta con su propia IDE denominada Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE; <http://www.idee.es/web/guest/inicio>) a través de la cual tenemos acceso a servicios y recursos de los organismos nacionales, algunas comunidades autónomas, ciertos ayuntamientos y variadas entidades y organismos que publican sus datos temáticos. Concretamente, contamos con más de 1900 WMS disponibles, clasificados a nivel Estatal, Autonómico, Local y de Países Vecinos, que día a día se van actualizando e incrementando.

Es preciso hacer un inciso aquí para distinguir nítidamente entre las posibilidades que ofrecen servicios como *Google Earth* o *Bing Maps*, entre otros, y los servicios WMS. Es así como el concepto de estandarización no existe en



la aplicación más popular para la visualización de imágenes satelitales (*Google Earth*), que se comporta como cliente pesado de servicios de visualización no estándar. Sin embargo, para facilitar la interoperabilidad, la IDEE permite utilizar el visualizador de *Google Earth* como cliente de un servicio WMS estándar OGC que cumple ciertas condiciones.



Fig. 2. Captura Servicios WMS ofrecidos en IDEE. Abril 2015 (<http://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios>).

WMS y Arqueología aérea

Teniendo a nuestro alcance esta enorme cantidad de servicios de acceso fácil, libre, rápido y gratuito, se abre la posibilidad de utilizarlos como herramienta para el desarrollo de la Arqueología aérea, o al menos como una fuente más en el desarrollo de esta metodología tan arraigada en la disciplina. De momento, simplemente podemos considerar cómo la popularización de *Google Earth* como herramienta de prospección sistemática ha contribuido de forma exitosa a la detección y documentación de nuevos sitios arqueológicos. Desde su lanzamiento en 2005 se ha convertido en una aplicación ampliamente utilizada tanto por investigadores, educadores como el público en general, comenzándose a considerar de forma seria en arqueología (Handwerk 2006), y demostrando su efectividad en estudios de lugares con difícil acceso por diferentes causas, como por ejemplo Afganistán, elaborando una metodología de prospección sistemática virtual con la identificación de cientos de yacimientos potenciales (Thomas *et al.* 2008). Sin embargo, desde el principio también se comenzaron a tener en cuenta los peligros y limitaciones de esta popular aplicación, pudiéndose incrementar



el expolio si se publicaban las coordenadas exactas de los sitios (Ur 2006), o la irregularidad en la disponibilidad de imágenes de alta resolución y de muy diferentes temporalidades en ciertas áreas a nivel global.

No obstante, en una de nuestras áreas de estudio, concretamente en la cuenca media del Guadiana a su paso por Portugal, la aplicación *Google Earth* ha resultado muy satisfactoria con la identificación de un elevado número de posibles recintos de fosos neolíticos y calcolíticos a partir de la visualización de imágenes satelitales (Valera y Pereiro 2013). El yacimiento de Xancra fue uno de los primeros en detectarse de esta forma (Valera 2008), comprobándose después en algunos de estos nuevos sitios la existencia de materiales arqueológicos superficiales, realizándose algunas intervenciones e incluso la aplicación de técnicas geofísicas como la magnetometría con la obtención de resultados muy relevantes (Valera y Becker 2011).

Es cierto que la práctica de la arqueología aérea ha evolucionado a menor ritmo en la Península Ibérica que en el resto de Europa, donde tiene una larga tradición y éxito desde la década de 1940. Pese a ello, es posible aprovechar las actuales herramientas a nuestro alcance, como son las Tecnologías de Información Geográfica (TIG), las fuentes de datos libres y el potencial arqueológico de nuestras zonas de trabajo para obtener una documentación aérea de mayor calidad.

Es así como los WMS pueden convertirse en un apoyo esencial en los proyectos de investigación, tanto en el proceso de documentación como en la difusión de los resultados. En cuanto al primero de ellos, el uso que puede hacerse de estos datos reside en tres aplicaciones básicas: 1) la detección sistemática o no de nuevos yacimientos arqueológicos mediante técnicas de foto-interpretación y teledetección; 2) la lectura de la morfología del paisaje con vistas a comprender su dinámica histórica (Saco del Valle 1995); y 3) la contextualización clásica de los sitios arqueológicos, que es probablemente uno de los usos más habituales de estos servicios.

Gracias a la actualización constante de datos es posible tener al alcance imágenes aéreas con resoluciones temporales, espaciales y radiométricas cada vez más variadas, lo que permite un seguimiento muy detallado de los sitios arqueológicos incluso permitiendo su análisis bajo diferentes circunstancias (cambios estacionales de vegetación, variaciones topográficas, cambios de uso del suelo, etc.).

De esta forma, la reciente incorporación a estos servicios libres de “fuentes históricas”, como son las series de fotografías aéreas analógicas ahora disponibles del Vuelo Americano de la Serie B (1956-1957) o los Vuelos Interministerial y Nacional de los años 1973-1986 y 1980-1986, no hacen más que incrementar la información temporal disponible, permitiéndonos la posibilidad de integrar los datos espaciales de distintos periodos entre sí y facilitando los estudios del paisaje a lo largo del tiempo. Por otra parte, la disponibilidad de WMS con distintas



resoluciones radiométricas, gracias al acceso a composiciones de falso color con información del canal de infrarrojo cercano, cuenta ya con historias de éxito en la detección de sitios arqueológicos como los recientes resultados de los recintos de fosos calcolíticos del valle del Duero (García 2013).

Sin embargo, es cierto que estos servicios tienen una serie de limitaciones y riesgos en su uso que debemos conocer antes de consumirlos masivamente, promoviendo una serie de buenas prácticas para estas herramientas. Obviamente, es necesaria una conexión permanente a Internet para la consulta de estos datos espaciales, teniendo en cuenta que la información que se nos ofrece no es modificable para proteger así su estandarización, y pudiendo reportar siempre errores al organismo que la ofrece.

Por otra parte, a día de hoy tan solo tenemos acceso a imágenes cenitales (horizontales) del territorio, que en muchos casos no sustituyen el valor analítico que pueden tener las fotografías verticales (oblicuas) utilizadas tradicionalmente en la fotointerpretación arqueológica. Sin embargo, ambas son fuentes de información muy importantes con sus respectivos pros y contras, pero capaces de complementarse indiscutiblemente (Doneus 2000, 38). Además, de momento la resolución espacial de la mayoría de las imágenes es limitada, no permitiendo visualizar en algunas ocasiones entidades arqueológicas de pequeño tamaño.

También debemos tener muy claro que aunque el acceso a estos datos sea fácil y gratuito, la interpretación que se obtenga de ellos tendrá que estar basada en una mínima formación previa y nivel técnico en Tecnologías de Información Geográfica (TIG), cartografía, fotointerpretación y Arqueología. Ello nos permitirá reconocer la calidad y fiabilidad de la información ofrecida, su utilidad para la aplicación de ciertas técnicas y el correcto uso de los sistemas de coordenadas geográficas y proyecciones cartográficas. Por ejemplo, la popularización de estos datos ha facilitado la proliferación de interpretaciones pseudocientíficas (identificación de lugares míticos, sitios imposibles,...) que restan objetividad a la metodología que se intenta practicar.

Por ello, lo más importante es recordar que en la práctica arqueológica estas técnicas tan solo son una serie de herramientas que nos aproximan desde diferentes puntos de vista a las realidades históricas, y no se deben de utilizar como una prueba objetiva de la presencia/ausencia de sitios, pues somos nosotros quienes debemos interpretar los datos con nuestras propias capacidades y limitaciones para leer el paisaje (Heras y Cerrillo 2006, 280).

Algunos casos prácticos

Para evaluar la versatilidad y efectividad de estas fuentes de datos espaciales, vamos a exponer brevemente una propuesta metodológica orientada a la



documentación de paisajes prehistóricos en Extremadura, basada en la comparación de series temporales históricas de imágenes aéreas de libre acceso. Los resultados que presentamos proceden de dos proyectos de investigación centrados en la aplicación de información geográfica en los que estamos trabajando actualmente: de un lado el reconocimiento de recintos de fosos a lo largo del entorno del Guadiana, y de otro la localización de túmulos megalíticos en las márgenes del Tajo. En ambos casos, la aplicación de fuentes de datos libres está permitiendo una mejora sustancial a la hora de comprender los paisajes prehistóricos en ambas cuencas, siendo una característica común a ambos proyectos la utilización de imágenes originales, pero también la transformación estadística de las mismas para facilitar la interpretación del territorio.

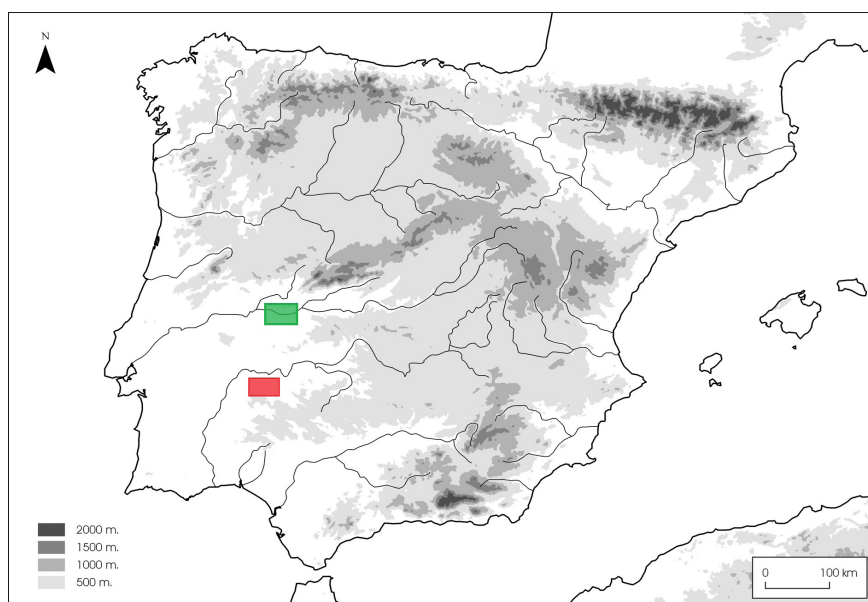


Fig. 3. Áreas de estudio en Extremadura: entornos del Tajo y del Guadiana.

Es así como el uso de especificaciones abiertas, en este caso los servicios WMS, ha permitido el diseño de una aplicación informática de software libre llamada *ArchaeoExplorer* que, como un cliente ligero, se conecta a estos servicios y permite ofrecer salidas gráficas (imágenes) de áreas de interés arqueológico con vistas a su catalogación y análisis visual y digital. Esta pequeña aplicación ha sido desarrollada como una ayuda a la catalogación de anomalías, y es capaz de hacer usos de estos servicios para digitalizar entidades, y lo que puede resultar más interesante, combinar de una forma ágil la información de vuelos de distintas series. El cliente se ha escrito en el lenguaje de programación *Python*, para el que existen librerías específicas de gestión de datos WMS. Quizás es éste un caso



en el que la existencia de datos libres fomenta el desarrollo de software específico y no al revés.

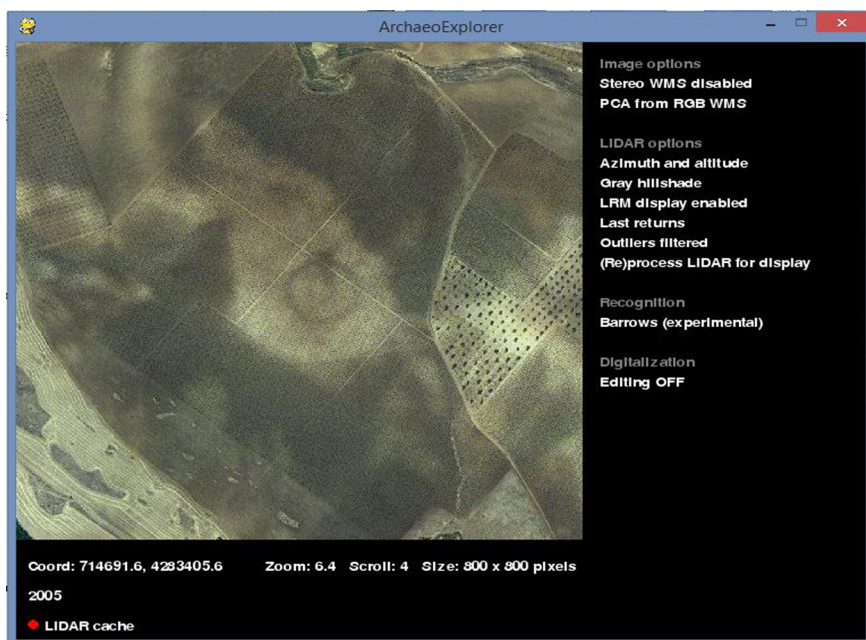


Fig. 4. Captura de la interfaz de ArchaeoExplorer. Versión Windows.

Para el proyecto de detección de recintos de fosos en el Guadiana (López 2015), las fuentes WMS empleadas han sido las que nos permitían el acceso a las fotografías aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de 2005 a 2013, el Vuelo Americano Serie B y los Vuelos Interministerial y Nacional. Entre ellas se incluyen tanto series históricas como composiciones de falso color que emplean la información del Infrarrojo cercano (IR). Otra técnica empleada ha sido el Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés). El PCA se ha empleado en nuestro caso para reducir la dimensionalidad de las imágenes a color y poder resaltar de una forma más clara los elementos reflejados en la fotografía. Para ello hemos obtenido generalmente el primer o segundo componente y lo hemos transformado en una imagen de color empleando una escala de color. Toda esta información es útil para resaltar alteraciones en la composición de los suelos, como serían las marcas de humedad o en los cultivos (*soilmarks* o *cropmarks*), que pueden reflejar la presencia de las estructuras negativas de los fosos. De esta forma, una vez identificada una anomalía, se compara su visualización en las diferentes fotografías aplicando una serie de criterios visuales diferenciadores para comprobar si esos rasgos característicos perduran en el tiempo entre las distintas imágenes, valorando su visibilidad y, junto con la información geológica,



topográfica y el uso del suelo existente para su ubicación, se evalúa la posibilidad de que se trate de posible yacimiento arqueológico.

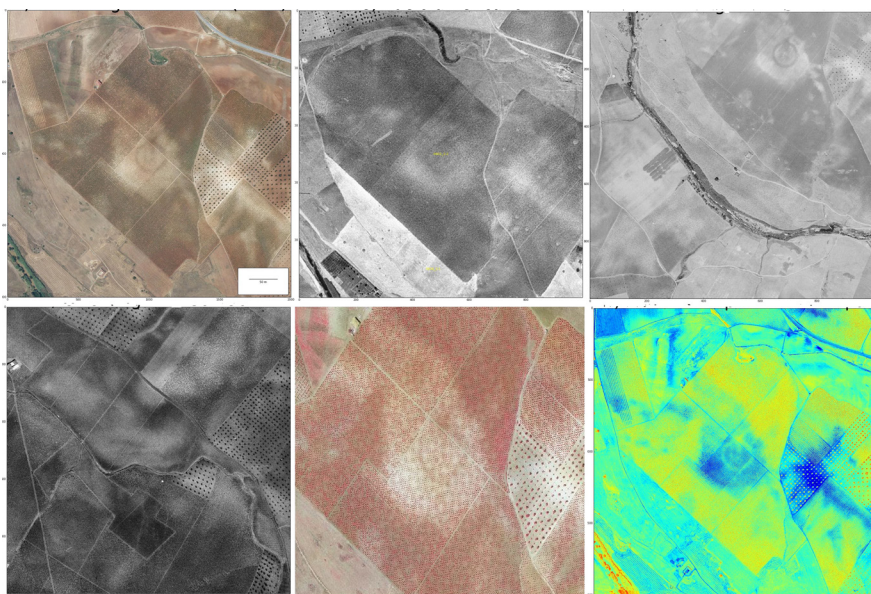


Fig. 5. Imágenes anomalía Guadiana "El Barrito": (arriba) PNOA 2010 (RGB), Vuelo Americano Serie B, Vuelo Interministerial; (abajo) Vuelo Nacional, PNOA (IR+RGB), Falso Color (Primer Componente Principal).

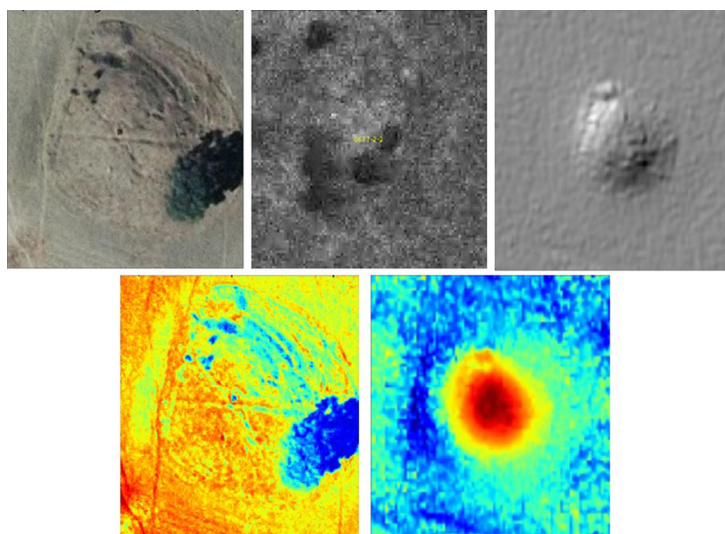


Fig.6. Uno de los túmulos del sitio de Monteconcejo, en el Tajo: (arriba) PNOA (RGB), Vuelo Americano, LiDAR; (abajo) Falso Color (Primer Componente Principal), análisis de LiDAR (topografía).



Es así como los primeros resultados obtenidos nos hablan de un total de 28 anomalías en una pequeña área de estudio de 1070 km² en la margen izquierda de la cuenca media de Guadiana, concretamente en Tierra de Barros, de las cuales un 60,7% de ellas se han clasificado como probables recintos de fosos inéditos en esta área, pero a falta todavía de una confirmación en el campo mediante técnicas de prospección intensiva, geofísica o excavación.

En el caso del Tajo, la información anterior se ha completado con información altimétrica de alta precisión, derivada de datos LiDAR, para reconocer estructuras arqueológicas. Esta combinación facilita el reconocimiento de estructuras no sólo a partir de la información topográfica sino a través de la modificación de la superficie del terreno. La estrategia empleada para la foto-interpretación, coincidente con lo ya descrito para el entorno anterior, ha permitido la selección automática de miles de coincidencias topográficas, en cuanto a tamaño forma y elevación, que en este momento están siendo comprobadas y descartadas mediante el programa *ArchaeoExplorer*.

Consideraciones

Finalmente, tan solo nos queda evaluar muy brevemente la versatilidad de los servicios web como fuente de datos espaciales libres y su efectividad en la disciplina arqueológica.

Es cierto que en líneas generales la directiva INSPIRE nació, entre otras cosas, con la finalidad de realizar una gestión de las políticas medioambientales europeas de una forma más normalizada, pero siendo toda la información geográfica publicada de una enorme utilidad en Arqueología y reclamando ya por algunos grupos de investigadores (Fernández, Parceró y Uriarte 2014) considerar el patrimonio cultural también como información geográfica para incorporarlo de forma específica a las fuentes de datos espaciales libres dentro del marco definido por INSPIRE, para facilitar su integración, estructuración y publicación.

Además, con el actual ritmo de desarrollo de las tecnologías y actualización de los servicios, como por ejemplo ha sido la incorporación y futuro incremento en la disponibilidad de las imágenes de los vuelos históricos a los servicios WMS, se comienza a abrir el camino para volver a entroncar la tradición previa de análisis morfológico del paisaje que se ha impulsado en España desde la década de 1980 y especialmente de 1990. Bien es cierto que parte de esta información ha estado disponible bajo distintos formatos desde comienzos de la década de 2000, con aplicaciones web como el SIG Oleícola, pero es la liberalización de datos y la creciente disponibilidad de series de vuelos lo que fomenta el diseño de iniciativas como las que hemos descrito.



Ese mismo desarrollo es el que está permitiendo las constantes mejoras en las resoluciones de estos datos geográficos pero sobre todo el aumento del número de fuentes de información espacial y su gran disponibilidad se convierten en la clave para poder promover la utilización de una serie de herramientas, como son la teledetección y la fotointerpretación, con el objetivo de identificar anomalías permitiendo un acercamiento más riguroso a las posibles entidades arqueológicas y a los sitios ya conocidos desde otros puntos de vista, con el incremento de conocimiento que ello implica. Por ello la estandarización y generalización de servicios como los WMS se vuelve tan importante al permitir su formato la integración de datos diversos que puedan ser comparables y facilitar su análisis. Las ventajas para la gestión de datos arqueológicos son evidentes, como también lo son para la investigación de paisajes prehistóricos. Sin embargo, no quisiéramos finalizar sin incidir en la necesidad de desarrollar estrategias de comprobación de estos datos en campo.

Por último, señalamos como los primeros resultados de los casos prácticos presentados apoyan la gran versatilidad y utilidad de estos servicios con la posibilidad de desarrollar aplicaciones específicas para Arqueología a partir de ellos, convirtiéndose en una herramienta de carácter no destructivo, existiendo incluso la posibilidad de que nosotros creemos la información geográfica y arqueológica y se convierta en un servicio WMS, para darle la mayor difusión posible.

Bibliografía

- CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO: "Estándar de interfaz. *Web Map Service (WMS) Versión: 1.3.0*". Infraestructura de Datos Espaciales Española, GTIDEE, (23-02-2012).
- M. DONEUS: "Vertical and oblique photographs". AARGNews 20, (March 2000), pp. 33-39.
- C. FERNÁNDEZ FREIRE, C. PARCERO-OUBIÑA y A. URIARTE GONZÁLEZ: "A data model for Cultural Heritage within INSPIRE". Cadernos de Arqueoloxía e Patrimonio (CAPA), 35 (febrero 2014).
- M. GARCÍA GARCÍA: "Las Pozas (Casaseca de las Chanas, Zamora): dos nuevos recintos de fosos calcolíticos en el Valle del Duero". Trabajos de Prehistoria 70 Nº 1, (enero-junio 2013), Madrid, pp. 175-184.
- B. HANDWERK: "Google Earth, Satellite Maps Boost Armchair Archaeology". National Geographic News, (November 7, 2006). <http://news.nationalgeographic.com/news/2006/11/061107-archaeology.html> (Última visualización 20/04/2015)



- F. J. HERAS MORA y E. CERRILLO CUENCA: "Paisajes y dinámica cultural de la Prehistoria Reciente en el Guadiana Medio". *Actas do IV Congresso de Arqueologia Peninsular. Do Epipaleo-lítico ao Calcolítico na Península Ibérica*, Faro, (2006), pp. 279-290.
- M. INIESTO y A. NÚÑEZ: *Introducción a la Infraestructuras de Datos Espaciales*. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Madrid: 2014.
- A. LÓPEZ LÓPEZ: "Aplicaciones de la Teledetección y la Fotointerpretación: prospección sistemática del territorio de la Prehistoria Reciente en el Guadiana español". *V Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Universidad de Alcalá, Volumen Humanidades y Ciencias Sociales*, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, (2015), (en prensa).
- A. OREJAS SACO DEL VALLE: *Del marco geográfico a la Arqueología del paisaje: la aportación de la fotografía aérea*. CSIC, Madrid: 1995.
- D. C. THOMAS, F. J. KIDD, S. NIKOLOVSKI y C. ZIPFEL: "The Archaeological Sites of Afghanistan in Google Earth". *AARGnews* 37, (septiembre 2008), pp. 22-30.
- J. UR: "Google Earth and Archaeology". *The SAA Archaeological Record* 6, Washington D.C., (2006), pp. 35-38.
- A.C. VALERA: "O novo recinto de fossos calcolítico de Xancra (Cuba, Beja)". *Apontamentos de Arqueologia e Património*, 2, NIA-ERA Arqueologia, Lisboa, (2008), pp. 23-26.
- A.C. VALERA y H. BECKER: "Cosmologia e recintos de fossos da Pré-História Recente: Resultados da prospecção geofísica em Xancra (Cuba, Beja)". *Apontamentos de Arqueologia e Património*, 7, NIA-ERA Arqueologia, Lisboa, (2011), pp. 23-36.
- A. C. VALERA y T. PEREIRO: "Novos recintos de fossos no Sul de Portugal: o Google Earth como ferramenta de prospecção sistemática". *Arqueologia em Portugal - 150 Anos, I Congresso da Associação dos Arqueólogos Portugueses*, AAP, Lisboa, (2013), pp. 345-350.



HACIA LA AUTOSOSTENIBILIDAD EN PROCESOS DE EXCAVACIÓN: CONSERVACIÓN PREVENTIVA Y GESTIÓN DE RIESGOS

Ana Pastor Pérez¹ y Olalla Canseco Domínguez²

Resumen:

La apuesta por la interdisciplinariedad en los equipos *arqueopaleontológicos* ha conducido a un aumento en la presencia de técnicos de conservación en excavaciones. El papel del restaurador de campo abarca desde la consolidación de estructuras *in situ* al transporte de piezas a depósitos, siendo menos frecuente su participación en las fases previas a la intervención arqueológica (planificación) o excavación. A través de nuevas metodologías de análisis, como la Gestión Integral de Riesgos (Instituto de Conservación Canadiense e ICCROM) y sus análogos en distintos países, podemos crear nuevas estrategias que permitan optimizar los recursos disponibles: anticiparnos al daño y elegir tratamientos más adecuados.

A lo largo de este estudio veremos cómo estas herramientas de gestión del patrimonio juegan un papel destacado por medio de la utilización de sistemas jerárquicos: a nivel de gestión de espacios y de los riesgos que afectan a los mismos. En estas disciplinas el conservador-restaurador pasa a tener un rol más dinámico en la toma de decisiones, colaborando en la selección de aquellas áreas que deben reservarse o excavar (conservación espacial) de manera que se preserven el máximo de objetos, restos y estructuras (optimización de recursos). Los yacimientos arqueológicos *en proceso de excavación* suponen un reto que nos enfrenta a contextos en constante cambio. Esto dificulta llevar a cabo estrategias a medio y largo plazo debido a las modificaciones que se producen en torno a los hallazgos y áreas de estudio. En este *paper* veremos cómo la conservación preventiva en arqueología se ha impuesto a la curativa o a la restauración (definiciones según ICOM), destacando como técnica que potencia la auto-sostenibilidad ya que permite una anticipación a los riesgos, donde se propicie un mejor uso de los recursos económicos y humanos disponibles.

Palabras clave:

Conservación preventiva, Conservación espacial, Gestión del Patrimonio Arqueológico, Gestión de Riesgos, Autosostenibilidad

1 Licenciada en Historia. Diplomada en Conservación-Restauración de BBCC Arqueológicos. Master en Gestión del Patrimonio Cultural. Universidad de Barcelona. Doctorado Sociedad y Cultura. Grup d'Arqueologia Pública i Patrimoni. a.pastor.restaura@gmail.com

2 Licenciada en Historia. Diplomada en Conservación-Restauración de BBCC Arqueológicos. Master Diagnóstico del Estado del Patrimonio Histórico, Universidad Pablo Olavide (Sevilla). Ciemad. Centro Internacional de Estudios Multimedia de Arqueología en Madrid. olalla.canseco@gmail.com



Abstract:

The commitment to interdisciplinary teams in archaeopaleontological sites has led to an increase of technical conservation experts in excavations. A field conservator's role ranges from the consolidation of structures in situ to the deposit transport tasks, being less frequent its participation in the pre-intervention (planning) or archaeological excavation phases. Through new methodology's analysis such as Comprehensive Risk Management (Canadian Conservation Institute and ICCROM) or its analogues in different countries, we can create new strategies to optimize available resources: anticipate the damage and choose the most appropriate treatments to recover and prevent.

Throughout this study we will see how these management tools in the assessment and development of heritage play a prominent with the use of hierarchical systems both in terms of space and risks affecting the same role. Applying these new methodologies, the conservator-restorer will foster a higher dynamic role in decision-making process, collaborating in the selection of areas to be preserved or excavated (spatial conservation) permitting the maximum number of structures to be preserved (resource optimization). During archaeological excavation processes we face constantly context's changing, making it difficult to carry out med and long term strategies; changes occurring around the findings. Trough this paper we will examine how preventive conservation has been imposed on the curative/ remedial conservation or restoration (ICOM definitions) as a technique that enhances self-sustainability due to their qualities to better organize economic and human resources.

Key words:

Preventive conservation, Spatial Conservation, Archaeological Heritage Management, Risk Management, Self-sustainability

Introducción

El papel del conservador-restaurador de arqueología comienza a tener un protagonismo relevante en las últimas décadas³ debido a diversos factores que han conducido a una *desartesanalización* de la profesión. Por una parte, la proliferación de centros de interpretación y yacimientos musealizados —somos consumidores de monumentos, ya sea por motivos estéticos como identitarios/exis-

3 M. J. ALONSO LÓPEZ, M.J. "Conservación preventiva en excavaciones arqueológicas: el futuro del pasado", *Pátina*, 8: 1997, pp.116–123.

J. A. HERRÁEZ FERREIRO. "La conservación preventiva del arte rupestre", *Actas de los VII Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico*: [Reinosa, julio-agosto 1996], Universidad de Cantabria, Servicio de Publicaciones, Ayuntamiento de Reinosa: 1997, pp. 197–208.



tenciales—,⁴ y por otra la apertura de este tipo de estudios al ámbito universitario con el consiguiente aumento de publicaciones científicas al respecto.⁵ Los cambios que se han producido en la forma de abordar las excavaciones arqueológicas y el registro material también han contribuido a profesionalizar esta tarea.

Las leyes en torno al patrimonio arqueológico han ido priorizado actuaciones de tipo preventivo en contraposición a la excavación extensiva que ha perdurado durante décadas.⁶ Excavamos menos, pero con una serie de objetivos concretos en cada campaña que nos permiten optimizar una serie de recursos económicos y humanos que se han visto mermados en un contexto de crisis económica global. En este sentido, la conservación preventiva juega un rol destacado, pues aborda la conservación de estructuras y artefactos de forma indirecta, interfiriendo mínimamente en la composición intrínseca del bien cultural y asegurando su pervivencia para el disfrute de científicos y ciudadanía.

Historia de la disciplina: paradigma actual

Las variantes del concepto “patrimonio” han tenido un impacto inmediato en las estrategias para protegerlo y conservarlo. El año 1964 marcó un hito con las conclusiones de la Comisión Franceschini, al establecer la categoría del *bene culturale*, testimonio material de cultura por poseer *valor de civilización*.⁷ Este nuevo enfoque del patrimonio necesitaba nuevas estrategias que fuesen más allá de la intervención directa, siendo el ámbito anglosajón pionero en aportar soluciones innovadoras. En estos primeros momentos de andadura, la disciplina de la conservación preventiva se asoció fundamentalmente al museo.⁸

Habrà que esperar a la década de 1990 para que se produzca un avance abismal. El foco de atención pasó del estudio de los desencadenantes del deterioro al desarrollo de métodos globales ligados a un trabajo inserto en equipos multidisciplinares. Las figuras que lideraron el cambio fueron Stefan Michalski y Robert Waller, seguidos unos años después por Jonathan Ashley-Smith.⁹ Será también en

4 C. GOULDING: “Romancing the past: heritage visiting and the nostalgic consumer”, *Psychology and Marketing*, 18, 6 (2001), pp. 565–592.

5 M.J. ALONSO LÓPEZ: “Los estudios superiores de conservación y restauración de bienes culturales”, *Las enseñanzas artísticas superiores en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Secretaría General de Educación, Servicio de Publicaciones, Madrid: 2010, pp.71–94.

4 M.A. QUEROL: *Manual de gestión del patrimonio cultural*. Akal, Madrid: 2010.

7 F. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ: “La conservación integral del patrimonio”. *Complutum Extra*, 6, 2 (1996), pp. 251–260.

8 I. GARCÍA FERNÁNDEZ: *La conservación preventiva de bienes culturales*. Alianza Editorial, Madrid, 2013, pp. 25–29.

9 I. GARCÍA FERNÁNDEZ: “Historia de la conservación preventiva. Parte II”. *Ge-conservación*, 6 (2014), pp. 5–18.



este momento cuando la conservación preventiva comience a salir del museo, postulándose el campo de la arqueología como uno de los ámbitos por excelencia para su aplicación.¹⁰

Los avances conceptuales de la década anterior cristalizarán en un documento fundamental para la conservación europea: la Resolución de Vantaa de septiembre de 2000, *Hacia una Estrategia Europea sobre Conservación Preventiva*.¹¹ Algunas de sus premisas fueron la prevención, la sostenibilidad y eficacia en la custodia del bien cultural como medios para asegurar su pervivencia. Aquí se indica la importancia de considerar una *responsabilidad compartida*,¹² así como integrar la “conservación” en todos los momentos de la vida del bien cultural.¹³

En el campo de la arqueología dicha integración comienza a tomar fuerza a raíz del 5º Congreso Mundial de Arqueología (5th World Archaeological Congress), celebrado en Washington en 2003, cuyo título ya era toda una declaración de intenciones: *Of the Past, for the Future: Integrating Archaeology and Conservation* [Del pasado, para el Futuro: integrando Arqueología y Conservación].¹⁴ La conservación debía dejar de ser un elemento auxiliar, que se ocupaba tan sólo del cuidado de los objetos, para migrar hacia una posición destacada dentro de la disciplina arqueológica. El nuevo enfoque integrado superaría el cortoplacismo,¹⁵ inadecuado al manejar un patrimonio: *bien finito y limitado* que debemos legar a nuestros descendientes. Puntualizaremos, sin embargo, que todos estos postulados defendidos en el congreso eran deseos futuros y no realidades: tan sólo tres de las 61 ponencias presentadas estaban escritas por conservadores.¹⁶

En los años siguientes destaca la labor del Centro Internacional de Estudios de Conservación y Restauración de los Bienes Culturales, ICCROM, que lleva a cabo

10 M. J. ALONSO y J. M. IGLESIAS: “Arqueología y conservación preventiva: una convergencia lógica”. *Actas de los XX Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico*: [Reinosa, julio de 2009]. Universidad de Cantabria, Servicio de Publicaciones, Ayuntamiento de Reinosa: 2010, pp.123-134.

11 COMISIÓN EUROPEA: “Hacia una estrategia europea sobre conservación preventiva”. Adoptada en la reunión de Vantaa 21-22 de septiembre de 2000. European Commission, Vantaa, 2000.

12 I. KAPELOUZOU: “The inherent sharing of conservation decisions”. *Studies in Conservation*, 57, 3 (2012), pp.172-182.

13 M. J. ALONSO LÓPEZ. “Conservación preventiva en excavaciones arqueológicas: el futuro del pasado”. *Pátina*, 8 (1997), pp.116-123.

14 N. AGNEW y J. BRIDGELAND: *Of the past, for the future: integrating archaeology and conservation. Proceedings of the conservation theme at the 5th World Archaeological Congress*. Getty Publications, Los Angeles: 2006.

15 N. AGNEW y J. BRIDGELAND: *Of the past, for the future: integrating archaeology and conservation. Proceedings of the conservation theme at the 5th World Archaeological Congress*. Getty Publications, Los Angeles: 2006, pp.53-72.

16 C. SEASE: “Book reviews: of the past, for the future: integrating archaeology and conservation presents the papers of the conservation theme at the World Archaeological Congress (WAC), Washington DC, in June 2003”. *Studies in Conservation*, 51, 4 (2006), pp.317-319.



un importante programa de difusión de estrategias integradas. Los programas *Built Heritage* o *Disaster and Risk Managment* y su aplicación a través de cursos en distintos continentes dan prueba del carácter internacional y filántropo de esta institución. De igual modo, sucederá en las reuniones del Comité para la Conservación del Consejo Internacional de Museos, ICOM-CC, que en los últimos años trabajan en la autosostenibilidad aplicada a conservación.¹⁷ Recientemente, el enfoque holístico del *Slow Movement*¹⁸ ha tenido su repercusión en el campo de la conservación, siendo enunciado en el *Slow Conservation Manifesto* [Manifiesto para la Conservación Lenta]. Este documento en gran parte es deudor del pensamiento de John Ruskin y William Morris, quienes ya pusieron el acento en lo local y sostenible.

Con todas estas permutaciones en el marco conceptual, la ciencia arqueológica ha recogido el guante al reconocer que trabaja con bienes comunes que nos pertenecen a todos, herencia que debemos custodiar para transmitir a generaciones futuras.¹⁹ Esta responsabilidad implica que debemos incorporar nuevas orientaciones dentro de nuestra disciplina. La excavación no marca el inicio de la colaboración sino que ésta debe estar presente desde fases previas. El diseño del proyecto y la definición de unas necesidades económicas y humanas son aspectos fundamentales en los que la conservación preventiva debe aplicarse para garantizar el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles. Esta interacción continuará durante la extracción, posterior almacenaje de artefactos, monitorización de estructuras o difusión y protección,²⁰ entre otros. Es fundamental, por tanto, que la conservación se integre con la arqueología para lograr el objetivo común: conseguir salvaguardar la mayor cantidad de información posible sobre el pasado.

El conservador: formación plural

La formación de profesional en el campo de la conservación-restauración ha evolucionado en paralelo al concepto de patrimonio. De un perfil muy inter-

17 I. GARCÍA FERNÁNDEZ: *La conservación preventiva de bienes culturales*. Alianza Editorial, Madrid, 2013, pp. 25-26.

18 Desde el nacimiento del movimiento del “Slow Food” esta filosofía se ha aplicado a muchos otros aspectos de la vida, los viajes, los libros, la educación...pero todas se resumen en el acento en lo local, primando la sostenibilidad de sus acciones. No se rechaza el uso de la tecnología pero sí un uso más racional, apoyándonos en ella podemos ser selectivos en nuestras acciones e invertir el tiempo y esfuerzo justo.

19 C. JIMÉNEZ, D. SALAZAR y P. CORRALES: “De los alcances de la arqueología: redefiniendo fronteras”. *Conserva*, 4 (2000), pp.71-85.

20 No debemos perder de vista en ningún momento del proceso que estamos trabajando con bienes únicos y no renovables. Aunque parezca una paradoja debemos conseguir que la excavación no suponga una destrucción de información o cuanto menos minimizar esta pérdida de datos. Esto solo es posible gracias a una estrategia integrada.



vencionista en los años 1960 y 1970 se pasó, en los años 1980, a una etapa de revisión de las actuaciones anteriores. Los años 1990 son un momento de innovación, que destacan por la introducción de diferentes estrategias de conservación preventiva en distintos ámbitos, también en los currículos. En el caso español está presente en los planes académicos como materia ya en 1991,²¹ que dieron una nueva orientación a la disciplina y ampliaron el campo de acción del técnico. El conservador debe salir del laboratorio para acercarse a la realidad de los objetos que custodia; ahora ejercerá la tutela allí donde estén ubicados los bienes, evitando traslados perjudiciales y descontextualizaciones (Fig.1).



Fig. 1. Ilustración de Marga Lliso del Hoyo. "Abel restaurando bajo la lupa binocular". Dibujo realizado en el laboratorio de campo de los yacimientos de Pinilla del Valle. Madrid. España.

Con la introducción del Plan Bolonia en Europa se ha producido una unificación curricular en los grados de conservación restauración. Dos de las principales instituciones, *European Network for Conservation-Restoration Education* (ENCoRe) y la *European Confederation of Conservator-Restorer's Organisations* (ECCO), han diseñado el nuevo perfil profesional. El conservador-restaurador deberá estar capacitado para contextualizar el bien, entender su significado y abordar su carácter no renovable. El trabajo interdisciplinar será una prioridad y la preventiva tendrá el mismo nivel de importancia que la restauración.²²

21 M. J. ALONSO y J. M. IGLESIAS: "Arqueología y conservación preventiva: una convergencia lógica". *Actas de los XX Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico*: [Reinosa, julio de 2009]. Universidad de Cantabria, Servicio de Publicaciones, Ayuntamiento de Reinosa: 2010, pp.123-134.

22 R. VIÑAS LUCAS: "La conservación y restauración de bienes culturales en el nuevo contexto educativo español". *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 66, Mayo 2008, pp. 106-123.



La unicidad del registro arqueológico y su problemática en conservación-restauración

Mientras la interpretación del registro arqueológico se encuentra en pleno debate en los últimos tiempos,²³ el conservador-restaurador de arqueología se enfrenta a la restauración de esos objetos que quedan en el olvido —no siempre en las condiciones de conservación idóneas— a la espera de una puesta en valor. Una de las premisas actuales de los documentos internacionales en cuanto a la salvaguarda del patrimonio, como remarca la Carta de Burra²⁴ (ICOMOS-Australia) es la transmisión o pervivencia del mismo para el disfrute de futuras generaciones. La destrucción de los espacios/objetos arqueológicos se debe en la mayoría de casos a una falta de planificación inserta en el binomio conservación-excavación. Para ser capaces de crear buenas estrategias debemos analizar distintos escenarios y tener presente una cuestión de unicidad en cada caso de estudio (Fig. 2). Los distintos tipos de escenario podrían ser:

- yacimientos prospectados sin excavar,
- yacimientos en proceso de excavación,
- yacimientos excavados sin musealización,
- yacimientos musealizados,
- yacimientos integrados en edificios/plazas.

Cada uno de estos escenarios puede integrar peculiaridades: ubicarse en el medio urbano o medio rural, poseer o no con un centro de interpretación, estar gestionado por un ente autónomo, mayor o menor dificultad o facilidad de acceso, diverso impacto turístico... Independientemente de las características particulares de estos espacios, el papel del conservador-restaurador se basa en una serie de acciones —en algunos casos de tipo transversal— que se pueden desarrollar en distintos escenarios. Algunas de estas acciones son:

- poner en valor el sitio con distintos fines/objetivos,
- estipular unas estrategias/pautas de extracción-conservación-embalaje y transporte de los hallazgos/artefactos,

23 A. GONZÁLEZ RUIBAL: *Reclaiming archaeology: beyond the tropes of modernity*. Routledge, Milton Park Abingdon: 2013.

24 ICOMOS Australia: The Australia ICOMOS charter for the conservation of places of cultural significance (the Burra charter). Australia ICOMOS, Camberra, Australia: 2013. K. LARSEN (ed.): Nara conference on authenticity in relation to the World Heritage Convention: Nara, Japan, 1-6 November 1994. UNESCO World Heritage Centre, Paris.:1995.



- analizar los riesgos del espacio a través de una metodología específica/adaptada,
- diseñar un plan de emergencias en caso de riesgo o catástrofe,
- monitorizar el estado de conservación del espacio.

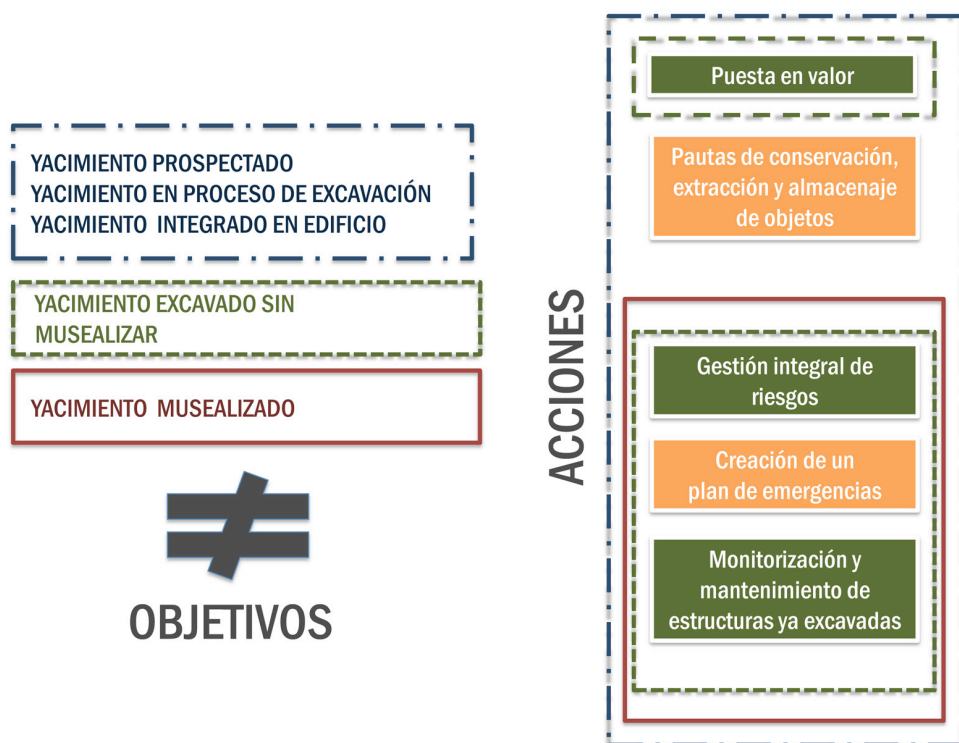


Fig. 2. Cuadro resumen donde se destacan los escenarios-acciones más habituales y el ámbito de actuación de los mismos.

Como podemos observar, el papel del restaurador puede ser determinante en todas las fases de vida de un espacio arqueológico. Desde el diseño/estudio de un sistema de cubiertas²⁵ a la aportación de documentación en torno a procesos de restauración en un panel indicativo. Este profesional se pone a las órdenes de un equipo que suele estar compuesto por una serie de directores y técnicos especializados en distintos campos y que suelen tener objetivos diversos. Son

25 C. CABELLO-BRIONES: "A methodological approach to evaluate shelter effectiveness for the conservation of archaeological sites". en M. A. ROGERIO-CANDELERIA, M. LAZZARI y E. CANO (eds.): Science and technology for the conservation of cultural heritage. CRC Press, Leiden: (2013), pp.41–44.



muchas las ocasiones en las que la opinión de un conservador-restaurador puede ser opuesta a la de un arqueólogo, por ejemplo, extraer un artefacto o preservarlo hasta que las condiciones sean óptimas; decisiones que se asocian en parte a la acción destructiva que conlleva la excavación. Muchas de estas disputas se verían mitigadas si de antemano el conservador propone unas pautas y las comunica de forma abierta al equipo de excavación, desde sus directores hasta los voluntarios, haciendo partícipes de la tarea de preservar a todos los miembros del equipo. En el siguiente cuadro resumen hemos especificado el rol del conservador-restaurador en distintas fases (Tabla 1):

Planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta de fuentes escritas y orales/ análisis de informes pasados/ legislación vigente/ código deontológico/ sistematización de datos. • Conocer el terreno de antemano: estudio de condiciones climáticas/suelos/ accesos/recursos. • Elaboración de un presupuesto en función de las necesidades/objetivos que haya marcado el equipo directivo. • Preparar una base de datos coordinada con el resto de sistemas de registro de información que se utilicen en la excavación. • Requerir la colaboración de distintos especialistas en conservación-restauración: expertos en tratamientos de distintas estructuras (pintura mural, vidrio, metal...). • Determinar un margen de imprevistos técnicos y humanos.
Prospección	<ul style="list-style-type: none"> • Reunir información relativa al entorno, así como al estado de conservación de los elementos u objetos que vayamos encontrando en el caso de que sean visibles/ sistematizar la información. • Embalar de forma correcta aquellos elementos que consideremos oportunos/ elaborar una pauta de conservación preventiva para aquellas estructuras visibles. • Contactar con la figura administrativa responsable de la conservación del entorno.



Excavación	<ul style="list-style-type: none">• Preparar un laboratorio de campo.• Conocer las distintas necesidades de cada investigador asociado al equipo, de forma que los tratamientos de extracción o consolidación no interfieran en sus analíticas posteriores.• Formar a distintos miembros del equipo para trabajar de forma conjunta en eventos complicados.• Extraer artefactos de diversa naturaleza.• Consolidar estructuras de diversa índole.• Asesorar a los directores y técnicos: determinar en qué áreas debe haber una presencia constante de un técnico en restauración a través de un estudio asociado a los SIG.• Preparar los materiales para su traslado a un laboratorio/depósito y asegurarse de que estos se almacenan de forma correcta.• Asesorar en las labores de cubrición del yacimiento.• Ayudar en la confección de materiales didácticos para visitas in situ o jornadas de puertas abiertas, aportando conocimientos asociados al campo de la conservación restauración.
Post - Excavación	<ul style="list-style-type: none">• Monitorizar el estado de conservación de las piezas contactando con las instituciones de recepción.• Monitorizar el estado de conservación del yacimiento y de los tratamientos aplicados en las estructuras del mismo a largo plazo. Mantener un seguimiento de control en distintas épocas del año.• Asesorar o colaborar directamente con el equipo que lleve a cabo una puesta en valor del yacimiento.• Difundir los tratamientos y procedimientos realizados en distintos foros profesionales, trazando puentes con distintos profesionales y disciplinas para enriquecer la materia.

Tabla 1. El papel del conservador-restaurador de arqueología.

Este cuadro busca hacer una síntesis de las tareas principales que debe llevar a cabo el profesional de la conservación de materiales arqueopaleontológicos. Es remarcable la labor de gestión que pondera en muchas de estas acciones y la problemática que ello conlleva en cuanto a la multiplicidad de agentes implicados o *stakeholders*. Como hemos indicado en la fase de excavación, sería oportuno llevar a cabo un registro de intervenciones y cotejarlo con las realizadas en otras campañas. En este punto es donde el conservador-restaurador suele tener más dificultades para desarrollar su labor al encontrarse con un problema de ac-



ceso a la información generada. En muchos casos, al igual que sucede con otros técnicos, se trata de un especialista en prácticas no remunerado y desvinculado de forma permanente con el resto del equipo de investigación —alguien que se contacta únicamente cuando surgen imprevistos y dificultades que requieren de conocimientos especializados—.²⁶

A través del análisis de los beneficios que supone llevar a cabo un estudio previo de carácter preventivo, vamos a exponer de forma breve lo que creemos puede ser un avance en cuanto a conservación-restauración arqueológica se refiere: defender la postura del conservador-restaurador en la toma de decisiones previa a la excavación de un espacio arqueológico, y cómo ello puede derivar en beneficios a corto y largo plazo tanto de tipo social como económico.

La gestión de riesgos aplicada en arqueología

La gestión de riesgos en conservación de patrimonio integra distintos programas en los cuales se busca reunir herramientas que permitan identificar, analizar y evaluar las amenazas que se ciernen sobre los bienes culturales. Esta metodología comienza a aplicarse en museos como un sistema de prevención para el deterioro de las colecciones y poco a poco se ha ido adaptando a la arqueología. Algunos ejemplos más o menos conocidos son la guía *Significance 2.0* utilizada en Australia,²⁷ o en el caso de patrimonio urbano y paisaje el método DIVE de los Países Bálticos.²⁸ Consideramos de interés la línea del reciente estudio en la ciudad de Cuenca (Ecuador), donde se ha realizado una aproximación al uso de los sistemas de información geográfica en conservación mediante el uso de una base geo-referencial ya existente llamada SISREDA (Sistema de Registro de Daños), la cual se aplica al patrimonio urbano, extrapolando datos de campos diversos (gestión, conservación preventiva y planificación urbana)²⁹ a un registro holístico. En el ámbito español destaca la *Guía para un plan de colecciones ante emergencias*³⁰

26 R. NARDI y K. SCHNEIDER: "Site conservation during the rescue excavations" en W. AYLWARD (ed.): *Excavations at Zeugma*. The Packard Humanities Institute, Los Altos, California: (2013), pp. 55–70.

27 R. RUSSELL y K. WINKWORTH: *Significance 2.0: a guide to assessing the significance of collections*. Collections Council of Australia, Canberra: 2009.

28 D.A. REINAR y A. M. WESTERLIND: *Urban heritage analysis. A handbook about DIVE*. Riksantikvaren, Oslo: 2010

29 R. V. C. HERAS y A. WIJFFELS: "A value-based monitoring system to support heritage conservation planning". *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 3 (2013), pp.130–147.

30 B. CULUBRET WORMS: *Guía para un plan de protección de colecciones ante emergencias*. Secretaría General Técnica, Ministerio de Cultura, Madrid: 2009.



que precede a la creación del Plan Nacional de Conservación Preventiva.³¹ Excelentes trabajos como el reciente informe sobre la Cueva de Altamira³² denotan la importancia de llevar a cabo estudios integrales que incluyan entorno, historia, conservación o valores sociales del patrimonio, entre otros.

Desde principios del siglo XXI, el ICCROM (Roma), el Instituto de Conservación Canadiense y la Agencia de Patrimonio Cultural de los Países Bajos llevan a cabo distintos estudios en *Gestión de Riesgos en Colecciones*³³ a través de una serie de cursos (destinados a expertos) donde el conocimiento se intercambia y construye a través de casos de estudio basados habitualmente en colecciones museísticas. Este método se desarrolla a través de una serie de etapas consecutivas —contexto, identificación y análisis de riesgos y tratamiento—, así como dos fases continuas —monitorización y consulta—. (Fig.3)



Fig.3. Ana Pastor. Inspirado en Michalski y Pedersoli (2009).

31 MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE: *Plan nacional de conservación preventiva*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid: 2011.

32 MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE: *Programa de investigación para la conservación preventiva y régimen de acceso de la Cueva de Altamira (2012-2014)*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid: 2014.

33 S. MICHALSKI y Z. PEDERSOLI: *Manual de gestión de riesgo en colecciones*. UNESCO, París: 2009.



Dentro de la gestión de riesgos, el establecimiento del contexto o delimitación del alcance de trabajo resulta una tarea complicada en los yacimientos en proceso de excavación. Son distintos los motivos que nos pueden conducir a hacer un análisis de riesgos para el yacimiento arqueológico: proponer una nueva zona donde excavar (teniendo en cuenta el impacto en el paisaje o las dificultades de acceso), decidir qué tipo de especialistas son los más adecuados para trabajar en cada zona del yacimiento, proteger una determinada zona por encima de otra o elegir cuáles son los mejores tratamientos de restauración. Para ello tendremos que hacer una valoración previa, construir un diagrama de valor o herramienta similar que nos ayude a determinar qué espacios pueden ser más preciados para un fin concreto. El análisis de contexto/riesgos está ligado a una inversión de tiempo/recursos que podrá condicionar el tipo de estudio que realicemos, que abarque desde una gestión integral a un simple análisis de un riesgo en concreto, como podría ser una inundación estacional.

La valorización (necesaria para el establecimiento del contexto) es en sí controvertida si tenemos en cuenta la carga subjetiva que se produce en la valoración de un espacio. Los yacimientos arqueológicos en proceso de excavación varían en morfología y contenido a gran velocidad: un nuevo hallazgo único en un área determinada incrementará el valor de la misma. Este valor añadido/intrínseco³⁴ podrá ser científico, histórico, estético, social, contextual, etc.³⁵ Trabajar con una serie de valores que se denominan patrimoniales conlleva una serie de intenciones que no siempre quedan bien definidas y que en muchos casos anteponen los intereses administrativos/académicos a los sociales.³⁶ Estos diagramas de valor serán determinantes a la hora de evaluar los riesgos a los que se halla expuesto un espacio patrimonial arqueológico, así como para la toma de decisiones en cuanto a los tratamientos aplicables. Hemos resumido las fases del método aplicado a arqueología en un cuadro-resumen (Tabla 2).

34 J. BALLART HERNÁNDEZ: *El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso*. Editorial Aírel, Barcelona: 1997.

35 D. LOWENTHAL: "Stewarding the past in a perplexing present" en E. AVRAMI, R. MASON y M. DE LA TORRE (eds.): *Values and heritage conservation*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles: 2000, pp.18–25. K. CLARK: "Values in cultural resource management" en G. SMITH, P. MESSENGER y H. SODERLANDS (eds.): *Heritage values in contemporary society*. Left Coast Press, Walnut Creek: 2009, pp. 89–99. D. COHEN, y M.O. FERNÁNDEZ REGUERA: *Valoración de colecciones. Una herramienta para la gestión de riesgos en museos*. Bogotá, Museo Nacional de Colombia: 2013. M. DE LA TORRE: "Values in heritage conservation: a project of the Getty Conservation Institute". *APT Bulletin*, 45, 2/3 (2014), pp.19–24.

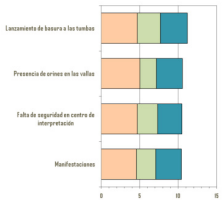
36 M. MURZYN-KUPISZ y J. DZIALEK: "Cultural heritage in building and enhancing social capital". *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 3, 1 (2013), pp.35–54.

A. PASTOR PÉREZ: *Conservación preventiva y sinergias con la población local: el Barrio Gótico de Barcelona a través del Pla Barcino. Trabajo de Final de Máster*. Universidad de Barcelona:2014 (Sin publicar).



Etapa	Elemento	Agentes	Supuesto/ Ejemplo																				
Contexto	Diagrama de valor	Valores del patrimonio	<div><p>VALORES ACADÉMICOS</p><table><caption>VALORES ACADÉMICOS</caption><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>CENTRO INTERPRETACIÓN</td><td>3%</td></tr><tr><td>TUMBAS</td><td>2%</td></tr><tr><td>VÍA SEPULCRAL</td><td>10%</td></tr><tr><td>VALLA</td><td>31%</td></tr><tr><td>P. ACCESO</td><td>3%</td></tr><tr><td>PASARELA</td><td>14%</td></tr><tr><td>ESCALERAS</td><td>20%</td></tr><tr><td>VEGETACIÓN</td><td>10%</td></tr><tr><td>JUEGOS INFANTILES</td><td>2%</td></tr></table></div> <p>Diagrama de valor del yacimiento musealizado de la Vía Sepulcral Romana (MUHBA, Barcelona, España). Estudio de valores de tipo académico: histórico, estético, científico, simbólico, educacional, social, unicidad y económico. (Pastor 2014. TFM. Universitat de Barcelona. Sin publicar).</p>	Categoría	Porcentaje	CENTRO INTERPRETACIÓN	3%	TUMBAS	2%	VÍA SEPULCRAL	10%	VALLA	31%	P. ACCESO	3%	PASARELA	14%	ESCALERAS	20%	VEGETACIÓN	10%	JUEGOS INFANTILES	2%
		Categoría		Porcentaje																			
		CENTRO INTERPRETACIÓN		3%																			
		TUMBAS		2%																			
VÍA SEPULCRAL	10%																						
VALLA	31%																						
P. ACCESO	3%																						
PASARELA	14%																						
ESCALERAS	20%																						
VEGETACIÓN	10%																						
JUEGOS INFANTILES	2%																						
Fuentes escritas																							
Fuentes orales																							
Trabajo de campo																							
Identificación de riesgos	Lista de riesgos	<div><p>Agentes de deterioro asociados a yacimientos</p><p>Fuego</p><p>Agua</p><p>Clima</p><p>Fuerzas físicas</p><p>Ondas electromagnéticas</p><p>Agentes biológicos</p><p>Contaminantes</p><p>Impacto indirecto de actividades humanas</p><p>Riesgos conocidos al uso de los materiales (fabric).</p></div>	<ul style="list-style-type: none">• Merma de tareas de mantenimiento forestal en el entorno de yacimiento• Inundación de zonas concretas del yacimiento• Acumulación de humedad por deshielo en zonas del yacimiento• Elevada eolicidad en una determinada zona del yacimiento• Exceso de radiación IR-UV en zonas con policromía• Presencia de madrigueras en distintas zonas del yacimiento• Proximidad de las estructuras a zonas de tráfico rodado• Ignición intencionada de elementos de protección o señalización del yacimiento• Erosión de pavimento por ausencia de elementos de protección durante su visita																				



Etapa	Elemento	Agentes	Supuesto/ Ejemplo
Análisis y evaluación de riesgos	Listado/ Base de datos CCI-IC-CROM	Frecuencia con que sucede el riesgo	 <p>Modelo de escala de magnitud de riesgos para un yacimiento musealizado. El naranja (izq.) es la frecuencia, el verde (centro) la pérdida para cada objeto y el azul (dcha.) la pérdida para todo el conjunto (número de objetos afectados).</p>
		Análisis de pérdida dentro del espacio/objeto en sí	
		Análisis de pérdida para el conjunto	
Tratamientos posibles	Listado/ Base de datos CCI-IC-CROM-RCE	Impacto	<p>En función del riesgo, por ejemplo. Inundación de zonas concretas del yacimiento debido a fuertes lluvias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de drenaje integrado (posible daño colateral de destrucción de estructuras). Cálculo estimado: 500 euros. • Compra de una bomba de desagüe y control en época de lluvias. Cálculo estimado: 80 euros bomba, 100 euros mano de obra en cada uso. • Cubrición de aquellas zonas del yacimiento que padecen inundaciones. Cálculo estimado: 3.000 euros. <p>*Si pensamos a largo plazo, la opción de cubrir beneficiaría también a las personas que trabajan y a los visitantes del entorno, a la par que protegería de las radiaciones IR-UV. No perjudicaría a ninguna de las estructuras, como sucedería en el caso del sistema de drenaje, y supondría un ahorro a la hora de no tener que monitorizar de forma constante el espacio.</p>
		Ahorro económico	



Etapas	Elementos	Agentes	Supuesto/ Ejemplo
Monitorización	5 agentes de control	Evitar Bloquear Detectar Responder Recuperar	En este apartado entran en juego las políticas llevadas a cabo por las autoridades responsables de los BBCC, así como la inclusión de la ciudadanía a través de una educación patrimonial. Sin duda los habitantes o personas que trabajan en el entorno serán las primeras implicadas en detectar qué riesgos se están produciendo y hacer todo lo posible por que se palie en el menor tiempo posible. A medida que aumenten los programas de participación y aumente el sentimiento de pertenencia en la sociedad, el patrimonio arqueológico tendrá más garantías de preservarse para el futuro, p. ej., Administración pública, museos, consorcios o demás entidades para la salvaguarda y difusión del patrimonio arqueológico.

Tabla 2. Resumen de las principales fases de la metodología de gestión de riesgos y su aplicación en el campo de la arqueología. Inspirado en los Cursos *Reducing Risks in Cultural Heritage*.³⁷

Tras la participación de una de nosotras en uno de estos cursos (en el año 2011), pensamos que la aplicación de esta metodología podía aportar beneficios en el campo de la conservación-restauración arqueológica en dos sentidos: optimizar los recursos disponibles y mejorar las pautas de intervención u objetivos específicos de cada campaña. Aplicar *metodologías preventivas* en todas las etapas de planificación de una intervención arqueológica remitiría en una mejora de algunos de los hándicaps habituales a los que se enfrentan los restauradores. En el año 2012 vio la luz el informe realizado en Petra por la Oficina de la UNESCO en Ammán (Jordania).³⁸ En el informe *Risk Management at Heritage Sites: a*

37 C. AN TOMARCHI, A. BROKERHOF y J. STEVENSON. “Reducing risks to cultural heritage: Analysis of a course metamorphosis”. ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, Education and Training in Conservation., 15-19 September 2014, Melbourne. ICOM-CC, Melbourne: 2014.

38 Equipo multidisciplinar con gran peso desde la Universidad de Leuven y el Centro Internacional para Conservación y Restauración Raymond Lemaire (RLICC).



*case study of the Petra World Heritage Site*³⁹ los riesgos se analizaron teniendo en cuenta: áreas arqueológicas/monumentales, senderos, tráfico dentro y fuera del parque así como las experiencias de los visitantes. El estudio se centró en detectar las vulnerabilidades, peligros y amenazas para la conservación del parque, y para ello se utilizaron distintas técnicas, como fotografía a intervalos o geo-referencial. Este trabajo nos ha servido como principal referencia para trabajar en el marco de sistemas cuantitativos/cualitativos aplicados a áreas de trabajo determinadas, como veremos en el siguiente apartado.

Hacia una conservación espacial

Tras esta introducción a las distintas metodologías utilizadas, así como inspiradas por los recientes trabajos realizados en la Ruta de la Seda,⁴⁰ proponemos un nuevo método, que denominaremos *Conservación espacial*. Cada excavación se rige por su propio sistema de toma de datos, pero atiende habitualmente una serie de cuadrículas o áreas geográficas definidas por los topógrafos o los propios arqueólogos. Cada uno de estos espacios —que pueden contar además con unidades estratigráficas (o conjuntos de unidades) — puede ser analizado desde una perspectiva cuantitativa/cualitativa a nivel de intervención. Tipificando el número de objetos/estructuras extraídos o descubiertos, así como sus patologías, podemos crear un *mapping* donde determinar qué áreas tienen más o menos dificultades para su conservación a largo plazo, así como los estados de conservación de los elementos encontrados, mediante el estudio de los tratamientos que se han ido aplicando a los mismos (Tabla 3). Este *mapping*, al igual que sucedía con los diagramas de valor que hemos visto previamente, será un mapa dinámico que irá cambiando a medida que avancen los trabajos en el caso de aquellos yacimientos que se están excavando en la actualidad y son monitorizados.

39 G.CESARO, M. QUINTERO, A. PAOLINI, P. DE VOS, E. GLEKAS y L. VISCONTI: "Preliminary risk assessment at the Petra Archaeological Park recording strategy". *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1, 2 (2012), pp.295–312. A. VAFADARI et al.: *Risk management at heritage sites: a case study of the Petra world heritage site*. UNESCO, Paris, Aman: 2012.

40 O.VILEIKIS: "Connecting World Heritage nominations and monitoring with the support of the Silk Roads Cultural Heritage Resource Information System". *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5, W1 (2013), pp.319–324.



INDICADOR	CUANTITATIVO (Nº de objetos)	CUALITATIVO (Descripción)
ALTERACIONES	Estados de conservación – Tipos	Descripción de los estados de conservación
	Patologías- Materiales/Tipos	Descripción de las principales patologías atendiendo al tipo de material extraído
TRATAMIENTOS IN SITU	Extracciones- Metodologías	Materiales utilizados/Complejidad de la intervención
	Consolidaciones in situ- Procedimientos	Productos utilizados/Concentración
	Restauración in situ - Procedimientos	Productos utilizados
TRATAMIENTOS EN LABORATORIO	Análíticas – Tipo de prueba	Descripción de resultados
	Microexcavación	Materiales/Productos utilizados
	Consolidación	Materiales/Productos utilizados
	Restauración estructural	Materiales/Productos utilizados
	Reintegración	Materiales/Productos utilizados
ALMACENAJE O EXPOSICIÓN	Creación de réplicas	Materiales/Productos utilizados
	Nuevo estado de conservación	Descripción de los estados de conservación
	Nuevas patologías	Descripción de las principales patologías
	Objetos expuestos	Descripción del espacio expositivo

Tabla 3. Indicadores para la Conservación Espacial (Ana Pastor y Olalla Canseco).

Para realizar este mapa (Fig. 4) deberemos tener acceso a la información generada en las excavaciones arqueológicas previas, especialmente en lo que se refiere a tratamientos de conservación-restauración. Por desgracia, no siempre existen estos datos o su acceso es muy restringido.

El deterioro de algunas estructuras visibles, o el estudio de materiales provenientes de estos espacios en colecciones expuestas, nos pueden dar pistas en relación a los tratamientos han recibido, pero la falta de registro/acceso a documentación encarecería este proceso de análisis debido al elevado precio de algunas técnicas (PIXE, RAMAN, espectrometrías...) que determinen la presencia de elementos químicos añadidos a distintas estructuras y piezas para estudiar su comportamiento en el futuro.



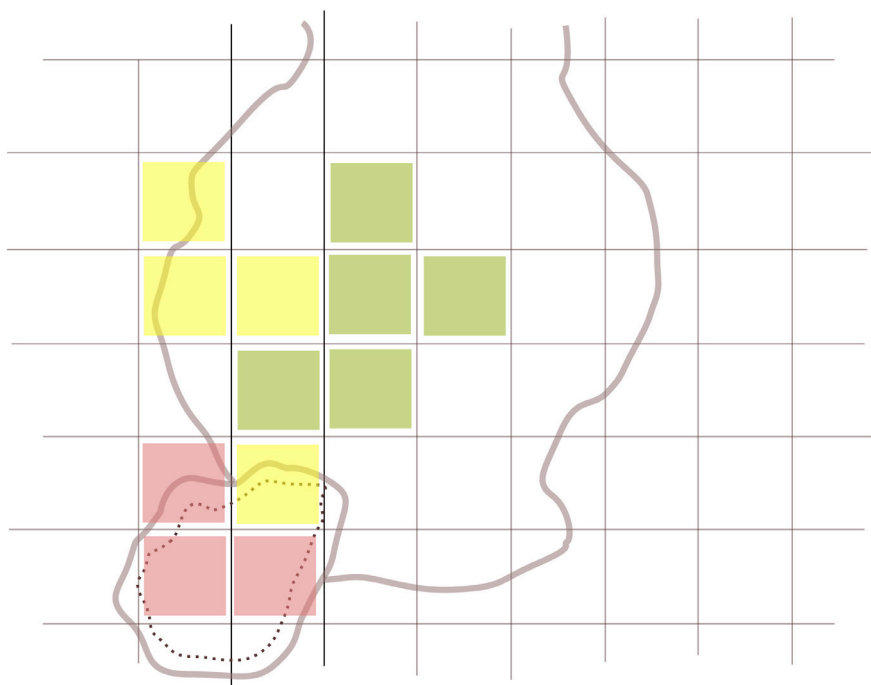


Fig. 4. Una vez estudiados los datos iremos mapeando las zonas de mayor riesgo en un color indicativo de peligro, como puede ser el rojo, amarillo para aquellas zonas que presenten retos intermedios, y verde en las que se produce un factor de riesgo menor (Ana Pastor).

Los beneficios de aplicación de este sistema son relevantes, ya que que se pueden combinar con herramientas existentes, como mapas y cartas arqueológicas en uso, aplicándose al conjunto de yacimientos de una región y determinando una serie de prioridades en la salvaguarda de los mismos:

- Generar información documental para su aplicación en distintos campos: conservación arqueológica, museología, paleontología, geología o tafonomía entre otros.
- Elegir qué zonas no deben excavar por falta de medios técnicos/dificultades.
- Conocer en qué áreas la excavación se verá ralentizada debido a las tareas asociadas a la conservación restauración.
- Examinar aquellos espacios donde haga falta personal muy cualificado.
- Determinar qué zonas son prioritarias para su cubrición o dejar en reserva para futuras campañas (APre).



- Conocer cuáles serán las patologías aproximadas de los hallazgos del entorno y prever de antemano qué materiales utilizar (muy importante en yacimientos de difícil acceso o muy alejados de núcleos urbanos).
- Prever almacenamiento y condiciones del mismo para las piezas: número y condiciones ambientales.
- Optimizar los recursos económicos, de tal forma que no se invierta en materiales perecederos/fungibles que no sean necesarios.
- Mejora a largo plazo del estado de conservación del yacimiento: acercamiento hacia la autosostenibilidad del mismo.

Durante todo este proceso dinámico contaremos con un elevado nivel de incertidumbre, ya que estos datos estarán sujetos a la subjetividad de un equipo interdisciplinar con distintos puntos de vista. Aquí entrarán en juego los intereses diversos de los *stakeholders*. Los mapas de conservación también nos ayudan a gestionar los diagramas de valor —usados en la gestión de riesgos— que hayamos configurado. En uso combinado, podremos detectar en qué zonas hay más probabilidades de que se produzca un riesgo asociado a la acción humana durante las tareas de conservación-restauración o si una de las áreas problemáticas atiende a una de las zonas más “importantes” del conjunto. Este sistema de gestión del patrimonio, que aporta también una visión científica, nos permite conocer rápidamente cuáles son las zonas más problemáticas de nuestro yacimiento, siendo útiles tanto en las fases de excavación como en las de musealización o puesta en valor del mismo. Así podemos configurar una herramienta interdisciplinar que busque aportar soluciones sostenibles en cuanto a la conservación-restauración y puesta en valor de yacimientos arqueológicos.

Problemática en la conservación arqueológica actual

La teoría arqueológica pasa por un momento de fragmentación, dejando atrás el post-procesualismo y llevándose a cabo nuevas iniciativas más cercanas a las etnografías arqueológicas,⁴¹ estudios de paisaje,⁴² arqueologías comunitarias⁴³ o negativas.⁴⁴ Cualquier espacio puede ser susceptible de ser estudiado con una metodología arqueológica, y es quizás a través de este estudio que se le confiere

41 Y. HAMILAKIS: “Archaeological ethnography: a multitemporal meeting ground for archaeology and anthropology”. *Annual Review of Anthropology*, 40 (2011), pp. 399–414.

42 D. BARREIRO MARTÍNEZ: *Arqueológicas. Hacia una arqueología aplicada*. Bellatera, Barcelona: 2013.

43 B. J. LITTLE: “Public archaeology in the United States in the early twenty-first century” en M. L. STIG y J. CARMAN (eds.): *Heritage Studies. Methods and approaches*. Routledge, Londres: 2009, p.340. J. ALMANSA SÁNCHEZ: “Arqueología para todos los públicos. Hacia una definición de la arqueología pública a la española”. *ArqueoWeb*, 13, 1 (2011), pp.87-107.

44 R. MILLÁN PASCUAL: “Arqueología Negativa. Las fronteras arqueológicas del presente”, *Complutum*, Vol. 26,1,(2015), pp.49–69.



una valorización; se otorgan unos atributos que lo convierten en patrimonio.⁴⁵ Como indica Joel Taylor, la palabra “patrimonio” no es un objeto en sí mismo sino la razón por la cual este objeto es conservado.⁴⁶ Si desde hace algunos años algunos autores nos hablan de una *arqueología de la supermodernidad*,⁴⁷ por qué no hablar también de una *conservación de la supermodernidad*, donde el conservador-restaurador actúa en objetos y espacios patrimoniales⁴⁸ desde una perspectiva multitemporal, facilitando nuevas lecturas al registro. No debemos olvidar que el restaurador suele tener una relación directa con los objetos, suele ser el primero en tocar una pieza y en muchos casos en extraerla de forma intuitiva; un acto que irá ligado al uso “actual” de ese objeto. Posteriormente, en un laboratorio, el conservador invierte la vida del objeto intentado recuperar su forma anterior, re-escribiendo la vida de este artefacto. Todo lo anterior se simplificaría si llegásemos a un acuerdo con las autoridades y se formase un Cuerpo Oficial de Restauradores a nivel estatal, o un Colegio Oficial con el que cristalizase un corpus técnico-administrativo acompañado de un código teórico-deontológico actualizado. A lo largo de este estudio hemos analizado y propuesto nuevas técnicas que permitan optimizar los recursos existentes en el campo de la conservación-restauración en arqueología, con el objetivo de abrir nuevas vías que la conviertan en una disciplina sostenible (inversión responsable o inteligente).

La Agencia Cultural de Patrimonio de los Países Bajos, dentro de su reciente informe *Assessing Museum Collections* (2014) distinguió cinco categorías principales que entran en juego a la hora de evaluar las colecciones: la colección en sí misma (significancia cultural), accesibilidad, uso (valor operacional), desarrollo (valor añadido) y preservación (reducción de la pérdida de valor). Estas categorías son extrapolables también al mundo de la arqueología y nos aportan una visión global hacia la autosostenibilidad de yacimientos, teniendo en cuenta que las mejoras en la conservación del mismo revertirán en su uso/accesibilidad/desarrollo, y los beneficios que éste genere: tanto económicos como sociales. Para que eso se lograra, los conservadores-restauradores deberían estar presentes, como hemos comentado, en las etapas de planificación y toma de decisiones y no ser consultados únicamente cuando surgen las dificultades o para la realización de acciones puntuales en estos espacios (Fig. 5 y 6).

45 C. GOULDING: “Romancing the past: heritage visiting and the nostalgic consumer”. *Psychology and Marketing*, 18, 6 (2001), pp. 565–592.

46 J. TAYLOR: “Embodiment unbound: moving beyond divisions in the understanding and practice of heritage conservation”. *Studies in Conservation*, 60, 1 (2015), pp.65–77.

47 A. GONZÁLEZ RUIBAL: “Time to destroy. An archaeology of supermodernity”. *Current anthropology: a world journal of the sciences of man*, 2 (2008), pp. 247–279.

48 H. STOVEL: “Origins and influence of the Nara Document on authenticity. *APT Bulletin*, 39 (2008), pp.9–17. T. KOLAR y V. ZABKAR: “A consumer-based model of authenticity: An oxymoron or the foundation of cultural heritage marketing?”. *Tourism Management*, 31, 5 (2010), pp.652–664.





Fig. 5. Triángulo de gestión para yacimientos arqueológicos. Gráfico confeccionado por las autoras inspirado en la Agencia Cultural del Patrimonio de los Países Bajos.⁴⁹

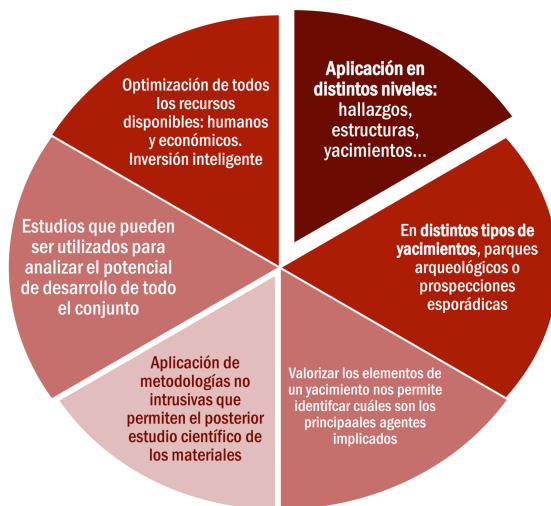


Fig. 6. Beneficios de la conservación preventiva y gestión integral de riesgos en intervenciones en el patrimonio arqueológico.

⁴⁹ A. VERSLOOT (ed.): *Assessing museum collections. Collection valuation in six steps*. Amersfoort, The Netherlands Cultural Heritage Agency: 2014.



La inversión inteligente a largo plazo en programas que incluyan gestión de riesgos integrados en otros sistemas ya existentes suponen un ahorro en cuanto a inversión, ya que no se trata de crear nuevas plataformas desde cero sino ampliar las funciones de aquellas ya existentes (por ejemplo, cartas arqueológicas). Se puede llevar a cabo otro tipo de conservación en el campo de la arqueología, trazando planes de emergencias para yacimientos, realizando musealizaciones no invasivas, fomentando una didáctica de la conservación-restauración. Creemos que el conservador-restaurador de la *supermodernidad* analizará el yacimiento como un conjunto donde conviven personas y vestigios y no únicamente a través de aquellas estructuras sobre las que tendrá que desarrollar tareas de conservación curativa o restauración.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer en primer lugar a Marga Lliso del Hoyo (<http://margallisodelhoyo.blogspot.com.es/>) su colaboración cediéndonos uno de sus dibujos para este estudio y a Marta Beltrán por sus correcciones de estilo. También damos las gracias a Maicu Ortega, restauradora de BBCC arqueopaleontológicos, amiga y compañera, que nos ha enseñado a trabajar bajo presión, pero siempre con una sonrisa. Por último, y no por ello menos importantes, a todos los compañeros de excavaciones que nos han tenido que aguantar a lo largo de nuestra vida como conservadoras-restauradoras de BBCC arqueológicos, en especial a los de los yacimientos de Pinilla del Valle (Madrid), Gavarres (Girona) y el Cerro Bilanero (Ciudad Real).

Bibliografía

- N. AGNEW y J. BRIDGELAND: Of the past, for the future: integrating archaeology and conservation. Proceedings of the conservation theme at the 5th World Archaeological Congress. Getty Publications, Los Angeles: 2006, pp.53-72.
- J. ALMANSA SÁNCHEZ: "Arqueología para todos los públicos. Hacia una definición de la arqueología pública a la española". ArqueoWeb, 13, 1 (2011), pp.87-107.
- M.J. ALONSO LÓPEZ. "Los estudios superiores de conservación y restauración de bienes culturales". Las enseñanzas artísticas superiores en el Espacio Europeo de Educación Superior. Secretaría General de Educación, Servicio de Publicaciones, Madrid: 2010, pp.71-94.
- M.J. ALONSO LÓPEZ. "Conservación preventiva en excavaciones arqueológicas: el futuro del pasado". Pátina, 8 (1997), pp.116-123.



- M.J. ALONSO y J. M. IGLESIAS: "Arqueología y conservación preventiva: una convergencia lógica". Actas de los XX Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico: [Reinosa, julio de 2009]. Universidad de Cantabria, Servicio de Publicaciones, Ayuntamiento de Reinosa: 2010, pp.123-134.
- C. ANATOMARCHI, A. BROKERHOF y J. STEVENSON. "Reducing risks to cultural heritage: Analysis of a course metamorphosis". ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, Education and Training in Conservation., 15-19 September 2014, Melbourne. ICOM-CC, Melbourne: 2014.
- J. BALLART HERNÁNDEZ: El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso. Editorial Airel, Barcelona: 1997.
- D. BARREIRO MARTÍNEZ: Arqueológicas. Hacia una arqueología aplicada. Bel-latera, Barcelona: 2013.
- D. BARREIRO MARTÍNEZ: "Arqueología y pragmatismo crítico. Hacia la renovación axiológica de la arqueología". Claves de Razón Práctica, 133 (2003), pp.36-41.
- C. CABELLO-BRIONES: "A methodological approach to evaluate shelter effectiveness for the conservation of archaeological sites" en M. A. ROGERIO-CANDELERA, M. LAZZARI y E. CANO (eds.): Science and technology for the conservation of cultural heritage. CRC Press, Leiden: 2013, pp.41-44.
- G. CESARO, M. QUINTERO, A. PAOLINI, P. DE VOS, E. GLEKAS y L. VISCONTI: "Preliminary risk assessment at the Petra Archaeological Park recording strategy". International Journal of Heritage in the Digital Era, 1, 2 (2012), pp.295-312.
- K. CLARK: "Values in cultural resource management" en G. SMITH, P. MESSENGER y H. SODERLANDS (eds.): Heritage values in contemporary society. Left Coast Press, Walnut Creek: 2009, pp. 89-99.
- D. COHEN, y M. O. FERNÁNDEZ REGUERA: Valoración de colecciones. Una herramienta para la gestión de riesgos en museos. Bogotá, Museo Nacional de Colombia: 2013.
- COMISIÓN EUROPEA: "Hacia una estrategia europea sobre conservación preventiva". Adoptada en la reunión de Vantaa 21-22 de septiembre de 2000. European Commission, Vantaa: 2000.
- B. CULUBRET WORMS: Guía para un plan de protección de colecciones ante emergencias. Secretaría General Técnica, Ministerio de Cultura, Madrid: 2009.
- I. GARCÍA FERNÁNDEZ: "Historia de la conservación preventiva. Parte II". Ge-conservación, 6, 2014, pp. 5- 18.
- I. GARCÍA FERNÁNDEZ: La conservación preventiva de bienes culturales. Alianza Editorial, Madrid, 2013, pp. 25-29.



- A. GONZÁLEZ RUIBAL: *Reclaiming archaeology: beyond the tropes of modernity*. Routledge, Milton Park Abingdon: 2013.
- A. GONZÁLEZ RUIBAL: "Time to destroy. An archaeology of supermodernity". *Current anthropology: a world journal of the sciences of man*, 2 (2008), pp. 247–279.
- C. GOULDING: "Romancing the past: heritage visiting and the nostalgic consumer". *Psychology and Marketing*, 18, 6 (2001), pp. 565–592.
- Y. HAMILAKIS: "Archaeological ethnography: a multitemporal meeting ground for archaeology and anthropology". *Annual Review of Anthropology*, 40 (2011), pp. 399–414.
- V.C. HERAS y A. WIJFFELS: "A value-based monitoring system to support heritage conservation planning". *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 3 (2013), pp.130–147.
- F. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ: "La conservación integral del patrimonio". *Complutum Extra*, 6, 2 (1996), pp. 251-260.
- J.A. HERRÁEZ FERREIRO: "La conservación preventiva del arte rupestre". *Actas de los VII Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico: [Reinosa, julio-agosto 1996]*. Universidad de Cantabria, Servicio de Publicaciones, Ayuntamiento de Reinosa: 1997, pp. 197–208.
- ICOM-CC: *Terminología para definir la conservación del patrimonio cultural tangible*. Resolución aprobada por los miembros del ICOM-CC durante la XV Conferencia Triannual. Nueva Delhi, 22-26 de septiembre de 2008. ICOM-CC, Nueva Delhi: 2008.
- ICOMOS Australia: *The Australia ICOMOS charter for the conservation of places of cultural significance (the Burra charter)*. Australia ICOMOS, Camberra, Australia: 2013.
- C. JIMÉNEZ, D. SALAZAR y P. CORRALES: "De los alcances de la arqueología: redefiniendo fronteras". *Conserva*, 4 (2000), pp.71-85.
- T. KOLAR y V. ZABKAR: "A consumer-based model of authenticity: An oxymoron or the foundation of cultural heritage marketing?". *Tourism Management*, 31, 5 (2010), pp.652–664.
- M. DE LA TORRE: «Values and Heritage Conservation». *Heritage & Society*, 6, 2 (2013), pp. 155–166.
- M. DE LA TORRE: "Values in heritage conservation: a project of the Getty Conservation Institute". *APT Bulletin*, 45, 2/3 (2014), pp.19–24.
- K. LARSEN (ed.): *Nara conference on authenticity in relation to the World Heritage Convention: Nara, Japan, 1-6 November 1994*. UNESCO World Heritage Centre, Paris: 1995.



- B. J. LITTLE: "Public archaeology in the United States in the early twenty-first century" en M. L. STIG y J. CARMAN (eds.): *Heritage Studies. Methods and approaches*. Routledge, Londres: 2009, p.340.
- D. LOWENTHAL: "Stewarding the past in a perplexing present" en E. AVRAMI, R. MASON y M. DE LA TORRE (eds.): *Values and heritage conservation*. . The Getty Conservation Institute, Los Angeles: 2000, pp.18–25.
- S. MICHALSKI y Z. PEDERSOLI: *Manual de gestión de riesgo en colecciones*. UNESCO, Paris: 2009.
- R. MILLÁN PASCUAL: "Arqueología Negativa. Las fronteras arqueológicas del presente", *Complutum*, Vol. 26,1,(2015), pp.49–69.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE: *Plan nacional de conservación preventiva*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid: 2011.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE: *Programa de investigación para la conservación preventiva y régimen de acceso de la Cueva de Altamira (2012-2014)*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid: 2014.
- M. MURZYN-KUPISZ y J. DZIALEK: "Cultural heritage in building and enhancing social capital". *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 3, 1 (2013), pp.35–54.
- R. NARDI y K. SCHNEIDER: "Site conservation during the rescue excavations" en W. AYLWARD (ed.): *Excavations at Zeugma*. The Packhard Humanities Institute, Los Altos, California: 2013, pp. 55–70.
- A. PASTOR PÉREZ: *Conservación preventiva y sinergias con la población local: el Barrio Gótico de Barcelona a través del Pla Barcino*. Trabajo de Final de Máster. Universidad de Barcelona: 2014 (Sin publicar).
- M. A. QUEROL: *Manual de gestión del patrimonio cultural*. Akal, Madrid: 2010.
- D.A. REINAR y A. M.WESTERLIND: *Urban heritage analysis. A handbook about DIVE*. Riksantikvaren, Oslo: 2010 [En línea en: <http://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/176994>]
- R. RUSSELL y K. WINKWORTH: *Significance 2.0: a guide to assessing the significance of collections*. Collections Council of Australia, Canberra: 2009.
- C. SEASE: "Book reviews: of the past, for the future: integrating archaeology and conservation presents the papers of the conservation theme at the World Archaeological Congress (WAC), Washington DC, in June 2003". *Studies in Conservation*, 51, 4 (2006), pp.317-319.
- F. SIMPSON: *The values of community archaeology: a comparative assessment between the UK and US*. British Archaeological Reports International Series, Oxford: 2010.



- S. STANIFORTH: "Slow conservation". *Studies in Conservation*, 55 (2010) , pp.74-80.
- H. STOVEL: "Origins and influence of the Nara Document on authenticity. *APT Bulletin*, 39 (2008), pp.9-17.
- J. TAYLOR: "Embodiment unbound: moving beyond divisions in the understanding and practice of heritage conservation". *Studies in Conservation*, 60, 1 (2015), pp.65-77.
- A. VAFADARI et al.: *Risk management at heritage sites: a case study of the Petra world heritage site*. UNESCO, Paris, Aman: 2012.
- A.VERSLOOT (ed.): *Assessing museum collections. Collection valuation in six steps*. Amersfoort, The Netherlands Cultural Heritage Agency: 2014.
- O.VILEIKIS: "Connecting World Heritage nominations and monitoring with the support of the Silk Roads Cultural Heritage Resource Information System". *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5, W1 (2013), pp.319-324.
- R. VIÑAS: "La conservación y restauración de bienes culturales en el nuevo contexto educativo español". *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 66, Mayo 2008, pp. 106-123.



EL VIDRIO ROMANO DE VENTANA EN LA BÉTICA. UNA APROXIMACIÓN A SU ESTUDIO A TRAVÉS DE LA ARQUEOMETRÍA

Almudena Velo Gala¹

Resumen:

La línea de investigación que presentamos en esta publicación surge de la ausencia de estudios sobre el vidrio y su aplicación como cierre de vanos en la arquitectura romana de la Bética. Siguiendo las últimas investigaciones realizadas sobre vidrio en la Antigüedad, nuestro trabajo contempla la importancia de aunar los datos arqueológicos con los aportados por el estudio arqueométrico de los materiales. El estudio de un relevante conjunto de fragmentos de vidrio plano documentados en la *villa* de Ronda del Marrubial (Córdoba, España) ha permitido la elaboración de una metodología de trabajo aplicable a otros ejemplos que hemos identificado en diversos yacimientos de la Bética. Los datos obtenidos permitirán elaborar conclusiones sobre los contextos a los que se asocian, su producción y comercio en el periodo romano en esta área geográfica.

Palabras clave:

Vidrio romano; vidrio de ventana; Bética; Córdoba; Ronda del Marrubial.

Abstract:

The line of research that we present in this paper arises due to the lack of studies concerning the glass and its application as closing openings in Roman architecture of Hispania Baetica. Following latest researches about ancient glass, our study highlights the importance between archaeological and archaeometric studies. Our work commences with a relevant group of flat glass fragments documented in the *villa* of Ronda del Marrubial (Cordoba, Spain). This example will be the model study applied to other examples we have identified in several archaeological sites in Hispania Baetica. The answers will allow to draw conclusions about the contexts to which they are associated, their production and trade in this province in Roman period.

Key words:

Roman glass; window glass; Hispania Baetica; Cordoba; Ronda del Marrubial.

¹ Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada.



Introducción

El vidrio romano de ventana es un material que aparece en numerosos yacimientos, bien en contextos de abandono o basureros, de forma muy fragmentada y en número reducido. Esto es debido a que este material, al igual que sucediera con otros de distinta naturaleza, era reaprovechado para su posterior reciclaje. El vidrio de ventana, dentro de las tipologías conocidas de vidrio, era muy apreciado para este fin, puesto que el grosor de estos primeros paneles aportaba una gran cantidad de vidrio para su posterior refundición. Este fenómeno explica, en gran parte, que el registro arqueológico de vidrio romano de ventana sea escaso, sobre todo en las provincias occidentales del Imperio, donde uno de los modelos de producción apunta a la instalación de industrias vidrieras dispersas y de pequeñas dimensiones donde primaría una producción de vidrio secundaria (Foster, Jackson, 2010: 3069), es decir, a partir de la refundición de bloques de vidrio en bruto y en la que el reciclaje tuvo un destacado papel.

Por otro lado, el desconocimiento generalizado de esta tipología de materiales entre investigadores y arqueólogos, ha dificultado el estudio de los mismos. Los fragmentos de vidrio plano no suelen ser identificados como tales en los listados de materiales y, en caso de serlo, son interpretados como restos de otras tipologías, concretamente recipientes (Ortiz Palomar, 2001a: 40). El estudio del vidrio romano de ventana, obliga a la revisión de todos aquellos fragmentos de vidrio depositados en almacenes y museos, lo cual, en ocasiones, es un tarea difícil de acometer. Además, consideramos que este material no ha contado con el interés que gozan otros, tales como la cerámica, a pesar de que la aplicación del vidrio para el cierre de vanos de ventana ha sido considerada como uno de los grandes avances en el empleo de este material. El menosprecio por parte de los investigadores se debe, principalmente, a que no proporcionan cronologías precisas, puesto que las técnicas de elaboración de los vidrios de ventana se mantuvieron invariables durante varios siglos. Debemos añadir que, aunque la mayoría de investigadores coinciden en el empleo de las distintas técnicas de fabricación en determinados periodos cronológicos, es posible que algunas de ellas no fuesen sustituidas del todo, por lo que pueden documentarse vidrios de ventana fabricados de diversa forma asociados a un mismo edificio y periodo (Foy, Fontaine, 2008: 430). Sin embargo, la importancia de su estudio radica en la información que nos proporcionan sobre las construcciones a las que se encuentran asociados, la funcionalidad de algunos espacios o sobre la producción y comercio de este tipo de materiales.

El empleo de técnicas arqueométricas está proporcionando en estos últimos años una información de gran interés para el conocimiento de la producción del vidrio en la Antigüedad. La ejecución de este tipo de análisis, como complemento a los estudios más tradicionales, constituye un factor de gran relevancia. Los datos



proporcionados mediante dichas técnicas, tanto cualitativos como cuantitativos, de los componentes del vidrio, no sólo permiten conocer cuáles eran los materiales empleados y qué cantidad se utilizaba en su manufactura, sino que, además, aportan datos de interés sobre las fuentes de las que se extrajeron. La comparativa con otros materiales vítreos analizados contribuye a la identificación de los principales centros productores de vidrio en la Antigüedad (Freestone, 2005, 2006, cit. en Schiavon *et al.*, 2012: 975). Por otro lado, estas técnicas también facilitan un conocimiento exhaustivo de los procesos de alteración del material de cara a afrontar nuevas técnicas de conservación.

El vidrio romano de ventana

Los primeros testimonios de esta tipología de vidrios se remontan a inicios del siglo I d.C., siendo muy probable que su descubrimiento tuviese lugar en torno al cambio de era y, concretamente, en la península itálica, puesto que los testimonios de vidrio de ventana en el área oriental son muy escasos y no se muestran en grandes cantidades hasta el siglo VI d.C. (Forbes, 1966: 187; Isings, 1971: 44; Foy, Fontaine, 2008: 409). En el caso de la península ibérica, los vidrios de ventana documentados han permitido fechar su utilización en Hispania desde la época de Tiberio (Ortiz Palomar, 2055: 44-45) hasta el siglo IV d.C., con una ausencia destacada a partir de esa centuria (Sánchez de Prado, 2006: 92). Su uso como cierre de vanos en este determinado momento pudo deberse a causa de una conjunción de varios fenómenos. Por un lado, el amplio desarrollo urbanístico que se inició a comienzos del Imperio, lo que propició el uso de técnicas constructivas novedosas y la creación de grandes estructuras de carácter público; dichas arquitecturas precisaban de la apertura de amplios orificios que favoreciesen una correcta iluminación (Fuentes Domínguez, 2001: 137). El vidrio se ofrecía como un material óptimo para satisfacer la mayor parte de las necesidades de este tipo de espacios, ya que, por sus cualidades, permitía la entrada de luz, preservaba de las inclemencias climáticas y, en cierta medida, posibilitaba la contemplación del paisaje. Por otro lado, el empleo de este material se encontraba en expansión debido al descubrimiento y la aplicación de la técnica del vidrio soplado, lo que provocó un descenso en sus costes de fabricación y un aumento en su producción. El vidrio, que hasta entonces había sido un material de lujo reservado a unos pocos por su elevado coste, es a partir de ese momento adquirido por todos los estratos sociales (Vigil, 1967: 85; Fuentes Domínguez, 2001: 157).

Aunque su presencia está sobre todo asociada a edificios de carácter público y, en especial a las salas calientes de conjuntos termale, es frecuente documentar estos materiales en ambientes de carácter privado, tales como *villae* o *domus*. La funcionalidad de los paneles de vidrio en los baños públicos y privados era facilitar



la iluminación de los espacios, contribuir al mantenimiento de la temperatura en las salas calientes, *tepidarium* y *caldarium* y, de este modo, favorecer el ahorro de combustible en los hornos. En cambio, en ambientes privados, puede observarse una selección de los vanos cubiertos con este material, los cuales se corresponden con las estancias de mayor prestigio del conjunto, sobre todo en los *triclinia*. Es por ello que algunos investigadores plantean que se uso, además de cómo un elemento de confort, está considerado como un elemento de distinción social (Vipard, 2009: 9). Sin embargo, no podemos olvidar que el vidrio no fue el único elemento empleado para este fin, puesto que con anterioridad otros materiales cumplieron tal función, en especial el yeso especular o *lapis specularis*. En Hispania el vidrio de ventana debió tener en el *lapis specularis* un fuerte competidor, puesto que las minas de yeso especular más importantes del Imperio se hallaban en la Hispania Citerior. Esto pudo condicionar en buena medida el uso del vidrio para la cubrición de vanos, lo que habría llevado a un predominio de la aplicación de láminas de yeso durante el periodo en el que la explotación del mismo se mantuvo en auge (Fuentes Domínguez, 2001: 138-139).

Antecedentes sobre el estudio de vidrio de ventana en la península ibérica

A nivel nacional, los estudios referentes al vidrio de ventana en periodo romano más concluyentes han sido los realizados en el marco de la Universidad de Zaragoza, concretamente los ejecutados por los investigadores E. Ortiz Palomar y J.Á. Paz Peralta. Hay que destacar que estos trabajos deben considerarse pioneros en la identificación de una de las tipologías de vidrio de ventana: el vidrio hemisférico circular (Ortiz Palomar, Paz Peralta, 1997), del que actualmente se conocen numerosos ejemplos en diversas zonas del Imperio. Al margen de los hallazgos recopilados por estos autores, para el resto de la península ibérica disponemos, en la actualidad, de información escasa y dispersa. En general, el vidrio de ventana suele aparecer mencionado, entre otros objetos, en estudios referentes a colecciones y de manera individual en muy pocas publicaciones. Algunas de estas excepciones, al margen de las investigaciones señaladas anteriormente, son el estudio de los vidrios de ventana documentados en el campamento romano de Ciudadela, (La Coruña) publicado por J.M. Caamaño y M^a A. Vázquez en el año 2001, en Guadix, publicado por I. Cambil Campaña en el año 2012, o el estudio de los vidrios hallados en el yacimiento de Cortalago (Minas de Riotinto, Huelva,) publicado el mismo año por M. C. Regalado Ortega *et al.* (2012).

Llama la atención que la mayoría de los testimonios que se conocen de esta tipología de material procedan de la franja septentrional de la península ibérica, lo cual nos lleva a pensar que en otras áreas peninsulares esta ausencia sea debida a la escasez de estudios específicos sobre dicho material. Por otra parte,



las condiciones climatológicas existentes en las regiones más norteñas podrían haber sido un factor condicionante que justificara por sí mismo un mayor uso del vidrio de ventana en las mismas, pero el progreso en la investigación arqueológica en zonas meridionales del Imperio ha conducido a refutar esta idea inicial (Foy, Fontaine, 2008: 408).

Finalmente, resaltar el hecho de que no existen estudios arqueométricos específicos sobre vidrio romano de ventana en la Península, aunque sí tenemos algunos datos interesantes en materiales analizados como parte del estudio arqueométrico global de alguna colección.

El conjunto de vidrios planos de la *villa* de Ronda del Marrubial (Córdoba)

Nuestro trabajo de investigación comienza con el estudio de un conjunto relevante de 219 fragmentos de vidrio plano de ventana, asociados a una *villa* de época romana, que se documentaron en el transcurso de las excavaciones realizadas en el año 2008 en un solar ubicado en Ronda del Marrubial esquina Avd. Agrupación de Córdoba (Córdoba). Actualmente se conoce esta edificación bajo la denominación de “*villa* de Ronda del Marrubial”.

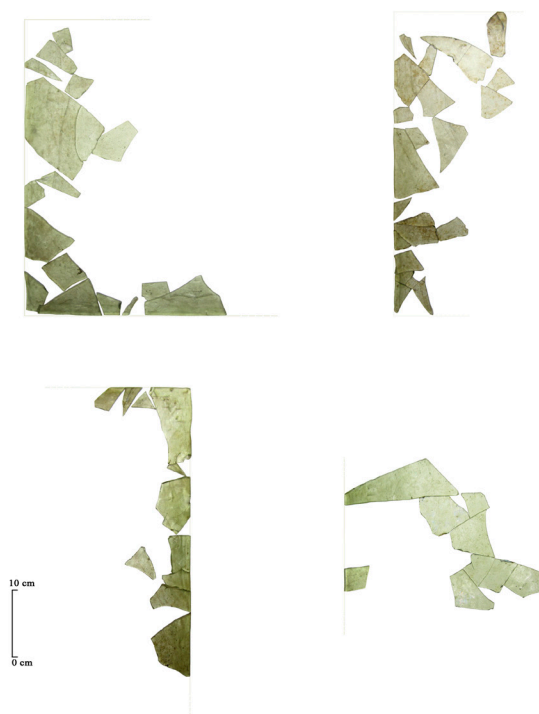


Fig. 1 Reconstrucción de los paneles (A. Velo Gala).



Según los datos del informe elaborado por la directora de la excavación, podemos fechar los paneles de la *villa* de Ronda del Marrubial entre los siglos I-III d.C., periodo al que pertenecen la mayor parte de las estructuras (Ortiz Ramírez, 2011: 273-274). Las restituciones que hemos efectuado han permitido distinguir un mínimo de cuatro unidades, que alcanzarían unas medidas aproximadas de 44 y 46 cm, no siendo posible determinar si se trata de paneles cuadrados o de forma rectangular al no existir los dos laterales anexos restituidos (Fig. 1). Por su proximidad, podrían asociarse a los vanos de ventana de una estancia identificada como un posible *triclinium*. Sin embargo, tampoco se descarta su vinculación con otros espacios como un atrio, ubicado junto al *triclinium*, siguiendo un esquema similar al de pórticos con ventanas que se conocen en diversas *domus* del altoimperio (Vipard, 2003). Sí se confirma que su presencia está estrechamente ligada a las estancias o zonas de más prestigio de la vivienda, al igual que sucede con otros vidrios romanos de ventana pertenecientes a ambientes de carácter privado.



Fig. 2 Impronta de las herramientas empleadas para el estirado de la masa vítrea (A. Velo Gala).

El examen visual de cada uno de los fragmentos permitió constatar una serie de características comunes en todos ellos. Se tratan de vidrios de gran grosor, entre 1-7 mm, siendo las zonas más próximas a los bordes las de mayores dimensiones. Es en esta franja donde puede observarse la impronta producida por el uso de herramientas para el estirado de la masa vítrea (Fig. 2). Son vidrios translúcidos



de colores “sucios” que oscilan entre los tonos ámbar-verde-azul, a causa de una escasa depuración de impurezas en la masa vítrea. Muestran dos superficies diferenciadas, una mate lisa y otra brillante e irregular. Esta distinción es una característica esencial para la identificación de la técnica de elaboración de esta tipología de vidrio: el vidrio colado y estirado sobre una superficie o molde. La superficie mate y lisa es la que se corresponde con el lado que estuvo en contacto con otra superficie, mostrando la impronta que le transfirió durante este proceso; en este caso, es posible que el vidrio fuese vertido sobre una placa o molde de piedra, arcilla u otro material cubierto con partículas de arena que evitasen su adhesión, tal y como denotan las marcas visibles en forma de picadura. El lado superior, irregular y brillante, es el resultado del vertido del vidrio y de la propia naturaleza de este material (Ortiz Palomar, Paz Peralta, 1997: 438; Dunn, 1986: 6, cit. en Ortiz Palomar, 2001a: 38; Ortiz Palomar, 2001b: 350; Foy, Fontaine, 2008: 409). Esta técnica de fabricación, aunque no existe ninguna referencia escrita de época clásica, era el sistema inicial para la obtención de láminas vítreas en el periodo romano (Vigil, 1967: 107; Ortiz Palomar, 2001a: 36), predominando desde el siglo I d.C. hasta el III d.C. (Foy, Fontaine, 2008: 409).

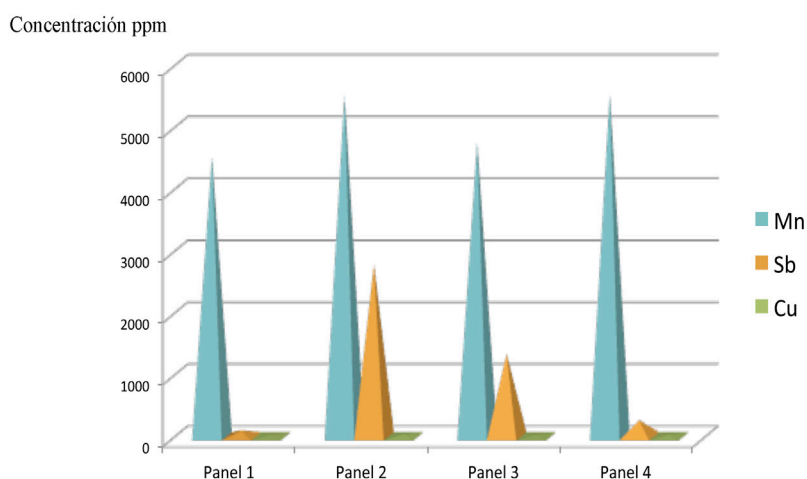


Fig. 3 Concentración en ppm de los elementos traza que determinan la práctica del reciclaje de los paneles (análisis ICP-MS).

Como complemento a los datos recopilados en esta primera fase de estudio, se realizó una toma de muestras representativas de cada uno de los paneles identificados para la ejecución de un análisis físico-químico.



Para la ejecución de los análisis físico-químicos se han seleccionado las siguientes técnicas: microscopía electrónica de barrido (SEM) y microanálisis por espectroscopía de energía dispersiva de rayos X (EDS), fluorescencia de rayos X (XRF) y espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).

Los primeros resultados obtenidos para las concentraciones de los elementos primarios del vidrio, permitieron confirmar que los porcentajes se encuentran dentro de los estipulados para los vidrios de época romana, vidrios silicato sódico cálcicos. En cambio, las medidas de los elementos traza en los fragmentos analizados han revelado que la mayoría de ellos están presentes en las muestras de forma no intencionada; tan sólo el manganeso y el antimonio presentan valores indicativos que confirmarían su adición. Las altas concentraciones de estos elementos muestran que los paneles de vidrio de la *villa* de Ronda de Marrubial fueron elaborados siguiendo una práctica muy común de este periodo: el reciclaje (Fig. 3). Estos elementos forman parte del óxido de manganeso y del óxido de antimonio, agentes que se emplearon para la decoloración del vidrio durante el periodo romano, predominando el empleo de este último a partir del siglo III d.C. (Ortiz Palomar, 2001: 20).

Respecto al estado de conservación de los vidrios tenemos que destacar que el conjunto se halló en un excelente estado de conservación, en comparación con el estado en el que suelen aparecer estos materiales en las excavaciones. Las imágenes obtenidas mediante SEM permitieron apreciar con mayor precisión la delaminación y microfisuración de las primeras capas del vidrio, degradaciones que se producen en las fases iniciales del deterioro del vidrio (Fig. 4).

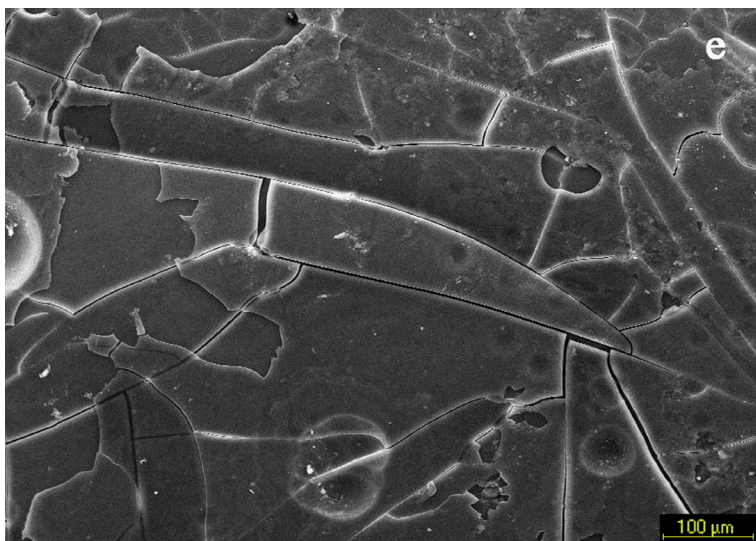


Fig. 4 Deterioro en la superficie del vidrio (microfisuración y delaminación) (SE).



Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta ahora sobre el vidrio de ventana en la arquitectura romana de la Bética, nos permiten postular que su presencia en yacimientos de esta cronología es más abundante de lo estipulado hasta el momento.

Puesto que los vidrios de ventana presentan una serie de características comunes a todos ellos derivadas de su proceso de elaboración (vidrio colado o vertido y estirado sobre una superficie o molde), queremos incidir en la relevante información que se deriva de los estudios arqueométricos. La composición química del vidrio proporciona datos de un gran interés acerca de la procedencia de los paneles y sobre las posibles variaciones en su manufactura a lo largo de las centurias.

El excepcional conjunto de fragmentos que se documentaron en las excavaciones de la *villa* de Ronda del Marrubial (Córdoba) denota la importancia del uso de estos materiales en las estancias más destacadas de las arquitecturas privadas. Aunque los primeros datos arrojados por el estudio arqueométrico ofrecen una información de gran relevancia no podemos determinar con exactitud cuál es su procedencia. El estudio comparativo de los análisis físico-químicos con otros materiales de la capital y de otros yacimientos de la Bética permitirá establecer hipótesis sobre la manufactura y comercio de esta tipología de vidrio.

Finalizamos este trabajo incidiendo en la importancia del valor que tiene esta tipología de materiales, los cuales no son tenidos en cuenta a la hora de realizar el estudio de los contextos donde se han documentado. Aunque, como ya mencionamos, no permiten fechar un estrato con la precisión que permiten otros materiales, cuando se documentan asociados a arquitecturas aportan una información detallada sobre la morfología de las mismas, puesto que en contadas ocasiones contamos con la conservación del alzado de las estructuras hasta los niveles de ventana. Además, no debemos olvidar que se trata de un material que debe ser considerado el predecesor de una de las manifestaciones artísticas del Medievo: la vidriera.

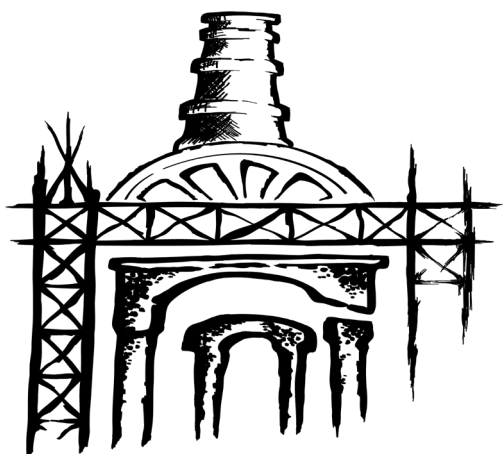
Bibliografía

- Caamaño, J. M.; Vázquez M^a A.: "El vidrio de ventana de época romana hallado en el campamento de *Cidadela* (Sobrado dos Monxes, A Coruña). Catálogo de piezas", *Gallaecia*, nº 20, 2001, 205-216.
- Cambil Campaña, I.: "Vidrio romano en Guadix: el vidrio de ventana", *Boletín del Centro de Estudios Pedro Suárez: Estudios sobre las comarcas de Guadix, Baza y Huéscar*, nº 25, 2012, 47-62.



- Forbes, R. J.: "Glasses". *Studies in ancient technology vol. V*, (1966), 110-231.
- Foy, D.; Fontaine, S. D.: "Diversité et evolution du vitrage de l'Antiquité et du haut Moyen Âge", *Gallia*, 65, 2008, 405-459.
- Fuentes Domínguez, A.: "El vidrio y su uso en la Arquitectura", *Vidrio Romano en España. La revolución del vidrio soplado*, Segovia, 2001, 136-139.
- Isings, C.: *Roman glass in Limburg*, Gröningen, 1971.
- Ortiz Palomar, E.: "Definición, tecnología y fabricación del vidrio antiguo", *Vidrio romano en España. La revolución del vidrio soplado*, Segovia, 2001a, 9-60.
- Ortiz Palomar, E.: *Vidrios procedentes de la provincia de Zaragoza: El Bajo Imperio Romano*, Zaragoza, 2001b.
- Ortiz Palomar, E.: "Vitrages d'époque romaine provenant d'Espagne", en *Vitres de l'Antiquité*, Catalogue d'exposition, Bavay, 2005, 44-46.
- Ortiz Palomar, E.; Paz Peralta, J. Á.: "El vidrio en los baños romanos", *Termalismo antiguo. Actas del I Congreso Peninsular (Arnedillo, La Rioja, 1996)*, Madrid, 1997, 437-452.
- Ortiz Ramírez, L.: "Una villa romana en Ronda del Marrubial del s. I al IV d.C.", *Romvía*, 10, 2011, 253-276.
- Regalado Ortega *et al.*: "Vidrios romanos de ventana del yacimiento de Cortalago (Minas de Riotinto, Huelva)", *Acta do V encuentro de Arqueología peninsular*, 2012, 765-772.
- Sánchez de Prado, M^a D. (2006): "Los materiales de vidrio", *La villa de Cornelius*, Valencia,
- Schiavon *et al.*: "A combined multi-analytical approach for the study of Roman glass from south-west Iberia: Synchrotron μ -XRF, external PIXE/PIGE and BSEM-EDS", *Archaeometry*, 54, 6, 2012, 974-996.
- Vigil, M.: *El vidrio en el mundo antiguo*, 1967.
- Vipard, P.: "Les portiques fenêtrés dans les *domus* du Haut-Empire romain", en *Bulletin archéologique du CTHS: Antiquité, Archéologie classique, fasc. 30*, 2003, Paris, 99-
- Vipard, P.: "L'usage du verre à vitre dans l'architecture romaine du Haut Empire", *Verre et Fenêtre de l'Antiquité au XVIIIe siècle. Actes du premier colloque international de l'association VERRE & HISTOIRE (Paris-La Défense / Versailles 13- 14-15 octobre 2005)*, 2009, Paris, 3-10.





SESIÓN 3

ARQUEOLOGÍA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

EL GRADO DE EVIDENCIA HISTÓRICO-ARQUEOLÓGICA DE LAS RECONSTRUCCIONES VIRTUALES: HACIA UNA ESCALA DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Pablo Aparicio Resco¹ y César Figueiredo²

Resumen:

En la actualidad la Arqueología Virtual se está constituyendo como disciplina propia, como una parte de la arqueología que reclama identidad dado su potencial e importancia. Para ello, resulta fundamental establecer mecanismos de estandarización metodológica que permitan a los investigadores y profesionales aplicar el método científico-social y permitir, de este modo, el avance de esta disciplina. La escala de evidencia histórico-arqueológica para las reconstrucciones virtuales se desvela como una de estas herramientas, con gran potencialidad en el ámbito de la investigación en arqueología virtual pero, también, en el ámbito de la difusión del patrimonio.

Palabras clave

Arqueología virtual, metodología, reconstrucción 3D

Abstract:

Today, Virtual Archaeology is becoming as self-discipline, as a powerful part of archaeology, climbing its own identity, with far potential and importance. To do this, it's essential to establish mechanisms of methodological standarization that enable researches and professionals to apply a social-scientific method and allow them to make advance the discipline. The scale of historical and archaeological evidence for virtual reconstructions has been revealed as one of this mechanisms, with great potential in the field of research in virtual archaeology but also in the field of heritage divulgation.

Key words:

Virtual Archaeology, methodology, 3D reconstruction

Introducción

El 2 de Noviembre de 2014 publicaba un *twit* el *Ministro dei Beni e delle Attività Culturali* italiano, Dario Franceschini, apoyando la idea del arqueólogo Daniele Manacorda de restituir a su estado original la arena del Coliseo de Ro-

1 PAR – Tecnologías de Representación Gráfica del Patrimonio. Email: aparicio.pablo89@gmail.com; Twitter: @ArcheoPablo; Web: www.parpatrimonio.com

2 César Figueiredo. Illustration, Photography and Graphic Design. Email: cesar@cesarfigueiredo.com; Web: <http://www.cesarfigueiredo.com/>



ma.³ Sin entrar en comparaciones dolorosas –se podrían hacer apuestas sobre el número de *twits* dedicados a la arqueología que ha escrito nuestro ministro Wert, pero sería demasiado fácil que todos coincidiéramos en una respuesta–, el *twit* de Franceschini levantó desde el principio tantas alabanzas como críticas en torno a la que puede ser una intervención reconstructiva realmente chocante. Manacorda ha tenido que salir desde entonces al paso en varios medios y en una de las entrevistas que le han realizado puntualiza que los arqueólogos, en muchas ocasiones, debemos hacer de médiums entre el patrimonio y la sociedad para que éste sea comprensible.⁴ Su propuesta pasa por llevar a cabo esta reintegración real de la arena del Anfiteatro Flavio para eliminar intermediarios y que el Coliseo deje de ser algo *esotérico*, incomprensible si no es a través de la figura de los arqueólogos.

No se sabe cuánto podría costar recrear los ambientes hipogeos en las entrañas del Coliseo y volver a dar lustre a la arena que hasta el siglo XIX cubrió los restos del famoso anfiteatro pero parece que seguimos sin entender que existen otro tipo de medios no invasivos y mucho más económicos para poder acercar el patrimonio a la sociedad. Las nuevas tecnologías, como la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, aplicadas de forma reflexiva a un monumento de estas características pueden ser la mejor opción, no sólo para explicarlo sino también para dar lugar a una experiencia inmersiva en el mismo.

Actualmente nos encontramos en un momento de afirmación y consolidación de la Arqueología Virtual como disciplina y, tal y como indicó con agudeza Giuliano Volpe, el objetivo no es incorporar las últimas tecnologías a nuestros trabajos sino dotarles de una coherencia metodológica que ponga el enfoque sobre “los contenidos, las necesidades reales, los resultados, los métodos, la unidad de la investigación.”⁵

En este proceso de construcción de la Arqueología Virtual ha jugado un papel fundamental la carta de los “Principios de Sevilla. Principios Internacionales de la Arqueología Virtual”, desarrollada durante años en el marco de la SEAV y que cuenta con la colaboración de profesionales de muchos países.⁶ Este texto es orientativo y no debemos presuponerle un carácter *sagrado*, pero constituye un buen principio para comenzar a estandarizar las características y necesidades de la Arqueología Virtual.

En la carta se destacan una serie de ocho principios entre los que se recoge la autenticidad. En torno a ella se contempla lo siguiente:

“La visualización asistida por ordenador trabaja de manera habitual reconstruyendo o recreando edificios, artefactos y entornos del pasado tal y como

3 Dario Franceschini. Twitter. 2 de Noviembre de 2014. <https://twitter.com/dariofrance/status/528847541371432960>

4 “I monumenti? Non sono esoterici”, Il Manifesto, 8.11.14. Entrevista de Valentina Porcheddu a Daniele Manacorda.

5 G. VOLPE 2012, p. 7.

6 FIAV 2012; V. M. LÓPEZ-MENCHERO y A. GRANDE 2011.



se considera que fueron, es por ello que siempre debe ser posible saber que es real, veraz, auténtico y que no. En este sentido la autenticidad debe ser un concepto operativo permanente para cualquier proyecto de arqueología virtual. (...) Cuando se realicen restauraciones o reconstrucciones virtuales se debe mostrar de forma explícita o bien mediante interpretación adicional los distintos niveles de veracidad en los que se sustenta la restauración o reconstrucción.”⁷

Y continúa:

“En la medida que muchos restos arqueológicos han sido y siguen siendo restaurados o reconstruidos en la realidad, la visualización asistida por ordenador debe ayudar tanto a los profesionales como al público a diferenciar claramente entre: los restos que se han conservado “in situ”, los restos que han vuelto a ser colocados en su posición originaria (*anastylosis* real), las zonas que han sido reconstruidas parcial o totalmente sobre los restos originales, y finalmente las zonas que han sido restauradas o reconstruidas virtualmente”⁸

Hasta el momento esto no se ha respetado. Las reconstrucciones virtuales se muestran -ya sea en paneles, en vídeos, en publicaciones, etc.- frecuentemente desprovistas de elementos que nos permitan entender qué parte de ellas tiene más visos de veracidad y qué parte es fruto de hipótesis menos sólidas, más volubles. Esto desnuda de ciencia un proceso que, en realidad, tiene mucho de científico. En este trabajo se busca presentar y explicar la escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones virtuales que, creemos, viene a rellenar un hueco que hasta ahora estaba vacío. La autenticidad de las reconstrucciones virtuales queda perfectamente reflejada gracias a esta escala que, con un sólo vistazo, nos permite entender qué zonas de nuestra representación tridimensional están provistas de mayores evidencias y, por lo tanto, es más probable que se ajusten a la realidad y qué partes carecen de esas sólidas bases, tratándose de hipótesis visuales en las que caben mayores niveles de interpretación.

La escala de colores del proyecto Byzantium 1200

La idea que aquí se presenta para esta escala de colores nace inspirada por el proyecto Byzantium 1200, del que puede encontrarse información en su página web (<http://www.byzantium1200.com/>). Se trata de un proyecto llevado a cabo por Patrick Clifford, Jan Kostenec y el bizantinista alemán Albercht Berger que tie-

⁷ FIAV 2012, p. 16.

⁸ *Idem*.



ne como objetivo reconstruir de forma virtual la ciudad de Bizancio hacia 1200. Es en el entorno de este proyecto en el que estos investigadores dan forma a la idea original de la escala de colores para la representación del grado de evidencia histórico-arqueológica en reconstrucciones virtuales: tanto en su página web como en las redes sociales,⁹ muestran distintos ejemplos del uso de esta escala en la zona del puerto o en el Palacio Imperial de Bizancio. No ha sido posible encontrar, sin embargo, ninguna publicación científica en la que los encargados del proyecto Byzantium 1200 expliquen de forma detallada esta herramienta, que parecen utilizar únicamente de forma aislada y puntual en algunos ejemplos.

Sea como fuere, dar con estas imágenes fue útil para decidir establecer una escala similar de forma extensiva y difundir su uso entre los diseñadores, arqueólogos y expertos en arqueología virtual, con el objetivo de conformar unos principios metodológicos comunes que nos permitan construir ciencia.

La escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones virtuales

El primer paso fue aplicar la escala del proyecto Byzantium 1200 a nuestros propios trabajos para comprobar su efectividad. Para ello se trabajó en colaboración con el diseñador portugués César Figueiredo. Estas pruebas se extendieron semanas y nos llevaron a definir mejor la escala de colores, a modificarla en lo que consideramos necesario en base a los ejemplos llevados a cabo y a establecer un código fijo de color (RGB, CMYK y hexadecimal).

La escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones virtuales es un método para la representación visual de la autenticidad en las reconstrucciones virtuales. Se trata de una escala de colores que se basa en un principio muy sencillo: los colores fríos denotan bajos niveles de autenticidad o evidencia histórico-arqueológica mientras que los colores cálidos denotan altos niveles de autenticidad. En este sentido, existen ejemplos anteriores del uso de escalas de colores o, al menos, de tonos grises, para mostrar, por ejemplo, el grado de deterioro de monumentos¹⁰, pero no se había hecho nada así enfocado a mostrar el nivel de veracidad en reconstrucciones virtuales antes del trabajo de Byzantium 1200.

En la escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones virtuales, cada color de la escala está relacionado con un nivel de evidencia histórico-arqueológica, tal y como se puede observar en la Figura 1.

Esto ha podido llevar, en ocasiones, a alguna confusión, pues se puede interpretar que cada color corresponde a un tipo de evidencia cuando no es así: cada

9 Byzantium 1200. Twitter. 30 de Mayo de 2014. <https://twitter.com/Byzantium1200/status/472339075262062593>

10 Prendes et al., 2010: "Evaluación, por tratamiento digital de imágenes, del deterioro de monumentos. Metodología", *Materiales de Construcción*, pp. 37-46.



color corresponde, como hemos dicho más arriba, a un nivel de evidencia histórico-arqueológica. Las correspondencias de la Figura 1, sin embargo, creemos que son muy útiles para ayudar a los investigadores a detectar los distintos niveles de evidencia dado que se entiende que, por ejemplo, un plano realizado durante una excavación arqueológica aporta mayores niveles de autenticidad a nuestra reconstrucción que una descripción somera de un edificio en un texto antiguo. Normalmente, sin embargo, este tipo de evidencias se solapan y dependerá de cada proyecto que el investigador decida situar determinados elementos en un color u otro de la escala de evidencia histórico-arqueológica.

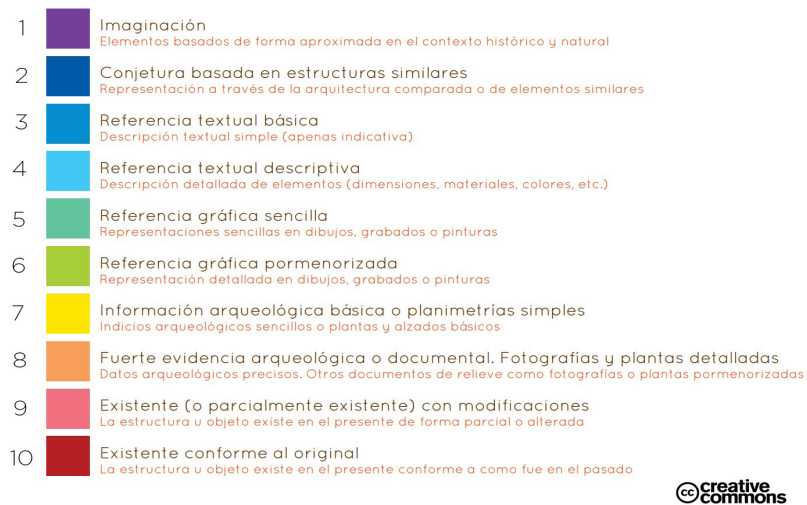


Fig. 1. Escala de evidencia histórico-arqueológica. Descripción de cada uno de los niveles.

Una leyenda explicativa como la de la Figura 1 se puede incluir o no en la infografía explicativa que llevemos a cabo. En ocasiones será suficiente con colocar una escala como la que se puede observar en la Figura 2, en la que se muestra que aquellos elementos más fríos tienen menos evidencias para ser representados así y aquellos elementos más cálidos tienen más evidencias.

Además, es conveniente indicar que este tipo de imágenes en ningún caso sustituye a las reconstrucciones virtuales originales sino que simplemente se trata de un elemento añadido para poder comprenderlas mejor. Es por ello por lo que no existe ninguna necesidad de que respeten las texturas fotográficas del modelo original, siendo más útil el uso de colores planos como los que protagonizan la escala.

Cada color va asociado, además, a un número del 1 al 10 (de menor a mayor nivel de evidencia) de tal modo que resulte más sencilla su explicación en una memoria de proyecto.



Templo A de la Illeta dels Banyets (El Campello, Alicante)

Escala de evidencia histórico-arqueológica de la reconstrucción virtual

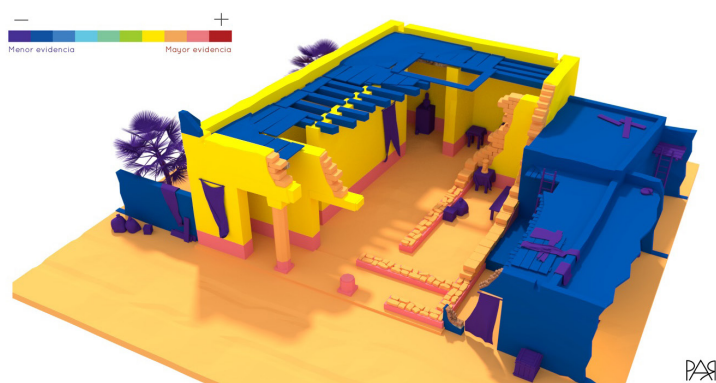


Fig. 2. Escala de evidencia histórico-arqueológica de la reconstrucción virtual del Templo A de la Illeta dels Banyets (El Campello, Alicante). Autor: Pablo Aparicio Resco.

La escala de evidencia histórico-arqueológica es totalmente compatible con otro tipo de sistemas de estandarización de la arqueología virtual que están siendo desarrollados en la actualidad por otros grupos de investigación. Entre ellos, destaca el trabajo de profesionales de la Universidad de Alicante para desarrollar un sistema de Unidades Reconstructivas¹¹ que nos ayudaría a registrar con mayor precisión las características histórico-arqueológicas de cada elemento de nuestras reconstrucciones virtuales (Figs. 3 y 5).



Fig. 3. Reconstrucción virtual de un bunker alemán H669 de la Segunda Guerra Mundial. Autor: Pablo Aparicio Resco.

¹¹ Los profesores Molina Vidal y Muñoz Ojeda están en proceso de publicación de un artículo sobre las Unidades Reconstructivas. Su investigación será presentada el próximo mes de Septiembre de 2015 en el Congreso Internacional Digital Heritage 2015 que tendrá lugar en Granada.



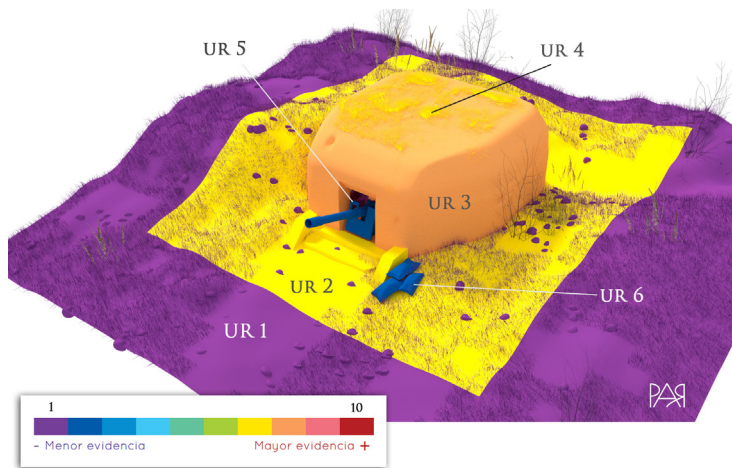


Fig. 4. Escala de evidencia histórico-arqueológica de la reconstrucción virtual del bunker H669. Autor: Pablo Aparicio Resco.

Tanto César Figueiredo como Carlos Carpetudo, ambos investigadores portugueses, están trabajando en analizar cómo afecta la luz interna del software de diseño 3D a la hora de visualizar con claridad las escalas de evidencia histórico-arqueológica sobre una reconstrucción virtual. Todavía se encuentra en un periodo de prueba pero los primeros resultados apuntan a que es conveniente, en ciertas ocasiones -sobre todo en aquellas escenas de interior-, eliminar las luces direccionales (sol, focos) que puedan crear sombras que confundan los colores de la escala sobre el objeto. Sin embargo, sí puede resultar interesante, sobre todo en las representaciones de exteriores, utilizar una luz direccional que permita resaltar el relieve del modelo y así facilitar su comprensión. Como tantas otras cosas, en la mayoría de los casos depende del proyecto en concreto que decidamos utilizar un tipo de iluminación u otra.

Ciencia colectiva, Loomio y la escala de evidencia histórico-arqueológica

En la actualidad, la propia metodología de trabajo de los investigadores y científicos se ve modificada por las nuevas herramientas relacionadas con los sistemas de información, principalmente con Internet. De este modo, existe la posibilidad de trabajar de cara al público, de construir los procesos de nuestros estudios en abierto (al menos parte de ellos). De esta forma se camina hacia la democratización de la ciencia, si es que algo así es posible, y, sobre todo, se siembra el interés por aquello que se está desarrollando.

Esto se ha dado en llamar ciencia ciudadana y su descripción es compleja pues, como nos dice Josep Perelló, doctor de la Universitat de Barcelona, se ubica



dentro de “marcos abiertos” que se trazan mediante relaciones “ágiles y flexibles” entre profesionales e interesados:

“En los proyectos de ciencia ciudadana, la infraestructura de material y personal de investigación es compleja. Se abre un abanico inabarcable e inaudito para nuestros centros de investigación: datos abiertos, validación de datos, programación de apps, privacidad, comunicación, visualización de datos, diseño gráfico, gestión de comunidades, propiedad intelectual entre muchos otros flancos. La ciencia ciudadana debe pues ubicarse en marcos abiertos que contemplen alianzas ágiles y flexibles.”¹²

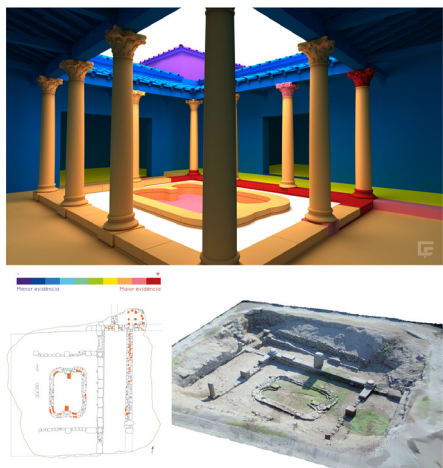


Fig. 5. Infografía que muestra la escala de colores de la reconstrucción del peristilo de la Fase I de la Domus de Santiago (Bracara Augusta, Braga, Portugal). Autor: César Figueiredo.

O PROCESSO DE RECONSTRUÇÃO *

*De acordo com a escala de evidência Histórica/Arqueológica proposta por César Figueiredo e Pablo Aparicio Resco.



Fig. 6. Infografía en la que se muestra la reconstrucción virtual de la Sala Do Capitulo del Monasterio de San Antonio de Lisboa, en Montemor-O-Novo junto con su escala de evidencia histórico-arqueológica. Autor: Carlos Carpetudo.

12 J. PERELLÓ 2014.



Esta forma de entender y practicar la ciencia nos permite involucrar a todo aquel que esté interesado en una investigación y de este modo enriquecerla pero también enriquecer a todos los participantes, haciéndoles sentir parte del proyecto. Quizás podemos hablar también de ciencia colaborativa pues es éste espíritu y no el de competición el que la caracteriza. Valores como el individualismo y el ego personal se dejan de lado para dar lugar a algo más rico y complejo, sin olvidar la importancia del rigor científico, la formación de los profesionales que participen en el proyecto, etc.

Durante la creación y puesta a prueba de la escala de evidencia histórico-arqueológica -aún en desarrollo- se ha querido seguir esta práctica y, como proyecto piloto, se decidió usar la plataforma Loomio para llevar a cabo un grupo de debate abierto en directo sobre esta herramienta metodológica para la arqueología virtual.¹³ De este modo se ha enriquecido la investigación y se ha dotado a la misma de un consenso que sólo aporta la discusión y el trabajo colectivo. Entendemos que una herramienta metodológica de este tipo no puede ser puesta en marcha sólo por un investigador o grupo de investigación y por ello la idea de poner en marcha este grupo para exponer ideas, análisis, pruebas y resultados de forma colectiva, fue vista como lo más conveniente.

Un ejemplo práctico: la reconstrucción virtual de la torre-puerta de Bejanque (Guadalajara)

Uno de los primeros ejemplos en los que se puso en práctica el uso de la escala de evidencia histórico-arqueológica fue en la reconstrucción virtual de la torre-puerta de Bejanque, que formó parte de la muralla medieval de Guadalajara. En la actualidad se conserva sólo un arco, de unos 10 metros de altura, que debió formar parte de una torre mucho mayor que existió hasta mediados del siglo XIX. La torre-puerta de Bejanque era una gran torre pentagonal en proa con la entrada acodada, construida en piedra con un aparejo casi ciclópeo que aseguraba una fuerte defensa de la ciudad en ese punto. Con la documentación tanto textual como gráfica sobre el torreón, se llevó a cabo el modelo 3D de los restos existentes y la hipótesis de reconstrucción virtual más plausible.¹⁴

A la hora de llevar a cabo la representación de la escala de evidencia histórico-arqueológica se decidió tomar un punto de vista elevado en el que aparecie-

¹³ Se puede acceder a la plataforma Loomio y, en concreto, al grupo de debate en el que se está discutiendo la escala de evidencia histórico-arqueológica desde esta url: <https://www.loomio.org/g/PIDGd7OQ/escala-de-evidencia-historico-arqueologica-en-reconstrucciones-virtuales?locale=es>

¹⁴ RTE 1914; A. HERRERA CASADO 1986; P. J. PRADILLO Y ESTEBAN 1991; M. L. CRESPO CANO Y M. A. CUADRADO PRIETO 1992; M. A. LÓPEZ TRUJILLO 1994; M. A. CUADRADO PRIETO 1996; P. J. PRADILLO Y ESTEBAN 2002; P. J. PRADILLO Y ESTEBAN 2005; P. J. PRADILLO Y ESTEBAN Y J. MARTÍNEZ PEÑARROYA 2010.



ran todos los elementos que conforman la reconstrucción. Si esto no hubiera sido posible se tendrían que haber realizado varias imágenes con varias escalas de color para que todas las partes quedaran representadas con su color de evidencia.

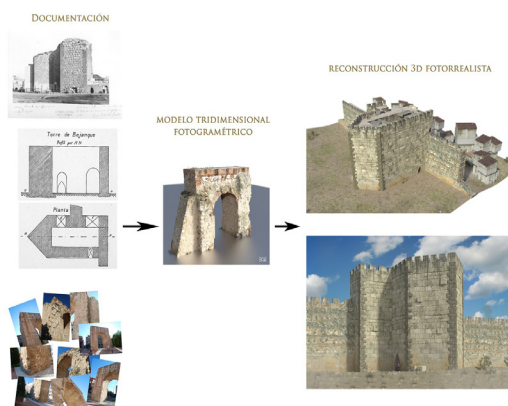


Fig. 7. Infografía que muestra el proceso de reconstrucción virtual de la torre-puerta de Bejanque (Guadalajara). Autor: Pablo Aparicio Resco.

Para su muestra y explicación en el presente artículo, además, se ha decidido incorporar ya un sistema de señalización de cada una de las partes de la reconstrucción con Unidades Reconstructivas (recordemos, un método diseñado por el Dr. Jaime Molina Vidal y por Javier Muñoz Ojeda, profesores del curso de Especialización en Virtualización del Patrimonio de la Universidad de Alicante, y que aún está por publicar), que aunque no se sirva todavía de un sistema de fichas de unidad reconstructiva nos permite identificar mejor cada zona de la reconstrucción.



Fig. 8. Vista de la reconstrucción virtual de la torre-puerta de Bejanque (Guadalajara). Autor: Pablo Aparicio Resco.



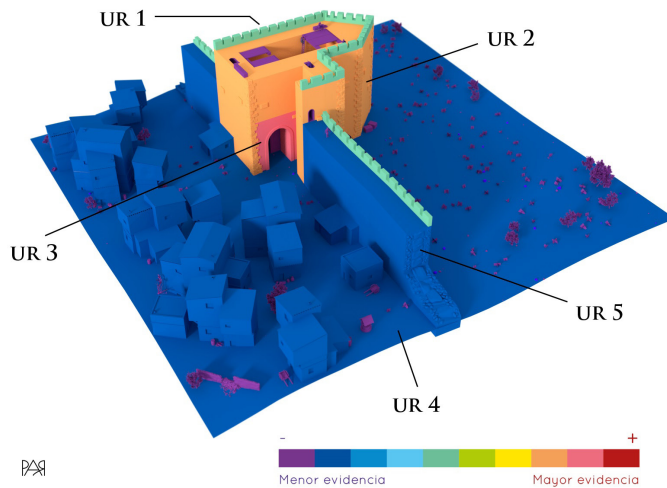


Fig. 9. Escala de evidencia histórico-arqueológica de la reconstrucción virtual de la torre-puerta de Bejanque (Guadalajara). Autor: Pablo Aparicio Resco.

En la reconstrucción virtual de la torre-puerta de Bejanque, encontramos distintas unidades reconstructivas:

- UR 1: Se trata del acabado almenado de las murallas y torres de Guadalajara. Tiene un nivel de evidencia 5 (referencia gráfica sencilla) pues se basa en algunos detalles del dibujo de la ciudad de Guadalajara realizado en 1565 por Anton Van Wyngaerde, en el que se puede observar este tipo de acabado en el recinto amurallado de la ciudad.
- UR 2: Corresponde a la estructura de la torre pentagonal en proa propiamente dicha. Tiene un nivel de evidencia 8 (fuerte evidencia arqueológica o documental; fotografías y plantas detalladas) porque conservamos el plano de Guadalajara realizado por Ibáñez e Ibáñez de Íbero en 1878 en el que aparece representada la torre en su contexto urbano del momento, así como la planta y el alzado de esta torre del Memorial de Ingenieros de 1846 y una fotografía de la misma realizada en 1884. Son suficientes evidencias gráficas de detalle como para reconstruir esta estructura con suficiente fiabilidad.
- UR 3: Se corresponde con los restos de la torre conservados actualmente, es decir, el arco de entrada desde la torre al interior de la ciudad. Por ello ésta UR tiene un nivel de evidencia 9 (existente o parcialmente existente con modificaciones).
- UR 4: Esta unidad reconstructiva hace referencia a la topografía del terreno circundante de la torre. El nivel de evidencia es 2 porque, pese



a haber usado los datos LIDAR del IGN (Instituto Geográfico Nacional) para modelar las elevaciones de esa zona ajustándonos a la realidad, entendemos que es una parte de la ciudad profundamente transformada y que su parecido con el terreno de hace siglos puede ser sólo testimonial.

- UR 5: Corresponde a los lienzos de la muralla que se adosaban a la torre-puerta de Bejanque. Su nivel de evidencia es 2 (conjetura basada en estructuras similares) porque se ha modelado su estructura en base a los restos excavados y conservados actualmente en la Plaza de Santo Domingo, donde se levantaba la Puerta del Mercado, presuponiendo que aquellos lienzos de muralla cercanos a la Puerta de Bejanque tuvieron la misma disposición y estructura.

Conclusión

El mayor reto al que se enfrenta la Arqueología Virtual en la actualidad si quiere convertirse en una disciplina científica con entidad propia -siempre dentro del campo de las ciencias sociales- es el de la estandarización de unos principios metodológicos que permitan a todos los profesionales hablar en el mismo lenguaje. Creemos que con la escala de evidencia histórico-arqueológica para reconstrucciones virtuales, tal y como se ha explicado a lo largo del presente artículo, se contribuye a dar pasos en éste camino.

La difusión de esta herramienta desde el blog de PAR – Arqueología y Patrimonio Virtual¹⁵ así como desde el blog de César Figueiredo¹⁶ y desde las redes sociales, está permitiendo su utilización de forma internacional y ya está siendo incorporado a su trabajo por profesionales no sólo de España o Portugal sino también de Inglaterra o Italia, todos ellos interesados en poder utilizar esta escala para representar el nivel de evidencia de sus propias reconstrucciones virtuales. Creemos que el espíritu siempre abierto y colaborativo de esta investigación puede favorecer enormemente no sólo los trabajos particulares de aquellos que decidan utilizar ésta herramienta sino también el desarrollo de la propia Arqueología Virtual como disciplina.

Bibliografía

- A. HERRERA CASADO: “La muralla de Guadalajara”. Wad-al-Hayara, Nº13, Guadalajara, 1986, pp. 419-431

¹⁵ Blog de PAR: <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/>

¹⁶ Blog de César Figueiredo: <http://cesarfigueiredo.blogspot.com/>



- G. VOLPE: "Presentazione". Una macchina del tempo per l'archeologia, Bari: 2012.
- FIAB (Forum Internacional de Arqueología Virtual): Los principios de Sevilla. Principios Internacionales de la Arqueología Virtual. 2012.
- J. PERELLÓ: "Ciencia ciudadana o ciencia de guerrilla". El Mundo, 11/11/2014. (<http://www.elmundo.es/economia/2014/11/11/11/5461e512268e3ef-96c8b4572.html>). Consultado a 16/04/2015.
- M. A. CUADRADO PRIETO: "Trabajos arqueológicos realizados en la Puerta de Bejanque en 1995", en Actas del V Encuentro de Historiadores del Valle del Henares. Guadalajara, 1996, pp. 87-99.
- M. A. LÓPEZ TRUJILLO: "Una fotografía y unos documentos inéditos sobre el torreón de Bejanque y el intento de la Comisión de Monumentos de Guadalajara de impedir su derribo (Febrero-Marzo 1884)". Actas del IV Encuentro de Historiadores del Valle del Henares, Alcalá de Henares, 1994, pp. 343-353.
- M. L. CRESPO CANO y M. A. CUADRADO PRIETO: "Arqueología urbana de Guadalajara: un avance del plano arqueológico de la ciudad", en Actas del III Encuentro de Historiadores del Valle del Henares, Guadalajara, 1992, pp. 17-32.
- P. J. PRADILLO Y ESTEBAN: "El desarrollo histórico del casco antiguo de Guadalajara". Wad-al-Hayara, N°18, Guadalajara, 1991, pp. 229-343.
- P. J. PRADILLO Y ESTEBAN: "Las murallas de Guadalajara en el siglo XIX. De su destrucción a los primeros estudios". Actas del Primer Simposio de Arqueología de Guadalajara. Madrid, Tomo I, 2002, pp. 137-144.
- P. J. PRADILLO Y ESTEBAN: "Torres pentagonales en proa. La implantación del modelo en la Castilla del Trescientos", Actas del III Congreso de Castellología Ibérica. Madrid, 2005, pp. 553-572.
- P.J. PRADILLO Y ESTEBAN y J. MARTÍNEZ PEÑARROYA: "La Puerta del Mecado en el recinto amurallado de Guadalajara". Actas del XII Encuentro de Historiadores del Valle del Henares, 2010, pp. 429-453.
- PRENDES et al.: "Evaluación por tratamiento digital de imágenes, del deterioro de monumentos. Metodología", Materiales de la Construcción, 2010, pp. 37-46.
- RTE (Relaciones Topográficas de España): Provincia de Guadalajara. Madrid, Real Academia de la Historia, Tomo V, 1914, pp. 87-90.
- V. M. LÓPEZ-MENCHERO y A. GRANDE: "Hacia una Carta Internacional de Arqueología Virtual. El Borrador SEAV", Virtual Archaeology Review, 2011, Vol. 2, N°4.



CREACIÓN DE LA MALLA EN EL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE CÁSTULO: DE LA DISCIPLINA AL VECTOR

M^a Paz López Rodríguez, Libertad Serrano Lara, David Expósito Mangas.¹

Resumen:

Desde que, en el año 2011, el proyecto Forvm MMX comenzase a desarrollar su trabajo en el yacimiento ibero-romano de Cástulo, (Linares, Jaén), siempre ha apostado por el uso y aplicación de nuevas tecnologías, empleando un innovador sistema de registro telemático (*Imilké*) al que se añade el desarrollo de las aplicaciones posibilitadas por el modelado 3D durante las fases sucesivas del proceso de excavación y el estudio de materiales. Este último conforma el objetivo principal del presente artículo.

Mediante las técnicas de fotogrametría, el desarrollo de modelos tridimensionales de cada estrato queda integrado en el sistema permitiendo su acceso de forma virtual, gracias al uso de un SIG. Mientras, las piezas tienen un recorrido por las diferentes etapas que componen el proyecto: conservación, catalogación, modelado, difusión pública y usos didácticos. En el texto desarrollamos este trabajo mediante dos ejemplos concretos, ambos de época romana, seleccionados a partir de las necesidades y aplicaciones empleadas durante la conservación y catalogación.

Se crea así un equipo interdisciplinar que, desde diferentes ámbitos, ofrece resultados abiertos de modo virtual a otros investigadores y/o docentes interesados en el análisis global de toda la documentación generada durante la excavación arqueológica.

Palabras clave:

arqueología virtual, fotogrametría, catalogación, restauración, Castulo

Abstract:

Since 2011, when the Forvm MMX project began to undertake work on the Iberian-Roman settlement of Cástulo (Linares, Jaén), we have always endeavored to use and apply new technologies as part of our efforts, using an innovative computer database for recording finds and excavation units (*Imilké*), as well as developing possibilities for employing 3D modeling throughout various phases of excavation and the study of artifacts. The latter aspect of our work forms the principal subject of the present article.

¹ Los autores pertenecen al equipo técnico del proyecto general de investigación Forvm MMX, aprobado por la Consejería de Educación, Cultura y Deporte (Junta de Andalucía) en el Conjunto Arqueológico de Cástulo, Linares. Coordinando, respectivamente, las áreas de investigación arqueológica en: conservación-restauración, Rodríguez López, M.P.; documentación tridimensional, Serrano Lara, L.; y catalogación, Expósito Mangas, D.



Through the techniques of photogrammetry, we are able to create three-dimensional models of each excavated stratigraphic unit that are integrated into the database using a GIS – thus allowing access to them in a virtual form. Artifacts, on the other hand, travel through various stages as they make their way through the project: conservation, cataloguing, drawing and photography, publication, and didactic use. In this article, we will describe our process using two examples, both of Roman date, which demonstrate the interventions used in conservation and cataloguing.

We have created an interdisciplinary team whose members come from a variety of backgrounds, and whose work offers open results in a virtual format to other researchers and scholars interested in a global analysis of the documentation generated by an archaeological excavation.

Key words:

virtual archaeology, photogrammetry, cataloguing, restoration, Cástulo

Contexto espacio temporal

La ciudad ibero-romana de Cástulo, emplazada en la margen derecha del río Guadalimar, constituye uno de los centros capitales del mediodía peninsular durante la antigüedad, tanto por la extensión de su recinto amurallado (50 ha.), como por su posición estratégica en la cabecera del valle del Guadalquivir. La ciudad destaca como nudo principal en las vías de comunicación de la época y, a lo largo de su historia, tuvo un acceso privilegiado a los recursos mineros de Sierra Morena. El *oppidum* de Cástulo, primero, fue el más importante núcleo de población de la Oretania ibérica y, más tarde, se constituyó en municipio romano, llegando a ser sede episcopal en época bajo-imperial.

Los autores clásicos otorgaron un especial reconocimiento a la ciudad de Cástulo, debido en particular a su protagonismo en el transcurso de la II Guerra Púnica. Cástulo, en un primer momento, destaca por su fidelidad a la causa cartaginesa y acaba suscribiendo una alianza con Roma. Circunstancia que le va a permitir mantener una excepcional autonomía política como manifiesta en esa coyuntura su capacidad para acuñar moneda.

En abril de 2011 se publica en el B.O.J.A. la incoación del expediente de delimitación de la Zona Arqueológica de Cástulo, y en julio, el Decreto de creación del Conjunto Arqueológico de Cástulo. En esa fecha se inician también las actividades del proyecto Forvm MMX², concretadas en una actividad de excavación

² Un proyecto del Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica (Universidad de Jaén), que promueve el Ayuntamiento de Linares y financia la Consejería de Economía, Innova-



arqueológica puntual titulada Localización y primera caracterización del foro de la ciudad romana de Cástulo. Ésta fue prorrogada en 2012 y tuvo continuidad en 2013-2014 con otra actividad puntual encaminada a la conservación y adecuación de las áreas excavadas. Dichos ciclos de excavación han servido para saber que en ninguna de las dos áreas excavadas se situaba el foro de la ciudad, pero también, para ilustrar dos lugares del centro monumental de la ciudad romana mediante el hallazgo de sendos edificios relevantes de la arquitectura pública.



Fig. 1.



Fig. 2.

ción, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, en el Conjunto Arqueológico de Cástulo (Consejería de Educación, Cultura y Deporte).



En conjunto, los datos reunidos indican que la ciudad fue objeto de importantes obras públicas a caballo entre los siglos I y II, entre otras las termas y las letrinas hasta ahora conocidas. Segundo, que los niveles correspondientes a buena parte del siglo II y del siglo III aparentemente no existen, evidenciando un colapso en las instituciones políticas y económicas que tuvieron su sede en esa anterior arquitectura pública. Y tercero, que la ciudad resurge de sus cenizas en los siglos IV y V, cuando volvemos a notar una intensa actividad en las dos áreas exploradas.

No parece necesario justificar la necesidad de conocer para revalorizar Cástulo, los esfuerzos hasta ahora realizados ejemplifican el alto valor patrimonial de Cástulo y han proporcionado una idea más precisa del trabajo que aún queda por hacer, pero resultan claramente irrelevantes en comparación con las largas trayectorias investigadoras de los demás conjuntos andaluces.

Documentación digital: la apuesta tecnológica

El proyecto Forvm MMX ha desarrollado un sistema inédito e innovador para la generación y gestión de documentación arqueológica denominado *Imliké*. El principal objetivo reside en la posibilidad de traslación inmediata de los datos arqueológicos desde el yacimiento a la base de datos hospedada en un servidor online. Por otro lado, el diseño del sistema de registro permite una optimización del trabajo de campo y supone un método de trabajo estandarizado para todo el Conjunto Arqueológico de Cástulo. Esto permite el trabajo simultáneo de varios equipos de trabajo ya que, con independencia de la cantidad de equipos que estén abiertos, el sistema de registro generará una única documentación.

Las herramientas utilizadas son sencillas: formularios en papel con una impresión de micro-trama que permite al dispositivo reconocer el campo que se está cumplimentando en la base de datos gracias al micro-escáner incluido en un bolígrafo digital (BlackPen). Vía Bluetooth los datos se envían desde el bolígrafo digital a su "Smartphone" y de ahí al servidor a través de la conexión de datos a Internet. Hay 5 campos diferentes dependiendo del tipo de información a registrar, bien sean datos espaciales, información gráfica, descripción de la estratigrafía o inventario de materiales.

No sólo se ha agilizado el proceso de documentación sino que su calidad ha mejorado mediante la obtención de modelos tridimensionales de cada estrato y nivel del mismo. El resultado es la producción de documentos de calidad fotográfica que profundizará en el proceso de investigación-excavación arqueológica virtualmente. *"Too Waste³ asegura el relato sistemático del proceso de excava-*

3 *Imliké*, sistema de registro digital empleado en la documentación arqueológica por el proyecto Forvm MMX, recibió la denominación provisional de TooWaste.



ción, transfiriendo los datos de campo -en tiempo real- a un ordenador remoto, y obtiene un modelado tridimensional exhaustivo de sedimentos, construcciones y objetos” (CASTRO et alii. 2014:16).

La primera unidad definida es el volumen. Mediante el uso de una Estación Total se adjudican sus coordenadas X e Y, mientras que el nivel queda definido mediante la coordenada Z. Esta unidad distingue y permite definir diferentes tipos de volúmenes como son el nivel superficial, la división por construcción o una división completa, o bien, subjetiva del espacio. Cada unidad estratigráfica y la totalidad del material hallado reciben un código específico del sistema *Imilké* asociado a dicho volumen.⁴ En los casos de estudio de modelado tridimensional para materiales singulares que vamos a desarrollar haremos referencia al código de registro de cada objeto. Éste permite el acceso al estrato y nivel en el que fueron recuperados así como la posición exacta del volumen al que pertenecen mediante el visor de volúmenes que son integrados en el Sistema de registro mediante un SIG (Sistema de Información Geográfica). De este modo el investigador tiene acceso a la documentación de forma inmediata permitiéndole un análisis de forma global sobre la misma.

Las nuevas posibilidades de modelado 3D están cambiando la forma de interpretar los espacios y objetos arqueológicos, y especialmente, su forma de representación. La documentación tridimensional, generada en la excavación por el proyecto FORVM MMX, también produce documentación gráfica 2D, como los dibujos a escala precisa de los planos de los sondeos y de los perfiles estratigráficos. Esto representa un salto cualitativo a la hora de elaborar la documentación gráfica de la investigación, ya que el método tradicional funciona de forma inversa, generando de reconstrucciones en 3D a partir de los dibujos de la excavación.

Permitir este análisis arqueológico exhaustivo de las piezas halladas en el Conjunto Arqueológico de Cástulo es el objetivo de la virtualización de las mismas, labor desarrollada por el equipo de digitalización. Formando parte de las fichas de catalogación, el modelo tridimensional está insertado en un archivo pdf interactivo, que incluye todos los datos necesarios para la interpretación arqueológica. La aplicación en las actividades de conservación también es clara al suponer una representación mimética del estado en que la pieza apareció en la excavación y su tratamiento inicial, el modelo tridimensional supone un registro documental en caso de que se produjera algún daño posterior sobre la pieza. Ambas ventajas – la preservación y la difusión del patrimonio público – ya han sido priorizados por el proyecto 3D-ICONOS de la Unión Europea, que, a través del proyecto Carare y

⁴ El registro de objetos arqueológicos queda dividido en tridimensionales o individualizados. Los registros tridimensionales están espacialmente referenciados al volumen que los contiene, al campo específico del tipo de material y su tratamiento. También es posible añadir imágenes de datos, proceso y / o resultados. La forma de registros individuales contiene la misma información que los registros tridimensionales, con la diferencia de que en este campo la posición exacta queda registrada mediante la asignación de las coordenadas X, Y, y Z permitiendo ser reproducidas posteriormente.



la plataforma Europea⁵, fomenta la creación de proyectos para la virtualización del patrimonio arqueológico.

Partiendo de la base de este apoyo interdisciplinar el equipo de representación gráfica consulta con los de catalogación y la información extraída de cada pieza antes de comenzar a crear el levantamiento fotogramétrico que originará la malla vectorizada de los objetos arqueológicos. La apuesta por el empleo de modelos 3D como herramienta de análisis y estudio en las fases sucesivas del proceso de excavación y el estudio de materiales debe implicar una garantía de autenticidad y fidelidad que impiden la edición de la malla o el añadido de elementos a la misma. Estos modelos fotogramétricos reproducen la totalidad de la pieza sin ediciones que disimulen huecos en la geometría del objeto o mejoren la resolución el mapa de texturas.

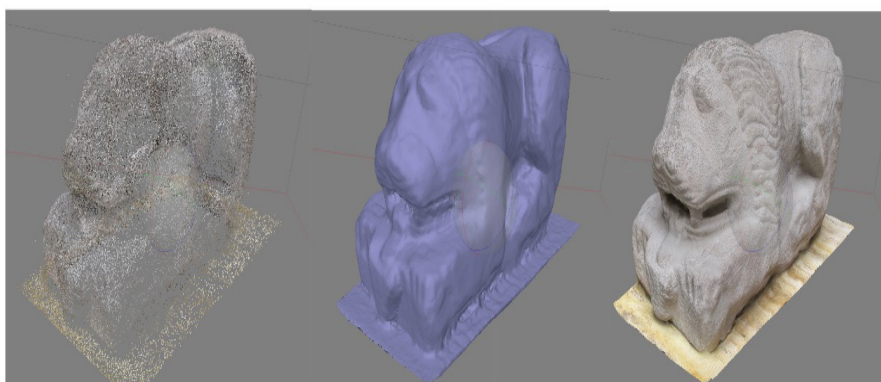


Fig. 3. Modelo tridimensional de la escultura “León ibero-romano”, Museo Arqueológico de Linares. Toma de datos fotográficos y levantamiento fotogramétrico: Libertad Serrano Lara)

Serán los técnicos de conservación y catalogación quienes junto al equipo de representación gráfica decidan las posibilidades de análisis, reconstrucción, restitución o anastilosis virtual que ofrecen las piezas. Planteándose los posibles estudios lumínicos sobre la pieza, con el fin de obtener mejor análisis de algunos detalles, y las posibles escenografías que permitan el estudio o comprobación de la hipótesis de funcionalidad interpretada para las mismas. También durante esta fase se siguen respetando los principios de autenticidad y rigurosidad histórica⁶

⁵ La comisión Europea realizó la recomendación 27.10.2011 a todos sus miembros en la que se incluían algunos objetivos y consejos de empleo para la digitalización y conservación del patrimonio cultural. Se promovió la creación de más de 30 millones de objetos digitalizados, incluyendo las grandes obras maestras de Europa que ya no poseen derechos de autor. Accesible en: <http://www.europeana.eu/portal/>.

⁶ Tanto en los “Principios de Sevilla” como en la “Carta de Londres” las recomendaciones para la



mientras da comienzo el planteamiento de los últimos pasos en el recorrido de los modelos tridimensionales dentro del proyecto Forvm MMX, la difusión pública y el empleo didáctico.

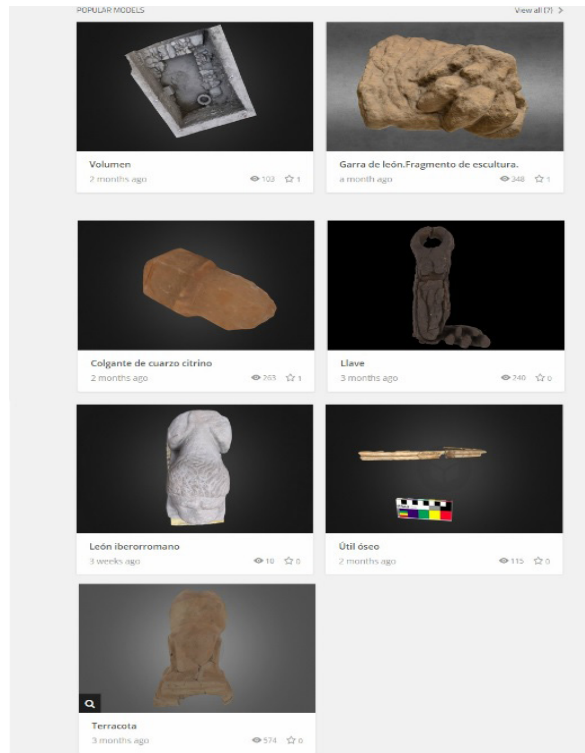


Fig..4. (Modelos 3D de elementos arqueológicos publicados en acceso abierto por FOR-VM MMX).

Actualmente asistimos a un interesante y enriquecedor debate acerca del empleo de modelos 3D obtenidos mediante levantamiento fotogramétrico en la difusión pública del patrimonio arqueológico, más allá de los límites que sean necesarios según el tipo de público para el que se plantea la aplicación virtual en la que se incluirá el objeto tridimensional. Esta discusión acabará lógicamente derivando en la necesidad de crear unos parámetros sobre los metadatos que deberán anexionarse a los mismos, así debe quedar constancia no sólo sobre el

creación y empleo del Patrimonio Cultural virtualizado apuntan las posibilidades que éste ofrecen en actividades de difusión pública basadas en fines de “espectacularidad” que pueden llegar a contradecir el sentido de investigación y la necesaria rigurosidad científica en un registro digital de elementos arqueológicos. Accesibles en :<http://www.arqueologiavirtual.com/carta/wp-content/uploads/2012/03/BORRADOR-FINAL-FINAL-DRAFT.pdf> Y en: http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_es.pdf



proceso de creación, fechas, software empleado, número de puntos en la nube densa, polígonos de la geometría o resolución del mapa de texturas, sino el propio material resultante de la toma de datos que lo genera, es decir, los archivos fotográficos RAW.⁷ De este modo permitimos que vuelvan a generarse nuevos modelos 3D cuando pueda accederse, y ocurre con celeridad, a nuevos software que actualicen y mejoren los resultados. De algún modo se reivindica el carácter flexible que las herramientas tecnológicas aportan a la interpretación arqueológica y la reversibilidad en la restauración virtual.

En cualquier caso nuestro planteamiento en los trabajos de difusión pública es el de crear una nueva experiencia (virtual) que permita el acercamiento a la antigua ciudad de Cástulo a través de los objetos arqueológicos en ella hallados. Puede que de un modo más participativo gracias a las plataformas online Sketchfab o Youtube pero nunca con la intención de sustituir la exposición real de las piezas.⁸

A continuación ofrecemos una tabla sobre las aplicaciones al estudio arqueológico y los trabajos de difusión realizados con cada pieza objeto de estudio incluida en este artículo , así como los enlaces actuales en la plataforma web donde han sido publicados.

Autores del modelo 3D.Objeto y código de registro en Toowaste.	Aplicación al estudio y difusión.	
Fotografía: J.M. Pedrosa Fotogrametría y renderizado: L. Serrano	<ul style="list-style-type: none">• Anástilosis virtual	https://www.youtube.com/watch?v=L-cAi_nebw2k

7 Sobre este aspecto reflexionan varios autores en la obra colectiva “Vision of Substance” editada por la Universidad de Dakota Norte donde se proponen una serie de principios para el diseño de las bases de datos de los modelos tridimensionales arqueológicos. Accesible en:<https://mediterraneanworld.wordpress.com/2015/01/19/visions-of-substance-3d-imaging-in-mediterranean-archaeology-the-book/>

8 “A good surrogate is not merely a copy: it is supposed to provide, in some sense, access to the original, now made ubiquitous and opened for inspection on a level of detail that the original itself might not allow”.A.RABINOWITZ. Vision of Substance. 3D Imaginig in Mediterranean Archaeology. The University of Dakota, 2015. Pág. 29



Autores del modelo 3D.Objeto y código de registro en Toowaste.	Aplicación al estudio y difusión.	
<p>1.Útensilio.</p> <p>Asta de ciervo. 0013006204</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PDF Catalogación • Video para difusión pública • Sketchfab junto a escala de color en redes sociales • Página web de contenido didáctico 	<p>http://radiocastulo.grupoharwin.com/</p>
<p>2. Figura de terracota.</p> <p>0013009115</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sketchfab • Edición lumínica • 3Dpdf para catalogación • Página web para actividades docentes 	<p>https://sketchfab.com/models?q=forvm_mmx</p> <p>http://radiocastulo.grupoharwin.com/</p>

Casos de estudio, levantamiento fotogramétrico aplicados al estudio de catalogación y restauración arqueológica

Para la participación en este encuentro y a modo ejemplificativo elegimos dos casos significativos de artefactos elementos materiales hallados durante la campaña de excavación de 2013 llevada a cabo por el proyecto Forvm MMX.

El levantamiento fotogramétrico de los mismos supuso en ambos casos un verdadero ejercicio de trabajo en equipo.

En primer lugar, hacemos referencia a una pieza elaborada en terracota, consignada con la sigla 0013009115.

En segundo lugar, una pieza elaborada en soporte óseo, consignada con el número de registro 0013006204, que fue recuperada en varios fragmentos y, dada su fragilidad, conlleva un dilatado proceso de restauración, labor que también es descrita con detalle en este artículo.



Figura de terracota portante de instrumento musical, sigla 00130009115

Localizada durante la campaña 2013 en el área 2 del yacimiento de Cástulo, el objeto apareció en un nivel de tapiales muy erosionados, correspondiente a la última fase tardorromana del yacimiento, fechada entre los siglos IV-V d.C. La pieza se corresponde con una figura humana, de apenas medio kilo de peso, elaborada mediante molde univalvo. La terracota representa a una figura sedente, entronizada, vestida con túnica corta, y que porta entre sus manos un artefacto, que en un primer momento presentó, por su singularidad, algunos problemas de identificación. La restauración efectuada permitió reintegrar casi la totalidad de la pieza, a excepción de la cabeza. Dicho proceso contribuyó a acrecentar el conocimiento inicial, y facilitó la identificación de muchos de los detalles propios de la figura, como la posición de sus miembros, el tipo de asiento, el podio sobre el que reposan sus pies, el tipo de vestimenta, etc.

El primer paso para el levantamiento fotogramétrico es la toma de datos, realizada con un objetivo MicroNikor, distancia focal de 60mm y un diafragma (22-32). El principal reto en esta pieza consistió en procurar un número y tipo de tomas que permitiera observar el interior de la pieza tanto desde la base como en la zona de fractura localizada en el cuello de la figura, puesto que no conservaba la cabeza. Con un total de 75 imágenes se obtuvo una nube densa de 5.953.746 puntos mediante la elección de una resolución alta en la generación de la malla (90.000 polígonos) ofrecida por el programa empleado, Agisoft Photoscan.⁹ La geometría final del modelo poligonal presenta 595.680 vértices y 1.190.748 caras, lo que permitió una magnífica calidad en el posterior proceso de obtención del mapa de texturas que permite el visualizado y análisis a los compañeros de catalogación.



Fig. 5,6 y 7. Edición lumínica y renderizados mediante *Blender* sobre el modelo tridimensional de la figura de terracota con código de registro, 00130009115. Fotografía empleada en la generación del modelo fotogramétrico).

⁹ La resolución de la malla y de la textura es editable por el usuario, permitiendo un número mayor que el considerado alto por el software de levantamiento fotogramétrico empleado, en este caso, ante la calidad del modelo final obtenido no fue necesario aumentarlo.



En este punto consideramos que mediante la virtualización de la figura se podrían identificar otros aspectos más complicados de esclarecer a simple vista. Para llevar a cabo la aplicación de varios filtros, así como la realización de diferentes pruebas lumínicas, convertimos el archivo a un objeto importable en el programa de dibujo asistido Blender. Una vez asignadas las coordenadas virtuales, pudimos proyectar sobre la pieza haces de luz desde varias posiciones que contribuyeron a identificar, finalmente, el objeto que la figura portaba entre sus manos.

En efecto, el objeto que sujeta la figura representa un instrumento musical de cuerda, con mástil y caja de resonancia. La bibliografía, no excesivamente profusa en este caso, si hacía referencia a la existencia de un instrumento musical, conocido como pandoura o pandura, el antepasado de la guitarra actual. Conocido desde tiempos remotos, con algunos ejemplos primigenios en Mesopotamia, llega al mundo clásico a partir del siglo IV a.C., desde donde se difunde por todo el Mediterráneo, teniendo constancia de su presencia en la Península Ibérica, aunque con algunas dudas, antes de la llegada de Roma. (ROMÁN RAMÍREZ. 2011)

Las labores de digitalización de la pieza y el análisis virtual de la misma también contribuyeron al estudio de la gestualidad de la figura, pudiéndose establecer, incluso, que la posición de las manos indicaba una actitud o pose directamente ligada con el tañido del instrumento.



Fig. 8. Anotaciones de carácter divulgativo para la publicación del elemento singular, con código de registro 00130009115, como modelo 3D).

A pesar de encontrarnos ante una disciplina muy extendida en la sociedad romana, momento en el que se elabora la pieza, el registro arqueológico ligado a la coroplastia no nos ha aportado, hasta la fecha, muchos ejemplos próximos a la pieza en cuestión. Sin embargo, sí encontramos referencias más precisas en el campo de la escultura. Así, contamos con la existencia de bajo-relieves alusivos a



instrumentos musicales similares en sarcófagos conservados en el British Museum de Londres o el Museo Arqueológico de Arlés, en Francia, por citar algunos de los más conocidos. Sin lugar a dudas uno de los ejemplos más próximos lo conforma una estela conservada en el Museo Nacional de Arte Romano de Mérida. Dicha inscripción funeraria presenta un campo figurativo por encima del texto, en el que se representa a la difunta, una joven, Lutatia Lupata, que aparece tocando un instrumento de cuerda con mástil, muy similar al representado en la terracota. (GARCÍA Y BELLIDO. 1957:233-244)

Por la originalidad y carácter excepcional que supuso el análisis formal de la obra se consideró interesante para un amplio público el acceso directo a su modelo tridimensional y, de este modo, a una síntesis del estudio de catalogación que permitía compartir de un modo más completo el hallazgo. Es preciso mencionar que el grado de interés de los propios ciudadanos de la ciudad de Linares y municipios circundantes es muy alto, parejo a su grado de implicación directa en labores de voluntariado dentro del propio Conjunto Arqueológico de Cástulo. De ahí la pretensión de su publicación en diferentes redes sociales, aportando información científica a la altura de las expectativas y resultando amena al mismo tiempo, con el fin de despertar el interés del público que, en general, disfruta el Patrimonio Cultural.

Utensilio óseo, sigla 0013006204

Exhumado durante la campaña 2013 sobre el suelo de una habitación cuya ocupación, gracias al análisis de la cerámica, el repertorio numismático y los elementos metálicos que completaban el conjunto, fue fechada entre finales del siglo IV y la primera mitad del siglo V d.C. En la actualidad se barajan varias hipótesis acerca de la funcionalidad de esta estancia, aún no excavada en su totalidad, y que forma parte de un gran complejo de época tardorromana. El utensilio se encuentra realizado sobre asta de ciervo, concretamente, sobre una de las luchaderas o puntas iniciales de la osamenta de este animal. El proceso de pulido que se observaba, así como la decoración conservada, llamaron poderosamente la atención al equipo, puesto que, dentro del registro arqueológico recuperado, no teníamos hasta el momento una pieza similar.

Esta pieza, fue exhumada en varios fragmentos y, dada su fragilidad, supuso un dilatado proceso de restauración. La propia composición química y las características físicas del hueso, su deleznablez, higroscopicidad y porosidad, confieren al material óseo arqueológico una gran debilidad; la mayoría de las propiedades y factores de composición del suelo y los procesos de sedimentación condicionan de manera grave su estado de conservación que provocan daños como los que presentaba este caso. Se encontraron agrupados 12 fragmentos de lo que



parecía un objeto de hueso decorado con incisiones. Su ubicación, color, forma, decoración y parecidas formas de alteración nos hicieron pensar que pertenecían a una misma pieza y fueron tratados en conjunto. Los diferentes fragmentos encontrados, tras una cuidadosa extracción fueron depositados en un recipiente plástico hermético al que se le introdujo un hisopo de algodón humedecido para conservar una humedad relativa alta en su interior.

La pieza presentaba un mal estado de conservación y una grave debilidad estructural. Estaba incompleta, parecía conservar menos del 50% del total. Se encontraba poco consistente, presentando sequedad, fisuras y grietas, pérdidas de material en capas superficiales dejando huellas de cavernillas, concreciones de carbonato cálcico puntuales poco adheridas y depósitos de tierra superficiales.



Fig. 9(1) y 9(2). Estado inicial de una parte del útil óseo).

Una vez diagnosticadas las patologías de la pieza se estableció el tratamiento de conservación necesario, respetando en todo momento la pieza original dentro de los parámetros de reversibilidad e intervención mínima. En este sentido en el tratamiento del objeto se centró en la limpieza mecánica de las tierras y carbonataciones bajo la lupa binocular. Y sobre todo, en solucionar la falta de consolidación a base de inmersiones de los fragmentos en una disolución de resina acrílica en acetona.

Del total de doce fragmentos pudieron unirse todos entre si menos uno que por textura, color, fractura se pudo situar de manera bastante acertada aunque se decidió no colocarlo pues la pérdida de material lo hacía imposible sin una reintegración volumétrica. Los restantes presentan unos puntos de unión con una superficie de adhesión escasa para asegurar un buen agarre entre unos y otros por lo que hubiera resultado una composición inestable. Por esta razón hubiera sido un paso ineludible la reintegración volumétrica y de color si se hubiese optado por esta vía.



Para esta pieza de hueso en cuestión, sustentado por uno de los criterios fundamentales de la conservación que es la mínima actuación, se opta por la restauración real y virtual valiéndonos del modelado digital en 3D. Este sistema ha ayudado a solventar los problemas de montaje que hubiera supuesto una agresiva reintegración volumétrica, permitiendo, al mismo tiempo, el seguimiento de las modificaciones sobre la pieza.¹⁰

Anastilosis virtual de los tres fragmentos óseos y estudio de catalogación sobre el conjunto virtualizado

Lo más importante durante la toma de datos fotográficos que permite el procesos automático - obtención de puntos homólogos previa a la generación de la nube de puntos densa- era evitar los problemas derivados de la profundidad de campo necesaria para fotografiar unas piezas de forma alargada y pequeño tamaño. Tanto para la geometría poligonal como para el mapa de texturas es imprescindible la nitidez absoluta en el conjunto total de la pieza fotografiada. Para ello se empleó un objetivo de 60 mm micro-nikkor que permite un diafragma cerrado en el rango de $f/42$ ó 36 . A continuación presentamos los datos básicos obtenidos en el levantamiento fotogramétrico de cada pieza que nos permitirá realizar comparaciones sobre el modelo final, en el que reconstruimos la forma original del utensilio, mediante la unión virtual de los tres fragmentos.

	Tamaño de pixel	Nº de imágenes	Resolución en malla	Resolución en textura	Nº Puntos: nube densa	Nº Caras: malla
Fragmento óseo I	104M	40	90.000	4096	109.214	17.875
Fragm. II	104M	76	90.000	4096	342.125	50.002
Fragm. III	104M	90	90.000	4096	771.728	50.010

El objetivo era conseguir la reintegración de la pieza que permitiera aproximarnos a la forma, especialmente su curvatura, y tamaño que el objeto presentaba durante su “vida útil”. Para ello exportamos los tres modelos tridimensionales a un tipo de archivo importable a 3DMax - archivo obj - que respeta y conserva sus mapas de texturas. El resultado sería compartido con el compañero de catalogación, pretendiendo facilitar las labores de análisis morfológico previo a la

¹⁰ Aportaciones todas ellas beneficiosas para la restauración siempre y cuando se haga un buen uso de estas N.N.T.T. que deben servir como un medio no como un fin, nunca sustituir al objetivo último que es la conservación y exposición de las piezas, sino complementarlo. J.M. TEJADO SEBASTIÁN, J.M. “El escaneado en 3D y prototipo de piezas arqueológicas: Las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico” en IBERIA, nº 8, 2005, p.p. 135-158.



creación de su ficha genérica.¹¹ La elaboración de esta ficha, desarrollada por el propio proyecto Forvm MMX, se adecúa en gran parte a los campos preestablecidos en la base de datos digital DOMUS¹² a la cual se exporta la información. Y es en ella dónde basamos la información que pretendemos transmitir, de forma didáctica, en las labores de difusión pública para las piezas singulares digitalizadas.

A través de la la anastilosis virtual, permitida por la reintegración efectuada en su restauración, se presenta una primera imagen aproximativa del objeto, del que se conserva aproximadamente 20 cm., casi la totalidad del mismo en origen.



Fig. 10. Renderizado para la anastilosis virtual de los diferentes fragmentos con código de registro 0013006204).

11 Este análisis recopila todos los datos posibles acerca del elemento, partiendo lógicamente de una definición arqueométrica y morfológica, hasta un análisis tipológico. Ambos aspectos son esenciales para la elaboración de una cronología particular y general, además de la propia contextualización del elemento, tanto dentro del yacimiento como en el propio conjunto próximo al hallazgo, indicando la relación existente del mismo con otros materiales próximos y en su mismo locus espacio-temporal.

12 Accesible en: <http://www1.ccd.juntaandalucia.es/culturaydeporte/WEBDomus/domus.do?Ing=es&musid=12>



La curvatura, propia del soporte en el que fue elaborado, así como el trabajo de biselado, pulido y elaboración de elementos decorativos (con incisiones de espigas o *chevrones*), nos pusieron sobre la pista de piezas similares, relacionadas con la actividad textil, hecho que, obviamente, tuvo y ha tenido siempre una especial importancia dentro de la vida doméstica. La pieza fue utilizada presumiblemente como punzón de tejedor (*poinçon de tisserand*, *picker-cum-beater*), elemento que servía para aliviar la tensión existente entre la trama y la urdimbre del telar, favoreciendo de esta manera el hilado y confección de tejidos. Su decoración es principalmente funcional: evitar su deslizamiento entre los hilos durante todo el proceso, favoreciendo así su fijación.(GUTIÉRREZ CUENCA. 2010:261-268).

De estos instrumentos textiles contamos con abundantes paralelos, siendo una pieza relativamente habitual y con una morfología genérica, sin apenas variaciones sustanciales desde época prerromana a la Edad Media. Como bien es sabido, tanto el proceso de hilado como la manufactura textil, íntimamente ligados a la vida cotidiana doméstica, son de los aspectos mejor representados dentro del registro arqueológico de muchos yacimientos. Con respecto al soporte y materia prima utilizado, la industria ósea hunde sus raíces en tiempos paleolíticos, por lo que estamos hablando, en ambos casos, de un espectro social ciertamente cercano y con amplia representación.

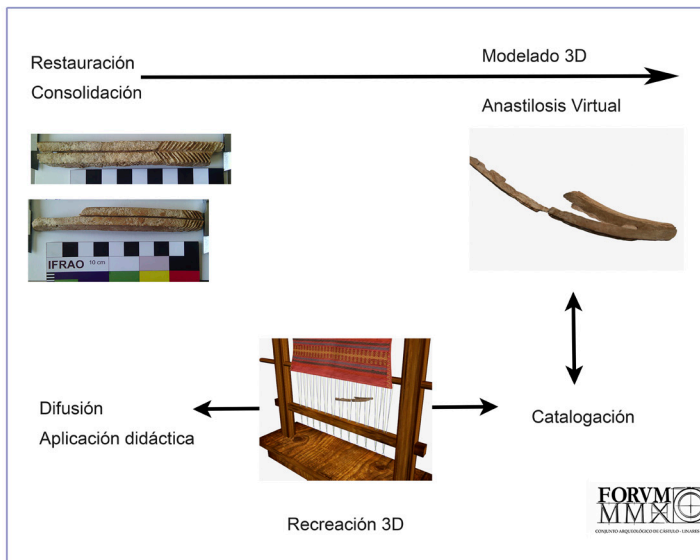


Fig.11. Diagrama sobre el recorrido interdisciplinar del punzón de telar.



Difusión pública mediante Arqueología Virtual

Atendiendo a las diferentes hipótesis funcionales propuestas en la ficha de catalogación comenzamos a plantear su adaptación a la difusión pública. Contemplamos las características de la pieza en sí, que por su estética resultaba una pieza original y novedosa dentro del conjunto de elementos arqueológicos singulares hasta entonces compartidos con el público mediante plataformas web. Nos interesaba mostrar el proceso de reconstrucción virtual tanto como crear un contexto escenográfico que permitiera comprender su función como punzón de tejedor. Creamos dos clips de vídeo en renderizados de 3DMax como fotografías individuales en archivos jpg, el primer clip permitía observar los puntos de unión de los tres fragmentos individuales y su restitución final. El segundo, mediante el modelado de un telar con fusayolas, permite recrear la posición que la pieza ocupaba entre la trama del mismo. En última instancia, el dibujo clásico arqueológico¹³ de un paralelo coetáneo confiere el carácter didáctico para el contenido del audiovisual, que al igual que nuestra filosofía de trabajo en equipo, conserva el respeto y aplicación de la representación gráfica clásica como una herramienta insustituible en el estudio y puesta en valor del Patrimonio Arqueológico.

Conclusiones

Valorar los resultados de la restauración de la pieza con anterioridad a la intervención de la misma, o poder enfrentar diferentes soluciones para futuros tratamientos de restauración, son opciones que se generan con la visualización digital de los artefactos arqueológicos. En el aspecto de la difusión pública las aplicaciones de la Arqueología Virtual ofrece iguales ventajas de rapidez y precisión documental que en el estudio arqueológico. La responsabilidad de no considerar estas herramientas como definitivas ayudará a re::estudiar en futuros programas informáticos la figura de un músico realizada en terracota y el utensilio óseo que en un espacio de producción tardoantigua comenzaron a tejer su Historia desde la antigua ciudad de Cástulo.

13 Se emplea el dibujo esquemático sobre el uso de un punzón de telar publicado en 1988 por Cuisinier y Guadagnin en "Un village au temps de Charlemagne. Moines et paysans de l'abbaye de Saint-Denis du VIIe siècle à l'an mil." Reunion des Musées Nationaux. Concretamente, la versión del mismo editada por Gutiérrez Cuenca.



Bibliografía

- J.M. BLÁZQUEZ. "Cástulo I y II: Excavaciones Arqueológicas en España." Madrid, 1975
- M. CASTRO *et alii.* "El sistema TooWaste, ver. 0 Tecnologías para la traslación arqueológica de las historias en la tierra".Cástulo en Movimiento. Primer avance del proyecto FORVM MMX. Revista 7 Esquinas. Vol. 6. Mayo. Linares, 2014. Pp.16
- A. D'ANDREA, F. NICCOLUCCI, K. FERNIE . "3D ICONS metadata schema for 3D objects." Newsletter di Archeologia CISA, Vol. 4. 2013. Pp. 159-181
- F. ESCRIBA ESTEBAN Y J.A. MADRID GARCÍA "El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la Conservación Restauración del Patrimonio". ARCHE. Publicación del Instituto universitario de restauración de Patrimonio de la UPV, N° 4 y 5. 2010
- A. GARCÍA Y BELLIDO. "Viaje arqueológico por Extremadura y Andalucía". Archivo Español de Arqueología, Vol. 30.Madrid, 1957. Pp. 233-244
- E. GUTIÉRREZ CUENCA Y J.A. HIERRO GÁRATE. "Instrumentos relacionados con la actividad textil de época tardoantigua y altomedieval en Cantabria". Munibe Antropología-Arqueología. Vol. 61. San Sebastián, 2010 Pp. 261-288.
- J.L. KIMBALL 3D Delineation. A modernisation of drawing methodology for field archaeology. Master's Thesis in Archaeology Department of Archaeology & Ancient History Lund University, 2014.
- C. PAPADOPOULOS, E. PALIOU, A. CHRYSANTHI, E. KOTOULA." Research in the Digital" Age Proceedings of the 1st Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Greek Chapter (CAA-GR) Rétino, Creta, 2014.
- A. ROMÁN RAMÍREZ La música en la Iberia Antigua. De Tartessos a Hispania. Granada, 2011.
- J. M. TEJADO SEBASTIÁN, J.M. "El escaneado en 3D y prototipo de piezas arqueológicas: Las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico" . *IBERIA*, nº 8 , 2005. Pp. 135-158.
- A.RABINOWITZ *et alii* "Vision of Substance. 3D Imaginig in Mediterranean Archaeology." University of Dakota. 2015.

Nota: Último acceso a todos los enlaces en Abril de 2015.



EVOLUCIÓN HUMANA Y ANTROPOLOGÍA VIRTUAL: UNA PROPUESTA PARA LA DOCENCIA Y LA INVESTIGACIÓN

Alexia Serrano Ramos ^{1,3}; Jiménez Arenas, J.M. ^{1,2} y Esquivel Guerrero, J.A. ^{1,2,3}

Resumen:

Partiendo de la premisa de dinamizar ciertos recursos existentes en el Departamento de Prehistoria y Arqueología (la colección de réplicas osteológicas - cráneos - y un escáner 3D de superficie) nos propusimos como objetivo componer una colección virtual de referencia de materiales osteológicos accesible, comprensible y funcional, para enriquecer la formación teórico-práctica del alumnado, y contribuir a la mejora de la enseñanza de la evolución humana en los diferentes grados y posgrados de la Universidad de Granada, pero también válido para la investigación

Para ello, se procedió a digitalizar, con un escáner 3D de luz estructurada Artec2000, 25 réplicas de cráneos de individuos significativos para el estudio de la evolución humana y pertenecientes a los principales taxones extintos (australopitécinos –en sentido amplio- y *Homo*). Además, se realizaron fichas de cada uno de ellos con información relativa a su descubrimiento y adscripción, así como de algunas de las principales variables métricas craneales (volumen endocraneal, tres del neurocráneo y otras del tres viscerocráneo) que se hallaban dispersas en la literatura científica. Dicha información junto con las reproducciones digitales configuran una base de datos alojada en una página web “la craneoteca del Dpto. de Prehistoria y Arqueología de la UGR”, de libre acceso desde cualquier computadora con Internet (www.prehistoriayararqueología.es/craneoteca).

Palabras clave:

Cráneos, docencia, escáner 3D, evolución humana, nuevas tecnologías.

Abstract:

Based on the premise of boosting certain resources of the Department of Prehistory and Archaeology (the collection of osteological replicas – skulls – regarding Human Evolution and the 3D scan) we focused our aim in creating a virtual reference collection of the osteological material in an accessible, comprehensible, functional way, in order to improve the theoretical-practical training of students and therefore contribute to enrich teaching of Human Evolution in the different graduate and postgraduate studies at the University of Granada, but also suitable for Research.

1 Departamento de Prehistoria y Arqueología, UGR - alisera@correo.ugr.es

2 Instituto de la Paz y los Conflictos, UGR - jumajia@ugr.es

3 Laboratorio 3D de Modelización Arqueológica, UGR - esquivel@ugr.es



We proceeded to digitize, with Artec 2000, a 3d structured light scan, 25 skull replicas of significant individuals in the study of Human Evolution, belonging to the main extinct taxa (australopiths and *Homo*). In addition, we made a database with information concerning its discovering and taxonomic adscription, as well as some of the main metric variables concerning the cranium (endocranial volume, neurocranium and viscerocranium) that were dispersed in the scientific literature. All the information and the digital reproductions configure a database hosted in a web site "La craneoteca del Dpto. de Prehistoria y Arqueología de la UGR", free access from any computer with internet (www.prehistoriayarqueología.es/craneoteca).

Key words:

3D scan, human evolution, new technologies, skulls, teaching.

Introducción

El siglo XXI es sin duda el momento clave en cuanto a grandes avances tecnológicos y del desarrollo de internet y del mundo virtual. Numerosas aplicaciones tecnológicas del ámbito sanitario (TAC's), militar (drones), del ámbito recreativo (videojuegos, cine, realidad aumentada) o de las aplicaciones industriales (escáneres y máquinas de prototipado rápido) han comenzado a ser aplicadas al mundo de la Arqueología, con distintos objetivos y resultados.

Se puede definir la arqueología virtual como la disciplina científica que tiene por objeto la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico. Las nuevas tecnologías pueden ser una herramienta muy útil precisamente por su versatilidad en la metodología arqueológica. Por un lado permiten la documentación completa y la integración del material arqueológico, como en el caso del escaneo de niveles arqueológicos y los artefactos asociados a ellos que se llevó a cabo en diversos yacimientos del Paleolítico Medio en Francia (McPherron *et al.*, 2009) o en proyectos que utilizan las tecnologías digitales para obtener documentación más detallada (Doneus *et al.*, 2003; Martínez Lerones *et al.*, 2009; Mostaza *et al.*, 2010). También resultan muy útiles a la hora de realizar la sistematización de los análisis métricos e incluso minimizar los errores de medición (Morales *et al.*, 2013; Grosman *et al.*, 2008). Por otro lado, los modelos digitales son ampliamente utilizados en reconstrucciones y musealizaciones virtuales (Böhler *et al.*, 2008), ligados al desarrollo de la realidad virtual (VR) y que permite la interacción entre el público, los materiales arqueológicos y el escenario contextual (Barceló *et al.* 2000; Lepouras & Vassilakis, 2005; Bruno *et al.*, 2010). En este sentido las impresoras en 3D o de prototipado rápido resultan un valor añadido, permitien-



do la obtención transitar de la realidad virtual a la virtualidad real mediante la creación de réplicas. Asimismo, los modelos digitales pueden resultar muy útiles para realizar propuestas de restauración virtual, e incluso para monitorizar dicho proceso en elementos complejos, como en la conservación de corchos y otros materiales arqueológicos procedentes de yacimientos anegados (Stéphanie *et al.*, 2013). Incluso pueden facilitar la monitorización para la conservación general del patrimonio cultural, realizando escaneos periódicos que permitan estudiar las alteraciones que pueden poner en peligro su conservación, como en el caso extremo del teatro romano de Pinara, en el suroeste de Turquía, situado en una zona de peligro sísmico (Hinzen *et al.*, 2013).

Más específicamente, en el ámbito de la antropología, la paleontología y otros campos de estudios afines, los métodos *3D imaging* están permitiendo a los científicos mediante la adquisición de imágenes mediante tomografías computerizadas (TC), resonancias magnéticas (RM) e imágenes terahertzianas (THz) expandir e implementar sus investigaciones (Tocheri, 2009): (Allam *et al.*, 2011; Buisktra, 2010; Conlogue *et al.*, 2008; Faccia & Williams, 2008; Öhrström *et al.*, 2010; Panagiotopoulou, 2009; Saita *et al.*, 2011). Estas tecnologías presentan la desventaja de no ser portables (imposibilitando así el estudio de aquellos materiales que no se pueden transportar) y que el procesado y estudio de este tipo de imágenes 3D requiere de un software caro y de personal especializado. Con la generalización de los escáneres (especialmente en cuanto al precio de los dispositivos), la digitalización de homínidos fósiles y actuales y materiales osteológicos faunísticos ha sido ampliamente utilizado (Dawson and Levy, 2005; Hennessey and Stringer, 2002; Kappelman *et al.*, 2000, 2001; Larson *et al.*, 2009; Lyons *et al.*, 2000; Motani, 2005; Pfisterer *et al.*, 2007, 2008; Plyusnin *et al.*, 2008; Smith and Strait, 2008; Strait and Smith, 2009). En el ámbito de la investigación los modelos digitales están generalizándose en los análisis de elementos finitos, la anatomía comparada, la morfometría geométrica y las técnicas elípticas de Fourier (Friess, 2010; Garvin & Ruff, 2012; Hennessey *et al.*, 2002; Relvas *et al.*, 2011; Sholts *et al.*, 2011; Zollikofer & Ponce de León, 2002). Como alternativa de almacenamiento, catalogación y preservación, el registro digital de material óseo puede suponer una implementación en la conservación de estos frágiles restos en Museos y otras instituciones (Kuzminsky & Gardiner, 2012). A nivel de difusión, es obligatorio mencionar a *The Smithsonian Institution's Human Evolution Center*, en Washington D.C., donde se ha creado una extensa base de datos online de fósiles de primates y homínidos que está disponible para su visualización online y de manera gratuita. La posibilidad de impresión en 3D del material osteológico digital puede ser beneficiosa no sólo con objeto educativo o divulgador, sino también en la investigación. Tal es el caso del *Max Planck Institute of Evolutionary Anthropology*, donde han impreso una réplica de un diente humano en un tamaño veinte veces más grande que el original para facilitar el estudio de la morfología de las cúspides (<http://www.eva.mpg.de/evolution>). Una nueva vuelta de



tuerca vino de la mano de la ampliación del concepto de reconstrucción virtual. Se trataba de solventar un problema clásico en Paleontología y, por extensión, en Paleoantropología: la deformación, la fragmentación y los posteriores intentos de restauración y reconstrucción. Para ello, Christoph Zollikofer y Marcia Ponce de León, desde la Universidad de Zurich, comienzan a desarrollar un paquete informático interactivo que permite no solo la visualización y la segmentación, sino también la restauración virtual de los materiales (Zollikofer *et al.* 1995). Esto resulta primordial, si luego se pretende también aplicar un análisis para evaluar estadísticamente la variabilidad formal de los objetos. Así, para la cuantificación y caracterización topológica y matemática de los fósiles es fundamental que éstos no estén distorsionados y que cada una de las partes esté situada en el lugar correcto (Figura 1). De otra manera, debido a la sensibilidad a las variaciones formales de las herramientas usadas en morfometría geométrica, los análisis cuantitativos se verían seriamente comprometidos; también, las descripciones y comparaciones que se hicieran de los fósiles.

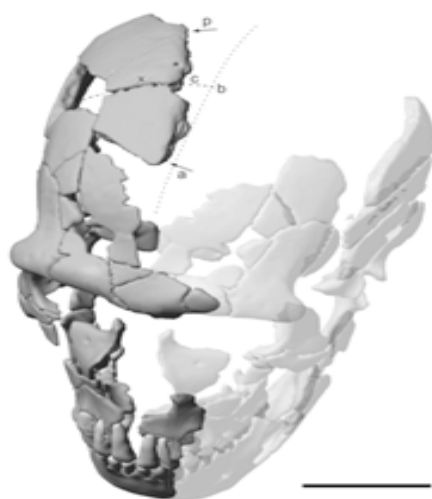


Fig. 1. Reconstrucción virtual del cráneo neandertal Saint Césaire 1. **a** y **p**: anteroposteriores límites de la herida; **c**: sutura coronal; **b**: bregma (Zollikofer *et al.* 2002).

Los resultados del equipo zuriqués han tenido una enorme repercusión científica y mediática, no solo para el caso de los neandertales (Zollikofer & Ponce de León 2002; 2008; Zollikofer *et al.* 2002), sino también porque han participado en algunos de los debates más interesantes de la Paleoantropología: el estatus taxonómico y forma de locomoción del primer homínido fósil conocido, *Sahelanthropus tchadensis* (Toros Menalla, Chad) (Zollikofer *et al.* 2005) y la variabilidad de la población de *Homo* tempranos de Dmanisi (Georgia) (Lordkipanidze *et al.* 2013).



El uso exponencial de modelos digitales en la investigación relacionada con la Evolución Humana en parte se explica por el delicado estado de conservación de gran parte del registro fósil perteneciente a tiempos tan remotos. Esto se suma a lo disperso de las evidencias paleoantropológicas a lo largo de todo el globo, lo cual dificulta y restringe el acceso al material original a gran parte de los investigadores, y por descontado al alumnado y público en general.

Aunque en general, las colecciones de referencia son una herramienta fundamental en las ciencias naturales y sociales, pero especialmente en la arqueología, donde la identificación de artefactos, restos de fauna, pólenes y otros materiales es un componente base de análisis (Banning, 2000). Lo restringido del registro fósil humano ha favorecido la creación y disposición de colecciones de referencia para el estudio y difusión de los estudios sobre Evolución Humana. La realización de réplicas de los cráneos fósiles siempre ha formado parte por ello del proceso de estudio paleoantropológico. En ocasiones, como el caso de los cráneos de “el hombre de Pekin”, tras desaparecer los cráneos originales hacia 1941 en el contexto de la ocupación japonesa de China, sólo contamos con las réplicas que realizaron diversos investigadores (en nuestra colección contamos con la realizada por F. Weidenreich). Además, en cualquier museo del mundo es más que probable encontrar, en la sala de Prehistoria, la clásica vitrina que alberga las réplicas de los cráneos más explicativos del proceso de hominización, como es en el caso de la Sala II del Museu de Prehistòria de València o en el recientemente inaugurado *David H. Koch Hall of Human Origins* en el *Smithsonian's National Museum of Natural History* en Washington D.C. Asimismo, muchos centros de formación y/o investigación, como las universidades, suelen atesorar a lo largo de tiempo, colecciones de referencia que se pueden considerar fundamentales como materiales de apoyo tanto a la docencia como a la investigación. En el caso que nos ocupa, el Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada dispone de una colección de materiales, réplicas paleoantropológicas de gran calidad que se ha ido configurando a lo largo de la historia de esta institución.

Ejemplos como éste resultan fundamentales para la investigación de distintos aspectos biológicos y culturales durante la evolución de los homínidos, pero también se convierten en una herramienta altamente útil para la docencia en el ámbito de la Evolución humana, como por ejemplo en la capacitación para reconocer características anatomo-morfológicas significativas y distinguir la variabilidad. Llegados a este punto es necesario relacionar la estructural carencia de prácticas relacionadas con la Antropología física y la Evolución humana con las que cuentan las asignaturas de Arqueología o los nuevos planes de grado, al menos en nuestra universidad, aunque presumimos que extensibles a otros centros educativos, y de las que tanto se quejan los alumnos, sobre todo teniendo en cuenta el auge que los estudios sobre evolución humana están teniendo en los últimos años.



De momento estos materiales, guardados en el Departamento, tan sólo han sido utilizados como recurso de manera puntual en las prácticas de “Prehistoria I” y en la asignatura “Las comunidades de cazadores y recolectores”, quedando a nuestro juicio, muy desaprovechado el potencial didáctico de la colección.

A partir de lo dicho anteriormente, mostraremos el desarrollo y resultados del proyecto “Evolución Humana y Antropología Virtual” desarrollado y subvencionado en el marco de “Proyectos de Innovación y Buenas Prácticas Docentes” (2012) de la Universidad de Granada que se propone contribuir a la mejora de la enseñanza de la Evolución humana en los diferentes grados y posgrados de la Universidad de Granada. Asimismo, esperamos fomentar la iniciación a la investigación.

Específicamente el objetivo ha sido componer una colección virtual de referencia de materiales osteológicos accesible, comprensible y funcional, para implementar la formación teórico-práctica del alumnado, pero también válido para la investigación. Una herramienta que sea útil para la consulta formativa o de investigación debe ser potente y versátil, con protocolos claros de información y descripción, los cuales, en consecuencia, permitan una rápida respuesta ante cualquier cuestión planteada por los usuarios potenciales de la misma.

De igual forma, resultó necesario organizar la colección mediante un sistema de clasificación que permita un fácil acceso a cada ítem y a toda la información alfanumérica asociada al mismo. Por ello se replanteó la estructura de la colección desde dos perspectivas: primero, a partir del material existente y decidir qué tipo de objetivos formativos e investigadores se pueden conseguir del mismo; y segundo, plantear los protocolos de implementación del material, de modo que se adecuen a las necesidades y objetivos de dicha colección hasta convertirla en un referente completo amoldado a los fines perseguidos con la constitución de la misma.

Consideramos que la creación de un recurso como este supone un potente instrumento didáctico en el ámbito de la evolución humana que permite renovar y mejorar la metodología docente en prácticas en diversos grados universitarios (Historia, Biología, Geología, Antropología Social y Cultural e Ingeniería Informática), consiguiendo integrar de forma eficiente y efectiva la teoría y la práctica. Contamos con incrementar notablemente la capacidad de aprendizaje, ya que se convierte en una aprehensión directa de la información, siendo el propio alumnado el que recoge y visualiza la información que precisa para comprender los distintos aspectos anatómicos, morfológicos y morfométricos de cada uno de los huesos o complejos óseos concentrados en una sola actividad didáctica. Asimismo, esta clase tipo de herramientas resulta muy atractiva para el alumnado actual puesto que se trata de un tipo de soporte muy familiar para las nuevas generaciones.



Materiales: Colección de réplicas del Departamento

La colección de réplicas osteológicas del Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada se ha ido configurando a lo largo del tiempo a través de donaciones y adquisiciones. Principalmente está compuesta por la colección donada por Fernando Aparicio, y la otra gran remesa es fruto de adquisiciones del Departamento a través de diversos programas propios de la UGR y también de la Unión Europea, en una tienda especializada en réplicas osteológicas de gran calidad. La colección incluye ejemplares de primates, *Australopithecus*, *Kenyanthropus*, *Paranthropus* y *Homo*. Principalmente son réplicas craneales: cráneos (completos y calvarias) y mandíbulas (en ocasiones asociadas al mismo individuo aunque estén separadas). Existen algunas réplicas de parte del esqueleto postcraneal de algunos individuos destacando el KNM-WT 15000.

El primer paso del proyecto consistió en inventariar la colección y seleccionar aquellos especímenes que podían ser incluidos en el proceso de digitalización. Algunos ejemplares estaban repetidos al combinar las dos pequeñas colecciones. En estos casos se utilizaron los ejemplares de las adquisiciones más recientes. La Tabla 1 recoge la relación de individuos digitalizados.

Especie	Especimen	P. osteológica	Yacimiento	Colección
<i>Kenyanthropus playtops</i>	KNM-WT 40000	cráneo	Lago Turkana, Kenia	2
<i>Australopithecus afarensis</i>	Reconstr. T. White	cráneo	[Hadar, Etiopía]	1
<i>Australopithecus africanus</i>	Taung 1	frontal y maxilar	Taung, Sudáfrica	1
<i>Australopithecus africanus</i>	Sts 5	cráneo	Sterkfontein, Sudáfrica	1
<i>Paranthropus aethiopicus</i>	KNM-WT 17000	cráneo	Lago Turkana, Kenia	1
<i>Paranthropus robustus</i>	SK 48	cráneo	Swartkrans, Sudáfrica	1
<i>Paranthropus bosei</i>	KNM-ER 406	cráneo	Koobi Fora, Kenia	2
<i>Homo habilis</i>	KNM-ER 1813	cráneo	Koobi Fora, Kenia	1
<i>Homo habilis</i>	OH-24	cráneo	Olduvai, Tanzania	2
<i>Homo ergaster</i>	KNM-WT 150000	cráneo	Lago Turkana, Kenia	1
<i>Homo ergaster</i>	KNM-ER 3733	cráneo	Koobi Fora, Kenia	1
<i>Homo erectus</i>	Trinil 2	calvaria	Trinil, Java	2



Especie	Especimen	P. osteológica	Yacimiento	Colección
<i>Homo erectus</i>	Sangiran 17	Calvaria + maxilar	Sangiran, Java	2
<i>Homo erectus</i>	OH-9	calvaria	Olduvai, Tanzania	2
<i>Homo erectus</i>	Reconstr. Weidenreich	cráneo	Zhoukoudian C.I. China	1
<i>Homo georgicus</i>	D2700	cráneo	Dmanisi, Georgia	2
<i>Homo heidelbergensis</i>	Steinheim 1	cráneo	Wurttemberg, Alemania	2
<i>Homo heidelbergensis</i>	Craneo nº 5 SH	cráneo	Atapuerca, España	2
<i>Homo floresiensis</i>	LB1	cráneo	Isla de Flores, Indonesia	2
<i>Homo neanderthalensis</i>	Teshik Tash	cráneo	Bajsun-Tau, Uzbekistán	2
<i>Homo neanderthalensis</i>	La Chapelle-Aux-Saints	cráneo	Corréze, Francia	2
<i>Homo neanderthalensis</i>	Quina H18	cráneo	Charante, Francia	2
<i>Homo sapiens</i>	Skhul V	cráneo	Monte Carmelo, Palestina	1
<i>Homo sapiens</i>	Cro-magnon 1	cráneo	Dordogne, Francia	1

Tabla 1. Ejemplares de la colección utilizados en la Craneoteca; adscripción taxonómica según el inventario del Depto. de Prehistoria y Arqueología; la identificación del ejemplar; parte esquelética digitalizada; yacimiento y país de procedencia; y colección del Depto. a la que corresponde (el nº 1 es para la colección más antigua – denominada Fernando Aparicio – y el nº 2 son las nuevas adquisiciones de “Paleomundo”).

Los ejemplares son especímenes muy ilustrativos del proceso de evolución humana. Se utilizan puntualmente como recurso complementario en las prácticas de algunas asignaturas de Prehistoria en diversos grados de la UGR. Pero la mayor parte del tiempo, la colección de réplicas osteológicas se encuentra almacenada en un despacho del departamento.

Métodos: Escáneres 3D. El proceso de digitalización

Para crear la colección virtual hemos empleado un escáner de luz estructurada 3D de *low range*, el Artec 2000. Esta herramienta permite capturar la emisión de algún tipo de luz o radiación hacia el objeto para así detectar la reflexión que



genera (escáneres activos). Es decir, implica la medición de puntos de un objeto en un sistema de coordenadas en 3D adquiriendo la forma y características de un objeto mediante la proyección de un patrón de luz y su registro en un sistema de adquisición. Además, el escáner incorpora una cámara digital, con una resolución de 1280x800 píxeles. Esto permite la obtención de imágenes en color que permiten generar posteriormente la textura real del elemento escaneado.

La velocidad de captura oscila entre 7 y 15 fotogramas por segundo, trabajando de manera óptima en un rango de distancia comprendido entre 0.40 y 2 metros y con un error máximo de 0.5 milímetros. Este tipo de escáner sin contacto emplea señales lumínicas que se propagan en el medio, implicando una menor distorsión de la pieza. Como desventaja, resulta dificultoso el escaneo de elementos cuya superficie sea de color negro, ciertos materiales transparentes o con demasiado brillo.

Artec Studio es el software de referencia del escáner con el que se ha realizado el procesamiento de los datos tridimensionales, y que dispone de forma integrada de los algoritmos, comandos y operaciones necesarias para el registro, tratamiento y almacenamiento de los datos y resultados.

El proceso de digitalización con ARTEC 2000 consta de diferentes fases aunque presenta un alto grado de automatización (Figura 2). Tras unos meses de pruebas establecimos un protocolo funcional, eficiente y que optimizaba el proceso y nos permitía obtener resultados homogéneos. En nuestro caso decidimos colocar el elemento a escanear en una plataforma estática y mover el escáner alrededor, controlando la distancia escáner – objeto, la inclinación y la velocidad del movimiento para realizar un escaneado más eficiente y eficaz.

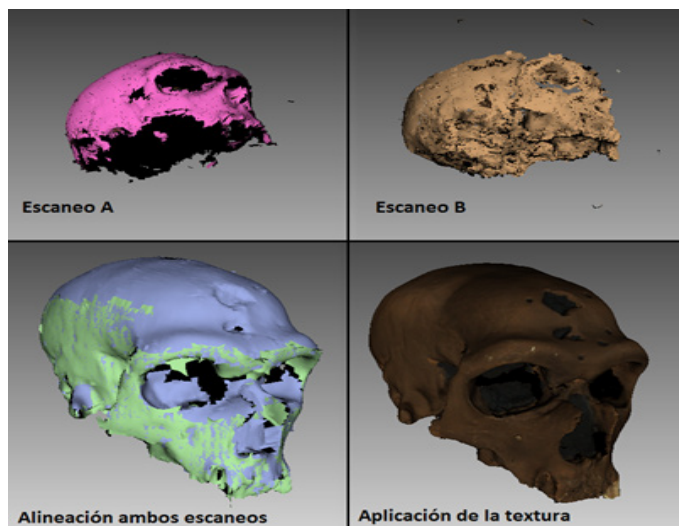


Fig. 2. Se muestra los pasos más importantes del proceso de digitalización: los diferentes planos, la alineación y la texturización del modelo.



El siguiente paso consiste en la adquisición de los datos. Se escanean los diferentes planos del elemento. Por lo general hemos realizado dos, un plano superior y uno inferior (colocando el cráneo sobre una estructura ligeramente convexa para que se sostuviese). Es necesario obtener zonas que se solapen para luego poder unirlos, aunque el algoritmo de registrado es bastante flexible y tolerante a fallos. Reducir el número de planos al máximo nos permitía poder trabajar con ficheros ligeros que no daban problemas de procesado con nuestro sistema operativo.

Los ficheros resultantes están formados por una nube de puntos, que suelen incluir información referente al lugar de escaneo, por lo que hay que realizar una limpieza del ruido para eliminar todos aquellos puntos que no tienen relación con el elemento escaneado.

Posteriormente es necesario llevar a cabo el registro de los datos. Para ello se realiza la alineación de los distintos escáneres a partir de puntos comunes en un único sistema de coordenadas. Después, el algoritmo *global optimization of frame positions* selecciona un conjunto de puntos geoméricamente únicos de cada marco y, comparándolos entre ellos, obtiene información relativa de cada par de marcos. Entonces optimiza la posición de todos los marcos en un sistema de coordenadas global, corrigiendo errores y fallos del alineamiento.

Los escaneos originados deben integrarse en un modelo geométrico único mediante un algoritmo que interpola entre múltiples vistas formando un único modelo geométrico 3D en base a triángulos en una denominada “concha”. Se puede configurar la resolución/tamaño de la triangulación de la cuadrícula en milímetros. Una vez completada la fusión es conveniente comprobar posibles defectos del modelo 3D para eliminarlos: filtro de *outliers*, rellenado de pequeños agujeros y alisado de superficies.

Finalmente, el modelo digital está listo para ser exportado. Se puede hacer en diversos formatos, como .PLY (archivo de polígonos, en alta resolución se puede utilizar con fines de archivo y de investigación), .OBJ (objeto 3D, ampliamente utilizado para la visualización tridimensional), .STL (que es el formato utilizado para la impresión 3D), y que generalmente pueden ser legibles/utilizados en diferentes software y dispositivos online. En nuestro caso, exportamos los modelos digitales en .PLY para su almacenamiento, y para la visualización de la colección utilizamos los formatos .OBJ con las texturas asociadas .MTL y .PNG.

La principal dificultad del proceso de digitalización viene determinada tanto por la topografía de los cráneos (concavidades y convexidades profundas que dificultan el proceso de escaneado), lo que en ocasiones ha imposibilitado la obtención de un modelo en 3D de calidad (como en el caso del ejemplar de *Sahelanthropus tchadensis*), o algunos colores (especialmente las zonas negras) y brillos, que han provocado pequeños fallos en la generación de las texturas.



Una de las ventajas al digitalizar los cráneos ha sido que, la forma y orientación de este complejo óseo es de fácil reconocimiento, de forma que se pueden trabajar con la nube de puntos sin sobrecargar demasiado los archivos. Por lo demás, tanto el manejo del escáner como del software son muy intuitivos y de rápido aprendizaje, de manera que logramos optimizar el proceso, logrando que en menos de 30 minutos pudiésemos obtener los datos, procesarlos y generar el modelo 3D texturizado.

Resultados: la craneoteca del Dpto. Prehistoria y Arqueología (UGR) en la web

El proyecto contemplaba la generación de una base de datos que recogiera la información disponible sobre cada individuo fósil y que ayudase a contextualizar los hallazgos. En primer lugar se realizaron fichas de cada uno de los individuos escaneados con información general relativa a su descubrimiento: nombre del ejemplar (y nombre popular si lo tiene), adscripción taxonómica, lugar del hallazgo, quién lo descubrió, quién lo presentó y la datación. También se recolectaron las principales variables métricas craneales, dispersas en la literatura científica: el volumen endocraneal, tres medidas del neurocráneo (longitud, altura y anchura máxima) y tres relativas al esplancocráneo (longitud facial, altura facial superior y anchura bicigomática). En todos los casos se indica la fuente de la que hemos sacado la información, que también está recogida en una pestaña a parte [bibliografía] en la página del proyecto. Además, se incluye en cada ficha la geolocalización del hallazgo (a través de mapas), siendo posible utilizar esta información como una variable para cuestiones ecogeográficas.

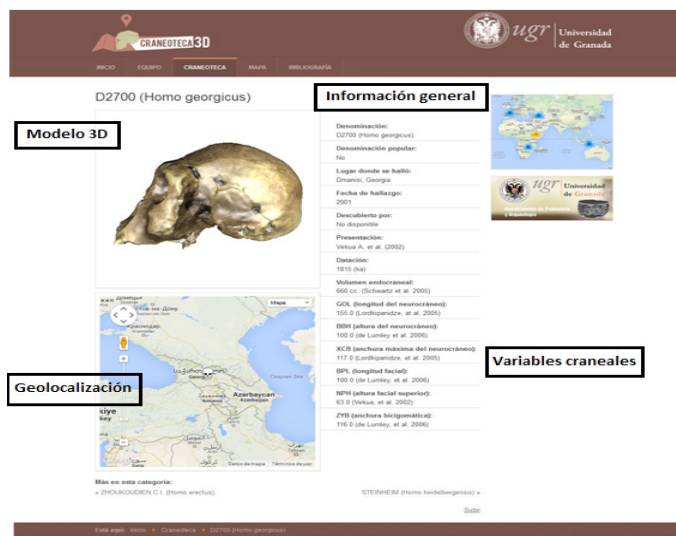


Fig. 3. Modelo de ficha (D2700) como aparece en la página web.



Dicha información, junto con las reproducciones digitales tridimensionales, configuran una base de datos alojada en una página web “la craneoteca del Dpto. de Prehistoria y Arqueología de la UGR”, de libre acceso desde cualquier computadora con Internet desde la página del departamento (www.prehistoriayarqueologia.es/craneoteca).

En la página web se recogen los objetivos del proyecto y el equipo que lo ha llevado a cabo. En la pestaña de “craneoteca” se muestran en mosaico entre 5 y 6 individuos por página (disponiendo por el momento de 4 páginas), con su nombre y adscripción taxonómica. Seleccionando cada individuo se accede a la ficha individual (figura 3) de cada uno, donde se recoge la información anteriormente descrita. Además de los mapas individualizados en cada ficha, hemos dispuesto una pestaña desde donde se accede a un mapamundi con la distribución de los yacimientos donde se han encontrado los fósiles de las réplicas digitalizadas. Los usuarios pueden interactuar con el mapa, por ejemplo, aumentando zoom en la zona elegida (efecto zoom) y enlazando desde los cráneos a la información sobre el cráneo en cuestión.

Tras un periodo de funcionamiento de la página hemos advertido algunos problemas. Para una correcta visualización de los modelos tridimensionales existen algunos requisitos, como tener un navegador web actualizado y una tarjeta gráfica reciente, con WebGL activado. Además, hay de que tener en cuenta que en la calidad del visionado de los modelos en 3D influyen las prestaciones del ordenador utilizado. Así, no en todos los ordenadores de las salas de informática de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Granada ha sido posible visualizar correctamente la página, lo que limita nuestro objetivo “globalizador”.

Se está considerando la posibilidad de crear las fichas en formato .PDF para repartir entre el alumnado, puesto que es un formato accesible y funcional (Niven *et al.*, 2009). Las últimas versiones del Adobe Acrobat (Reader 7.0 o superior y Profesional 8.0 o superior) incorporan la posibilidad de gestionar modelos tridimensionales, que permiten ser visualizados, ampliados y rotados, configurar diversos parámetros de la visualización (como la iluminación o el fondo) e incluso realizar proyecciones, mediciones y secciones. Se ha planteado realizar un archivo por cada individuo, incluyendo la información recolectada de cada uno, así como el modelo tridimensional, para evitar sobrecargar un único archivo, lo que dificultaría su uso. De esta manera, el alumnado dispondría de acceso a la craneoteca sin necesidad de internet, resultando un material docente extra muy atractivo y completo para el alumnado, quien dispondría de la libertad de relacionarse con la información a su elección.

Asimismo, contemplamos la posibilidad de implementar la colección mediante la digitalización de nuevos individuos, que puedan ser tanto nuevas adquisiciones del Departamento como fruto de intercambios colaborativos con otros centros. Los investigadores y los centros deberíamos imbuirnos de los conceptos



de libre acceso a la información y del compartir, aspectos muy ligados al desarrollo de internet, puesto que esto solo puede repercutir positivamente en la investigación y el conocimiento. Sin duda, los avances de esta era digital, en concreto las tecnologías 3D, permitirían la conservación de las colecciones óseas arqueológicas y la creación de bases de datos enormes para compartir. En este sentido ya se están dando los primeros pasos: se está trabajando en la creación de una gran “librería osteológica virtual” de esqueletos prehistóricos del continente americano (Kuzminsky y Gardiner, 2012) y que cuenta con disponer los modelos tridimensionales al resto de los investigadores.

Conclusiones

Lo fragmentario, disperso y delicado que resultan los restos óseos que nos informan sobre el proceso de hominización hace de este material algo único y restringido. Las colecciones de réplicas de estos cráneos es algo común en museos, universidades y otras instituciones y resultan una herramienta clave para su estudio y divulgación.

Las tecnologías 3D nos han permitido la posibilidad de generar una colección de referencia virtual, dándole una mayor visibilidad y uso. Si bien está claro que los modelos digitales no pueden sustituir el material original, sí están resultando muy beneficiosas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en particular en el apartado dedicado al aprendizaje independiente, lo que incluye la formación y el inicio de la investigación. La posibilidad de interactuar con los modelos tridimensionales y disponer de la información de forma libre puede estar mejorando la capacidad de aprendizaje y favorece el interés por el estudio de la evolución humana. Además la disposición de la colección en internet está incrementando la capacidad divulgativa de la misma, pudiendo el público general acceder a su uso.

Por tanto, la conjunción entre las tecnologías digitales y el mundo virtual-Internet, por un lado y la Arqueología y la Antropología (en sus vertientes investigadora, didáctica y divulgativa), por otro, contribuye de manera significativa a la democratización del conocimiento en un mundo hiperconectado.

Bibliografía

ALLAM, A.H., THOMPSON, R.C., WANN, L.S., MIYAMOTO, M.I., EL-HALIM NUR EL-DIN, A., ELI-MAKSOUND, G.A., AL-TOHAMY SOLIMAN, M., BADR, I., EL-RAHMAN AMER, H.A., SUTHERLAND, M.L., SUTHERLAND, J.D., THOMAS, G.S.: “Atherosclerosis in ancient Egyptian mummies: the Horus study”. *Journal of the American College of Cardiology* 4, 2011, pp. 315-327.



- BANNING, E.B.: *The Archaeologist's Laboratory: the Analysis of Archaeological Data*. Plenum Publishers, New York: 2000.
- BARCELÒ, A., FORTE, M., SANDERS, D.H. (Eds.): *Virtual reality in archaeology*, Archeopress BAR International Series 843, Oxford: 2000.
- BAYLAC, M., FRIESS, M.: "Fourier descriptors, Procrustes superimposition, and data dimensionality: an example of cranial shape analysis in modern human populations". In: SLICE, D.E. (Ed.), *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2005, pp. 145-165
- BETTS, M.W., MASCHNER, H.D.G., SCHOU, C.D., SCHLADER, R., HOLMES, J., CLEMENT, N., SMUIN, M.: "Virtual zooarchaeology: building a web-based reference collection of northern vertebrates for archaeofaunal research and education". *Journal of Archaeological Science* 38, 2011, pp. 755-762.
- BÖHLER, W., BORDAS VICENT, M., HEINZ, M., MARBS, A. y MÜLLER, H.: "High Quality Scanning and Modeling of Monuments and Artifacts". WSA2 Modelling and Visualization, WSA2.2 High Quality Scanning and Modeling of Monuments and Artifacts, Athens, Greece, May 22-27, 2004, pp. 1-17.
- BRETZKE, K. & CONARD, N. J.: "Evaluating morphological variability in lithic assemblages using 3D models of stone artefacts". *Journal of Archaeological Science*, 39(12), 2012, pp. 3741-3749.
- BRUNO, F., BRUNO, S., DE SENSI, G., LUCHI, M.M., MANCUSO, S., MUZZUPAPPA, M.: "From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition". *Journal of Cultural Heritage* 11, 2010, pp. 42-49.
- CONLOGUE, G., BECKETT, R., BAILEY, Y., POSH, J., HENDERSON, D., DOUBLE, G., KING, T.: "Paleoimaging: the use of radiography, magnetic resonance, and endoscopy to examine mummified remains". *Journal of Radiology Nursing* 27, 2008, pp. 5-13.
- DAWSON, P.C., LEVY, R.M.: "A three-dimensional model of a Thule Inuit whale bone house". *Journal of Fields Archaeology*, 30, 2005, pp. 443-455.
- DONEUS, M., NEUBAUER y W. STUDNICKA, N.: "Digital Recording of Stratigraphic Excavations", *Proceedings of XIXth International Symposium CIPA 2003 New perspectives to the save cultural heritage*, The CIPA International Archives for Documentation of Cultural Heritages 19, 2003, pp. 451-456.
- FACCIA, K.J., WILLIAMS, R.C.: "Schmorl's nodes: clinical significance and implications for the bioarchaeological record". *International Journal of Osteoarchaeology* 18, 2008, pp. 28-44.
- FRIESS, M.: "Calvarial shape variation among Middle Pleistocene hominins: an application of surface scanning in palaeoanthropology". *Comptes Rendus Palevol* 9, 2010, pp. 435-443.



- GROSMAN, L., SMIKT, O., & SMILANSKY, U.: "On the application of 3-D scanning technology for the documentation and typology of lithic artifacts". *Journal of Archaeological Science*, 35(12), 2008, pp. 3101–3110.
- GUNZ, P., MITTEROECKER, P., NEUBAUER, S., WEBER, G.W., BOOKSTEIN, F.L.: "Principles for the virtual reconstruction of hominin crania". *Journal of Human Evolution*, 57 (1), 2009, pp. 48-62
- HENNESSY, R.J., STRINGER, C.B.: "Geometric morphometric study of the regional variation of modern human craniofacial form". *American Journal of Physical Anthropology* 117, 2002, pp. 37–48.
- HINZEN, K.G., SCHREIBER, S., ROSELLEN, S.: "A high resolution laser scanning model of the Roman theatre in Pinara, Turkey – comparison to previous measurements and search for the causes of damage". *Journal of Cultural Heritage*, 14, 2013, pp. 424–430.
- KAMPEL, M., MARA, H., SABLATNIG, R.: "Robust 3D reconstruction of archaeological pottery based on concentric circular rills". In: Magnenat- Thalmann, N., Rindel, J.H. (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services (WIAMIS'05)*, Montreux, Switzerland, 2005, pp. 14-20.
- KAPPELMA, J., RYAN, T., ZYLSTRA, M., ALPORT, L., DEOLIVERIRA, M., GORDON, A., SCOTT, R.: "eSkeletons: a web-based platform for learning anatomical form and function". *American Journal of Physical Anthropology* 111, 192, 2000. Supplement. 30:192
- KAPPELMA, J., MAGA, M., RYAN, T., ZYLSTRA, M., ALPORT, L., FESEHA, M.: "A web site for the study of human and primate comparative anatomy". *American Journal of Physical Anthropology* 114, 88, 2001. www.e-Skeletons.org.
- KUZMINSKY, S.C., GARDINER, M.S.: "3D-dimensional laser scanning potential uses for museum conservation and scientific research". *Journal Of Archaeological Science* 39, 2012, pp. 2744-2751.
- LEPOURAS, G., VASSILAKIS, C.: "Virtual museums for all: employing game technology for edutainment". *Virtual reality* 8, 2005, pp. 96–106.
- LORDKIPANIDZE, D., PONCE DE LEÓN, M., MARGVELASHVILI, A., RAK, Y., RIGHTMIRE, P., VEKUA, A., ZOLLIKOFER, C.P.E.: "A Complete Skull from Dmanisi, Georgia, and the Evolutionary Biology of Early Homo". *Science* 10/2013; 342(6156):326-31
- LYONS, P.D., RIOUX, M., PATTERSON, R.T.: "Application of a three-dimensional colour laser scanner to paleontology: an interactive model of a juvenile *Tylosaurus* sp. basisphenoid–basioccipital". *Palaeontologia Electronica* 3, 2000, a4.
- MARTÍN LERONES, P., LLAMAS FERNÁNDEZ, J., MELERO GIL, A., GÓMEZ GARCÍA BERMEJO, J., ZALAMA CASANOVA, E.: "A practical approach to



- making accurate 3D layouts of interesting cultural heritage sites through digital models". *Journal of Cultural Heritage* 11, 2009, pp. 1–9.
- MCPHERRON, S.P., GERNAT, T., HUBLIN, J.J.: "Structured light scanning for high-resolution documentation of in situ archaeological finds". *Journal of Archaeological Science*, 36, 2009, pp. 19–24.
- MORALES, J.I., LORENZO, C. & VERGÈS, J.M.: "Measuring Retouch Intensity in Lithic Tools: A new proposal using 3D scan data". *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2013, DOI 10.1007/s10816-013-9189-0.
- MOTANI, R.: "Detailed tooth morphology in a durophagus ichthyosaur captured by 3D laser scanner". *Journal of Vertebrate Paleontology* 25, 2005, pp. 462–465.
- MOSTAZA PÉREZ, T.; ZANCAJO JIMENO, J.J.; LÓPEZ QUIROGA, J.; MARTÍNEZ TEJERA, A.: "Aplicación del escáner láser 3D a la documentación espacial de yacimientos arqueológicos". *Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría*, Teruel, 2010, 403-408.
- NIVEN, L., STEELE, T.E., FINKE, H., GERNAT, T., HUBLIN, J.J.: "Virtual skeletons: using a structured light scanner to create a 3D faunal comparative collection". *Journal of Archaeological Science* 36, 2009, pp. 2018–2023.
- ÖHRSTRÖM, L., BITZER, A., WALTHER, M., RÜHLI, F.J.: "Technical note: terahertz imaging of ancient mummies and bone". *American Journal of Physical Anthropology* 142, 2010, pp. 497-500.
- PANAGIOTOPOULOU, O.: "Finite element analysis (FEA): applying an engineering method to functional morphology in anthropology and human biology". *Annals of Human Biology* 36, 2009, pp. 609-623.
- PFISTERER, T., BOOKSTEIN, F.L., BREUCKMANN, B., SCHAEFER, K., VIOLA, T.B., WOERNER, H., SEIDLER, H.: "The variability of the proximal femur in carnivorines – a new 3D method for describing anatomical structures". *American Journal of Physical Anthropology* 132 (S44), 2007, pp. 188–189.
- PLYUSNIN, I., EVAN, A.R., KARME, A., GIONIS, A., JERNVALLI, J.: "Automated 3D phenotype analysis using data mining". *PLoS One* 3, 2008, e1742.
- RELVAS, C., RAMOS, A., COMPLETO, A., SIMÕES, J.A., 2011. "The influence of data shape acquisition process and geometric accuracy of the mandible for numerical simulation". *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering* 14, 2011, pp. 721-728.
- SAITOU, N., KIMURA, R., FUKASE, H., YOGI, A., MURAYAMA, S., ISHIDA, H.: "Advanced CT images reveal nonmetric cranial variations in living humans". *Anthropological Science* 119, 2011, pp. 231-237.
- SHOLTS, S.B., WALKER, P.L., KUZMINSKY, S.C., MILLER, K.W.P., WÄRM-LÄNDER, S.K.T.S.: "Identification of group affinity from cross-sectional con-



- tours of the human midfacial skeleton using digital morphometrics and 3D laser scanning technology". *Journal of Forensic Sciences* 56, 2011, pp. 333-338.
- SHOTT, M. J., & TRAIL, B. W.: "Exploring new approaches to lithic analysis: Laser scanning and geometric morphometrics". *Lithic Technology*, 35(2), 2010, pp. 195-220.
- SMITH, N.E., STRAIT, S.G.: "PaleoView3D: from specimen to online digital model. *Paleontologia Electronica* 11, 2008, 11A.
- STÉPHANIE, A., CRETTE, S.A., NÄSÄNEN, L.M., GONZÁLEZ-PEREYRA, N.G., RENNISON, B.: "Conservation of waterlogged archaeological corks using supercritical CO₂ and treatment monitoring using structured-light 3D scanning". *Journal of Supercritical Fluids*, 79, 2013, pp. 299-313
- STRAIT, S.G., SMITH, N.E.: "PaleoView3D: an interactive database of mammals from the Paleocene/Eocene boundary. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26, 2006, 129A
- TOCHERI, M.W.: "Laser scanning: 3D analysis of biological surfaces". In: SENSEN, C.W., HALLGRIMSSON, B. (Eds.), *Advanced Imaging in Biology and Medicine*. Springer-Verlag, Berlin, 2009, pp. 85-101
- WEBER, G.W., BOOKSTEIN, F.L.: *Virtual Anthropology: a Guide to a New Interdisciplinary Field*. Springer Wein, New York, 2011.
- ZOLLIKOFER, C P; PONCE DE LEON, M.S.: "Early Homo from Dmanisi and its relationship to African and Asian Homo erectus". In: INDRIATI, E. *Recent Advances on Southeast Asian Paleoanthropology and Archaeology*. Jakarta, 2008, pp. 61-69.
- ZOLLIKOFER, P.E., PONCE DE LEÓN, M.S., LIBERMA, D.E., GUY, F., PILBEAM, D., LIKIUS, A., MACKAYE, H.T., VIGNAUD, P., BRUNET, M.: "Virtual cranial reconstruction of *Sahelanthropus tchadensis*". *Nature*, 2005; 434(7034), pp. 755-9
- ZOLLIKOFER, P.E., PONCE DE LEÓN, M.S., VANDERMEERSCH, B., LEVEQUE, F.: "Evidence for interpersonal violence in the St. Césaire Neanderthal". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002; 99(9), pp. 6444-8
- ZOLLIKOFER, P.E., PONCE DE LEÓN, M.S.: "Visualizing patterns of craniofacial shape variation in *Homo sapiens*". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2002; 269(1493):801-7
- ZOLLIKOFER, P.E., PONCE DE LEÓN, M.S., MARTIN, R.D., STUCKI, P.: "Neanderthal computer skulls". *Nature*, 1995; 375(6529), pp. 283-5

<http://www.eva.mpg.de/evolution> última consulta 12/04/2016

<http://humanorigins.si.edu/evidence/3d-collection> última consulta 12/04/2016



PROCESO DE DIGITALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE UNA INSCRIPCIÓN ROMANA: EL CASO DEL CONTRAPESO DEL *TORCULARIUM* DE LOS PALACIOS (VILLANUEVA DEL PARDILLO, MADRID)

Miguel Fernández Díaz ¹, Mónica Major González ²
y Eduardo Penedo Cobo ²

Resumen:

Actualmente estamos asistiendo a un incremento en el uso de las nuevas tecnologías y es, sin duda, la fotogrametría digital, una de las técnicas más extendidas y usadas a la hora de documentar nuestro Patrimonio, por su accesibilidad y sencillez.

El objetivo del presente artículo es presentar el proceso de digitalización de un bien arqueológico. En concreto, estamos hablando del contrapeso perteneciente al *torcularium* del yacimiento romano de Los Palacios, excavado en 2013 en la localidad de Villanueva del Pardillo (Madrid). El bloque de granito tallado parecía contener una inscripción por una de sus caras, pero la erosión propiciada por el uso de la pieza en la prensa romana hacía casi imposible la lectura e identificación del epígrafe.

El conjunto de técnicas de documentación aplicadas nos permitió optimizar el visionado de la cara que contenía la inscripción. A tal fin, el modelo tridimensional obtenido tras el procesado fotogramétrico fue sometido a un estudio de luces virtuales. La investigación se completó con el uso de filtros de “falso color”.

Palabras Clave:

Fotogrametría, 3D, SFM, DStretch, epigrafía romana.

Abstract:

Nowadays we are observing an increase in the use of the new technologies and digital photogrammetry is one of the most widespread and used technologies when documenting our Heritage, for its accessibility and simplicity.

The aim of this paper is to present the process of digitization of an archaeological property. Specifically, we're talking about the counterweight belonging to the *torcularium* of Los Palacios, a Roman site excavated in 2013 in Villanueva del Pardillo (Madrid). The carved granite block appeared to contain an inscription on one of its faces, but erosion caused by the use of the stone in a Roman press made almost impossible the reading and identification of the epigraph.

The documentation techniques applied allows us to optimize the viewing of the face containing the inscription. To that end, three-dimensional model obtained

¹ Virtua Nostrum – virtuanostrum@gmail.com

² áqaba arqueólogos - mmajor@arqueologosaqaba.com & epenedo@arqueologosaqaba.com



after photogrammetric process was subjected to virtual lights. The research was completed with the application of “false color” filters.

Key words:

Photogrammetry, 3D, SFM, DStretch, Roman epigraphy.

El yacimiento de “Los Palacios”

En el año 2013, como consecuencia de las obras de construcción de una conducción de agua desde el Canal de Valmayor a Villanueva de la Cañada, se llevó a cabo una actuación arqueológica consistente en la excavación del yacimiento de Los Palacios (Villanueva del Pardillo, Madrid), identificado en la Carta Arqueológica de la Comunidad de Madrid desde 1988. Los trabajos de excavación fueron aplicados únicamente sobre la banda afectada por la conducción hidráulica.³

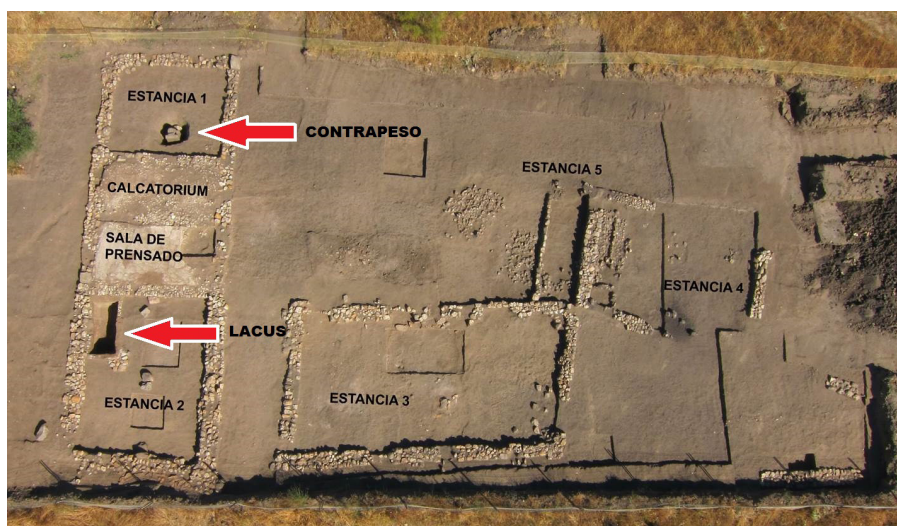


Fig. 1. Toma aérea del yacimiento de Los Palacios (Villanueva del Pardillo).

El yacimiento de Los Palacios constituye un asentamiento de carácter rural de época romana, en el que fue posible identificar el núcleo principal de las dependencias destinadas a la elaboración de vino. Este *torcularium* o lagar es uno de los espacios definidos para este tipo de actividades productivas según los diferentes procesos asociados a la producción vinícola (Fig. 1). Nos encontramos

³ ÁQABA ARQUEÓLOGOS: “Memoria final arqueológica – Excavación del yacimiento Los Palacios (CW0177/006) en Villanueva del Pardillo, Madrid. Proyecto de construcción *Refuerzo de la arteria Canal de Valmayor-Navalcarnero. Tramo I: Canal de Valmayor–Villanueva de la Cañada. Madrid*”. EXPTE. 0606/09.



con una sala destinada al estrujado o pisado de la uva, denominada en término latinos como *calcatorium*; contigua a ésta, y a un nivel ligeramente inferior, fue documentada una estancia de prensado, donde se procedía a un mayor aprovechamiento del fruto mediante el accionamiento de una prensa de viga y torno, cuyo contrapeso estaba ubicado en uno de los extremos de la edificación. En el lado contrario existía un depósito o *lacus* cuadrangular, excavado por debajo del nivel de uso y en el que era recogido el mosto para su posterior almacenaje en recipientes de fermentación.

El debate abierto en cuanto a la tipología de las instalaciones y tipos de prensa o contrapesos, para diferenciar entre una producción oleica o vinícola, sólo puede tener confirmación definitiva en el laboratorio mediante el análisis de materiales que hayan estado en contacto con el líquido resultante de tales procesos productivos. En este caso fueron seleccionados restos del enlucido del depósito (*lacus*) para someterlos a una cromatografía de gases combinada con espectrometría de masas (GC-MS). Estas pruebas químicas demostraron que el depósito fue usado como contenedor de vino de uva tinta.⁴ La documentación completa de la instalación productiva de Los Palacios, es hasta el momento, el único ejemplo registrado de este tipo en la Comunidad de Madrid.

En el yacimiento han sido documentados diferentes momentos constructivos y remodelaciones, sin fases de interrupción, lo que nos indica una ocupación temporal extensa. Además, el registro material aporta dataciones desde finales del siglo I d. C. hasta las primeras décadas del siglo V d.C., confirmando la utilización continuada de este espacio. No obstante, en la fase final del yacimiento, los arqueólogos identifican un uso residual de la instalación productiva o un uso residencial derivado de una explotación agropecuaria, donde el *lacus* cambia su función a *silo* de almacenaje, dato de nuevo respaldado por los análisis químicos.⁵

El contrapeso de accionamiento de la prensa está realizado en un bloque monolítico y paralelepípedo de granito gris, contando con unas dimensiones de 0,95 x 0,60 x 0,49 m y un peso aproximado de 675 kg. En su parte superior presenta unos encajes laterales en forma de cola de milano y hendidura transversal para afianzar el cabestrante. Constituye en sí una de las piezas arqueológicas más significativas de éste yacimiento por varias razones: su tipología no estaba registrada en las publicaciones especializadas, pasando a ser catalogado como una variante del tipo 13 de J.P. Brun.⁶ Además, hasta el momento es el único

4 Análisis realizados por el Laboratoire Nicolas Garnier. Analyses physico-chimiques des matériaux du Patrimoine Culturel. Contacto: <http://www.labonicolasgarnier.eu>

5 M. MAJOR GONZÁLEZ *et alii*: "El torcularium de la villa de Los Palacios: la producción del vino en época romana en Villanueva del Pardillo (Madrid)". X Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid, (2014), pp.341-349.

6 J.P. BRUN: *L'oléiculture antique en Provence, Les huileries du département du Var*. CNRS, París: 1986. Ver fig. 59.



ejemplar de estas características documentado en la Comunidad de Madrid en su posición original y que reutiliza un soporte con epigrafía (Fig. 2).



Fig. 2. Diferentes capturas del contrapeso romano hallado en posición primaria.

Objetivos del estudio y flujo de trabajo

Sin embargo, la característica más destacable del contrapeso es la presencia en una de sus caras de lo que parecía ser una inscripción epigráfica. Sólo con la aplicación de luces rasantes era posible intuir algunos caracteres aislados (por ejemplo, usando linternas o focos), pero el desgaste sufrido por la superficie de la piedra, debido al uso normal de la prensa o a la afección de agentes meteorológicos, había alterado las grafías en exceso, puliendo las aristas y ocultando su talla entre infinidad de marcas de erosión o abrasión. Por lo tanto, era necesario utilizar otros métodos, a ser posibles no invasivos, para poder visualizar con claridad el mensaje que la piedra escondía. Le necesidad era mayor si cabe, cuando desde la Administración habían sugerido volver a enterrarla en el lugar del hallazgo, aun sabiendo de la existencia de posibles restos epigráficos. El punto de partida de todo el estudio es un levantamiento fotogramétrico, técnica que ha evolucionado mucho con los avances tecnológicos aunque, de modo resumido, podemos decir



que se basa en el análisis de información proporcionada por capturas fotográficas, ya sea para obtener información cuantitativa y precisa de los objetos físicos y su entorno,⁷ o bien con el fin añadido de generar modelos tridimensionales.⁸

El primer objetivo del estudio es la documentación y digitalización de la pieza completa mediante la creación de un modelo 3D. Además, pudimos mejorar la visualización de lo que queda de dicha inscripción para, posteriormente, proceder a la interpretación preliminar de los caracteres. El flujo de trabajo aplicado consta de las siguientes partes:

- Toma de datos en campo (fotografías y mediciones).
- Procesado de las fotos a través de un *software* de fotogrametría SFM (*Structure From Motion*).
- Creación de modelos tridimensionales.
- Estudio de luces artificiales sobre el modelo 3D, con renderizado de imágenes en alta resolución.
- Procesado de imágenes a través de filtros de falso color.

Fase de toma de datos (digitalización)

La toma de datos en campo (realizada el día 19 de febrero de 2014) fue llevada a cabo con la pieza ya fuera de su contexto original. No obstante, las condiciones fueron óptimas para este tipo de trabajo: luz de atardecer en un día despejado, pero con la pieza ubicada a la sombra. Además pudimos contar con la presencia de maquinaria, lo que posibilitaba la manipulación del bloque de granito para girarlo y así poder realizar series de capturas sobre cada una de las seis caras, con buenos posicionamientos de cámara y suficiente espacio (Fig. 3). La ficha con los datos de las capturas es la siguiente:

- Modelo de Cámara: Canon PowerShot G11
- Número total de tomas: 160
- Distancia focal: 28 mm
- Apertura: f/3.2 – f/5.6
- ISO: 200
- Tiempos de Exposición: entre 1/40 y 1/125
- Meteorología: soleado con el objeto a la sombra. Luz entre las 17:30 y las 18:30.

7 C.C. SLAMA; C. THEURER; S.W. HENRIKSEN (ed.): *Manual of Photogrammetry*, 4th Ed. ASPRS, Bethesda: 1980.

8 J.L. LERMA GARCÍA: *Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital*. UPV, Valencia: 2002.





Fig. 3. Ubicación y posición del bloque de granito antes de su manipulación.

Para la realización del **escalado** del modelo tridimensional tomamos con el flexómetro el largo y el ancho en la cara que contiene la inscripción. El resultado será un escalado correcto sin necesidad de instrumental topográfico. El sistema de coordenadas utilizado durante todo el proceso es relativo, ya que trabajamos sobre la pieza en posición derivada. La documentación obtenida por los arqueólogos al cargo de los trabajos de excavación completa la localización original en coordenadas UTM.

Creación del modelo tridimensional

Antes de comenzar el proceso de digitalización de la pieza es importante seleccionar las fotografías con las que vamos a trabajar. Del total de 160 fotos del levantamiento, el trabajo para generar el modelo tridimensional fue llevado a cabo con 140 capturas (Fig. 4). Fueron descartadas aquellas que no estaban correctamente enfocadas y sobre todo, las que repetían tomas.⁹

En el *software* de fotogrametría las fotos seleccionadas son trabajadas por tandas, con forma de círculos a diferentes alturas, para generar pequeñas nubes

⁹ Importante destacar el proyecto de digitalización *Epigraphia 3D*, sobre la colección de inscripciones romanas del MAN: M. RAMÍREZ SÁNCHEZ; J.P. SUÁREZ RIVERO; M.A. CASTELLANO HERÁNDEZ: "Epigrafía digital: tecnología 3D de bajo coste para la digitalización de inscripciones y su acceso desde ordenadores y dispositivos móviles". El profesional de la Información, v. 23, nº5 (septiembre-octubre 2014), 467-474. En este proyecto se usa un *software* de fotogrametría gratuito, *online* y con procesamiento remoto, lo cual no se ajustaba a nuestras necesidades dado el imperativo de obtener un modelo más detallado y con una mayor control personal del proceso para poder realizar un análisis correcto.



de puntos que luego quedan unificadas en un modelo final del contrapeso. El proceso en cada una de esas pequeñas partes consiste en crear primero una nube de puntos dispersa y si el resultado es correcto, pasaremos a ejecutar una nube de puntos densa. Una vez unidas todas las nubes de puntos de cada tanda, el siguiente paso es formar una geometría -malla unida con triángulos para formar un elemento sólido- y, por último, agregar las texturas de alta resolución, que el mismo *software* obtiene de las tomas realizadas.¹⁰

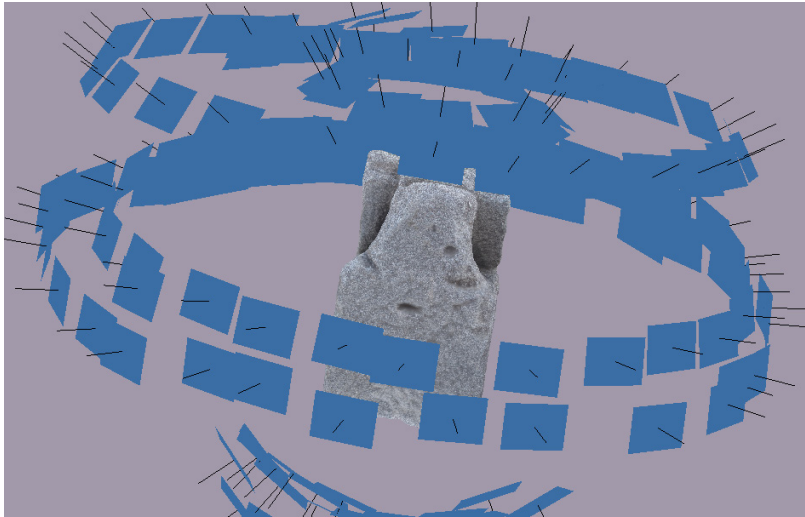


Fig. 4. Estrategia de capturas y posición de las tomas alrededor del bloque de granito.

Repitiendo el proceso, pero variando los parámetros en el *software*, generamos dos modelos tridimensionales del contrapeso:

- Modelo de la pieza completa: con 140 tomas que generan 386.704 caras de geometría. Junto con las texturas de alta resolución queda un modelo detallado y que puede moverse con facilidad en la mayor parte de dispositivos informáticos a nivel usuario.
- Modelo de la cara que contiene la inscripción: en este caso se eligen sólo 47 fotografías y generamos el número máximo de caras para la geometría, llegando a 2.030.526. Tal cifra ralentiza el movimiento en dispositivos que no tengan un buen equipamiento gráfico, pero nos permite obtener un nivel de detalle muy alto para el estudio de luces artificiales. Por ejemplo, nos permitirá ver las diferencias de profundidad en las rugosidades de la piedra.

10 Procesado fotogramétrico realizado con Agisoft PhotoScan®. Ver: <http://www.agisoft.com/>



Al final del proceso el modelo completo fue exportado a formato PDF3D,¹¹ lo que permite trabajar, mover con fluidez, seccionar y tomar medidas precisas del contrapeso (Fig. 5). Por otro lado, el modelo tridimensional de la cara que contiene la inscripción se exporta a formato .obj, con el que es posible operar en el *software* de modelado y motores gráficos.¹²

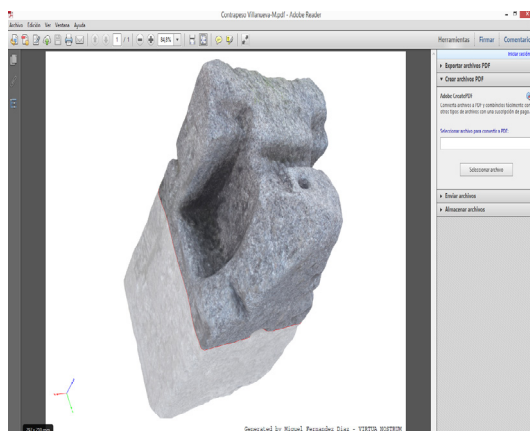


Fig. 5. Captura del formato PDF3D con la herramienta de sección activada.



Fig. 6. Renderizado del contrapeso romano. Vista de la cara que contiene la inscripción con las tallas posteriores realizadas para adaptarlo a su función en la prensa.

Ya en esta fase del estudio, con el modelo tridimensional finalizado, podemos percibir que estamos ante un caso de reutilización de un bloque con restos de epigrafía, que en su momento fue sacado de su posición original para pasar a

¹¹ Adobe Reader®. Accesible y descargable de modo gratuito en: <https://get2.adobe.com/es/reader/>

¹² Blender. *Software* libre accesible en: <http://www.blender.org/>



formar parte del ingenio de una prensa dedicada a la producción de vino. La talla necesaria para la adecuación de la pieza hizo que se perdiera parte de la inscripción, rota por el rebaje destinado al ensamblado de la piedra con las partes de madera de la prensa. A esto hay que añadir la presencia de grandes ranuras en forma de cuña, también realizadas *a posteriori*, que posiblemente permitían la inserción de una sogá para mejorar la sujeción del contrapeso a la prensa (Fig. 6).

Estudio con fuentes de luz virtuales

Por lo tanto, el único momento en el que trabajamos con el modelo físico de la piedra fue durante la fase de digitalización o toma de datos en campo. El resto de fases fueron ejecutadas sobre la virtualización del contrapeso con un equipo informático. Una de los pasos clave consiste en la aplicación de fuentes de luz virtuales.

Dicho estudio de luces comienza con la importación del modelo tridimensional de la inscripción al *software* de modelado, donde colocaremos focos de varios tipos, cambiando su posición e intensidad en función de las irregularidades que presenta la piedra. Nos interesaba sobre todo lanzar luces con ángulos rasantes con la intención de crear sombras en las incisiones más profundas. Cuando logramos un esquema de luces que nos interesa (Fig. 7), lanzamos un render de prueba a baja resolución. Si en la imagen resultante podemos apreciar algún detalle de la inscripción, volvemos a lanzar el render a alta resolución. La imagen final será guardada en la galería que usaremos posteriormente para la interpretación preliminar. Muchos de los renders se lanzan primero con la piedra texturizada y luego sin texturas ya que a veces una de las dos opciones es mejor para ver algún detalle concreto (no nos interesa tanto el color como la geometría, ver Fig. 8 y 9). Además, realizamos renderizados con diferente distancia focal, desde los más generales hasta detalles de grupos de grafías.

Con los detalles logrados por los juegos de luces y sombras podemos asegurar que la inscripción, en su concepción original, fue planteada para ser leída con el bloque de granito apoyado por uno de sus lados largos. De ese modo, a partir de esta fase de trabajo con fuentes de luz, procedemos a orientar correctamente el modelo del contrapeso, en función de la lectura normal del epígrafe (a partir de la Fig. 7).

Análisis con filtros de falso color

Con algunos de los renders obtenidos, pero principalmente con capturas realizadas en campo, pasamos a aplicarles filtros de falso color. El *software*



utilizado¹³ se usa sobre todo para resaltar restos de pintura que son difíciles de apreciar a simple vista (como en algunas muestras de arte rupestre),¹⁴ pero también ha dado excelentes resultados sobre petroglifos y otros tipos de grabado,¹⁵ ayudando a implementar la visualización de epígrafes e incisiones.

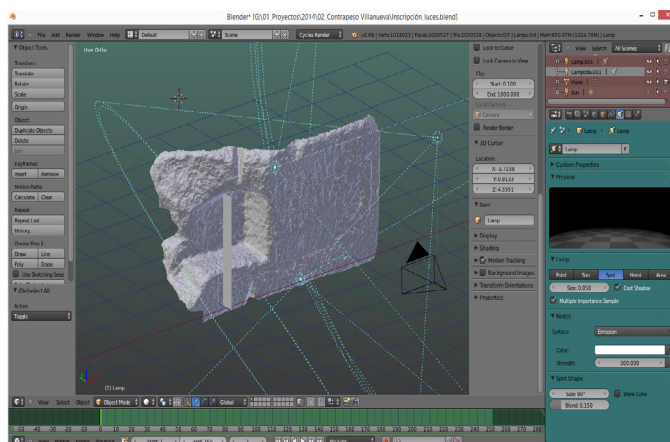


Fig. 7. Captura del esquema de luces sobre el modelo tridimensional en Blender.

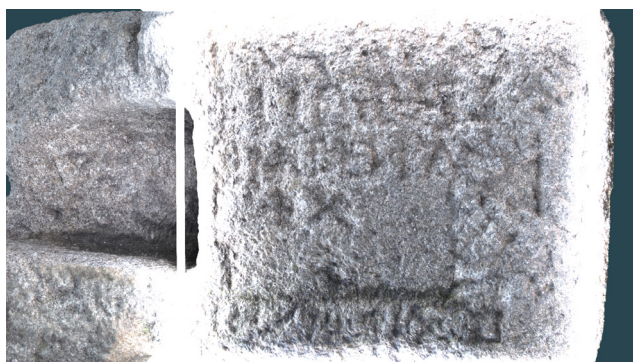


Fig. 8. Marco de luces virtuales sobre modelo con texturas.

13 DStretch – *Software* libre desarrollado por Jon Harman accesible bajo pedido en: <http://www.dstretch.com/>

14 Ver el trabajo del mismo creador del *software*: J. HARMAN: "A Tale of Two Cañadas: The most northerly great mural site yet discovered". SCA Proceedings, vol. 28 (2014), 206-218. Interesante un trabajo donde se destacan la simplicidad de este programa y sus excelentes resultados: J.L. LE QUELLEC; F. DUQUESNOY; C. DEFASNE: "Digital image enhancement with DStretch: Is complexity always necessary for efficiency?". Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (2015), En prensa. <http://www.journals.elsevier.com/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage>

15 C. DEFASNE: "Digital image enhancement for recording rupestrian engravings: applications to an alpine rockshelter" Journal of Archaeological Science, 50 (2014), 31-38.



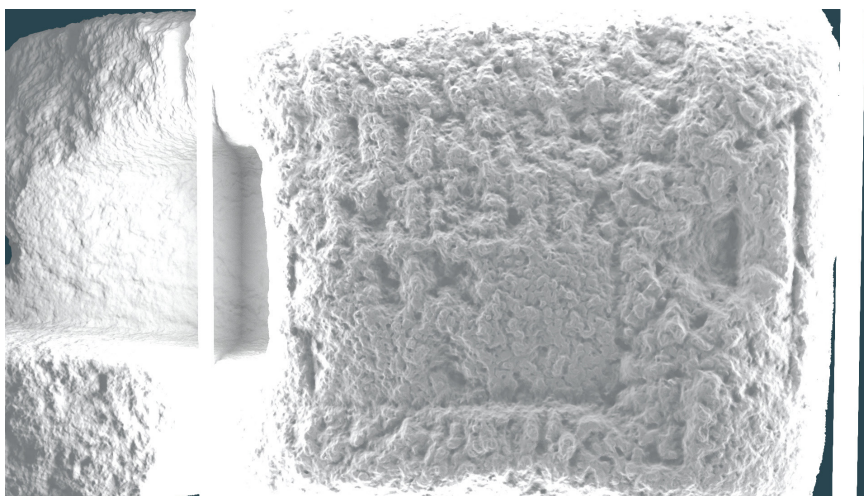


Fig. 9. Marco de luces virtuales sobre modelo sin texturizar.

Un ejemplo del uso de estos filtros sobre la inscripción del contrapeso los podemos ver en la Figura 10, donde quedan marcadas algunas letras y sobre todo, las molduras decorativas que enmarcan la inscripción. En algunos casos, distintos espacios de color se ejecutan sobre renderizados sin texturas con el fin de hacer destacar aún más los grupos de grafías que poseen similar profundidad (Fig. 11).



Fig. 10. Filtro de la inscripción con espacio de color LXX2.



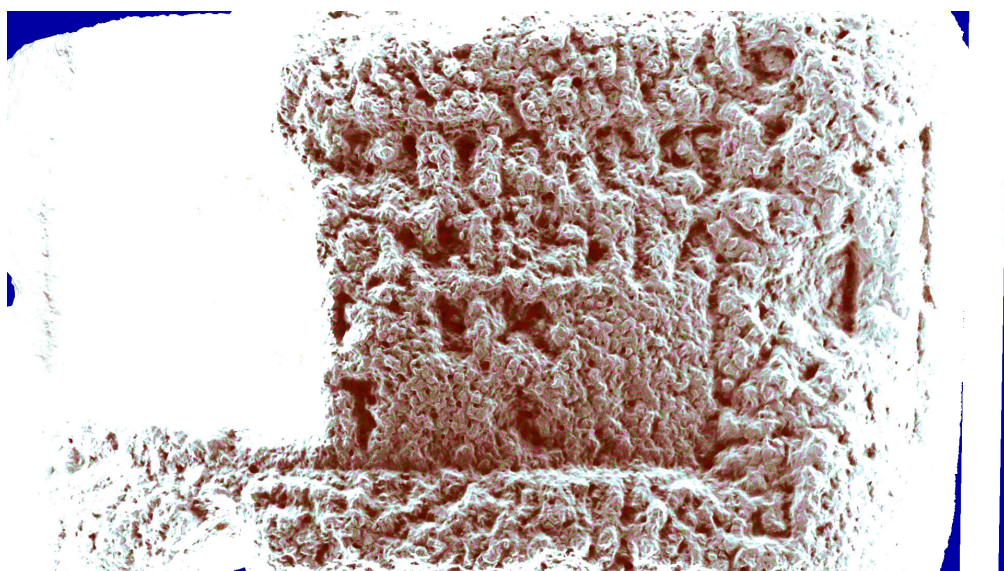


Fig.11. Filtro de la inscripción con espacio de color lab_ac.

Interpretación preliminar de la inscripción

Con los resultados del estudio de fuentes de luz y los filtros de falso color, pasamos a realizar una interpretación preliminar de la inscripción. Debido al mal estado de conservación de la misma y a la erosión sufrida por la pieza, algunas letras son difíciles de descifrar. Muchas de las grafías han sido alteradas en su forma y grosor a causa del desgaste posterior de la piedra. Finalmente, trasladamos el resultado del análisis a una ortofoto de la cara que contiene el epígrafe, superponiendo vectores de CAD¹⁶ para su mejor comprensión (Fig. 12).

Podemos concluir con seguridad que nos encontramos ante un epitafio funerario romano. Como explicábamos anteriormente, la pieza de granito fue reutilizada y sacada de su contexto original, por lo que la inscripción está partida en su lado izquierdo al sufrir la piedra un trabajo de talla posterior con el fin de adecuarla a su nuevo uso como contrapeso (línea verde oscuro, Fig. 12). Además, la parte inferior izquierda presenta otra rotura por una incisión practicada a la piedra y destinada a asegurar el aparataje de madera mediante sogas.

La inscripción está dentro de una *tabula ansata* con doble moldura (línea roja, Fig. 12) y la zona que contiene las grafías se encuentra ligeramente rebajada. Entre las dos molduras se aprecian otras marcas, de menor profundidad que las

16 DraftSight, *software* CAD libre de Dassault Systèmes®, accesible y descargable en: <http://www.3ds.com>



usadas para las letras, y que parecen corresponder con restos de decoración (línea blanca, Fig. 12), aunque el estado de conservación es muy malo. En la parte superior de la *tabula* cuesta apreciar la línea de la moldura exterior, ya que el granito tiene bastantes pérdidas en esta zona. Cabe señalar que el lapicida trabajó la piedra ya con la *tabula ansata* decorada, puesto que la A del final de la segunda línea atraviesa la moldura interior.

Los trazos de las grafías que apreciamos con mayor claridad en las imágenes generadas han sido marcados con color azul, mientras los más dudosos llevan color verde. Lo mismo ocurre con las interpunciones, constituidas por círculos en posición alta que, en algunos casos, son difíciles de apreciar.

Entre los grupos de letras que podemos identificar destaca STTL (*sit tibi terra levis*, usual fórmula funeraria romana), situado en la última línea del epígrafe y con la S y la primera T partidas por el tallado posterior para convertir el bloque en contrapeso. También conviene señalar la presencia de las letras LX (3ª línea), que nos indican la edad del difunto. El resto de grafías, principalmente las ubicadas en la primera y segunda línea (posiblemente *nomen*, *cognomen* y tribu), fueron interpretadas, partiendo de esta digitalización y trabajos virtuales, por la Dra. Diana Gorostidi Pi, especialista en epigrafía romana del Institut Català d'Arqueologia Clàssica, sin necesidad de visualizar la pieza en su forma material. Un primer acercamiento del estudio epigráfico permite adelantar que, por el tipo de grafías y fórmulas usadas, la inscripción pudo haber sido realizada a finales del siglo I d.C.

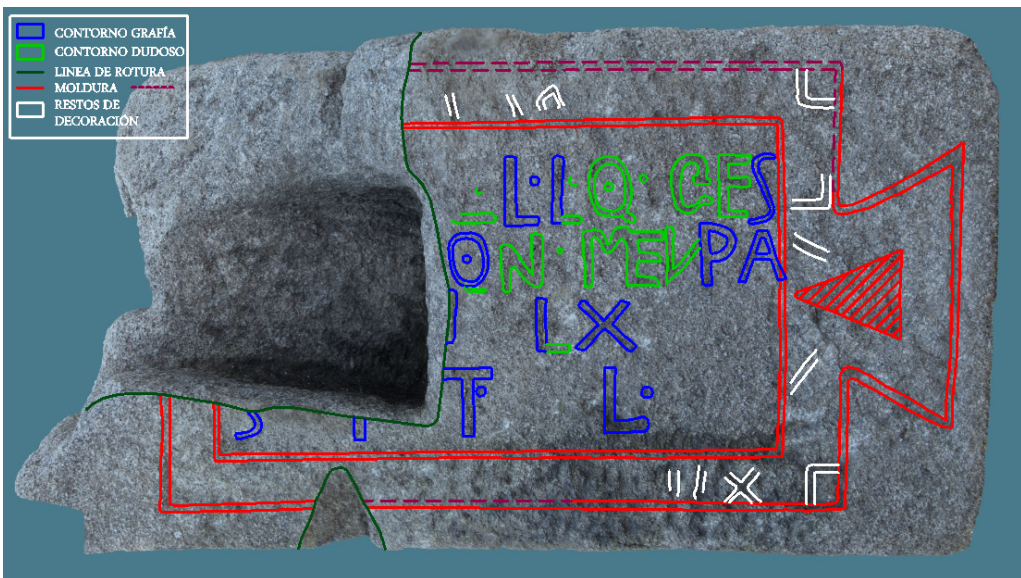


Fig.12. Infografía con la interpretación preliminar de la inscripción romana.



Conclusiones

Consideramos cumplidos los objetivos principales planteados en el presente estudio. La pieza arqueológica ha sido digitalizada mediante el uso de la fotogrametría, técnica que ha posibilitado la creación de un modelo tridimensional. La incorporación de dicha copia digital a un espacio virtual ha servido para iluminar la pieza con distintos esquemas de luces con los que realzar la inscripción oculta en el contrapeso. Las imágenes obtenidas con el *software* gráfico se pasan por distintos filtros de falso color para mejorar el visionado de las grafías.

Una vez realizado todo el proceso, podemos confirmar la existencia de una inscripción romana de carácter funerario. Además, hemos contribuido a la mejora de su visualización utilizando técnicas no invasivas.

También ha sido posible, gracias a la colaboración pluridisciplinar a distancia, crear un punto de partida para nuevas líneas de investigación. La Dra. Diana Gorostidi descubrió parecidos entre este epígrafe y otro catalogado en la Comunidad de Madrid, lo que podría estar apuntando a la existencia de una *officina lapidaria*, donde se tallaron ambas inscripciones. Para comprobar esta hipótesis pudimos contar con la presencia de la epigrafista en Madrid, junto a Ana de Mesa Gárate, especialista en arqueometría, que completaron la comparación física de las inscripciones¹⁷.

Actualmente la pieza se encuentra expuesta en las instalaciones del Museo Arqueológico Regional de Madrid. De manera paralela y para completar la labor de divulgación, procedemos a publicar el modelo virtual del contrapeso a través de un visor tridimensional *online*.¹⁸ No pretendemos con esto sustituir la contemplación del bien arqueológico en directo, sino hacer más accesible el conocimiento generado por nuestro trabajo y facilitar la visualización del epígrafe. El visor *online* tiene el valor añadido de permitir la manipulación del objeto virtual, convirtiéndose en el único modo de observar cada una de las caras del contrapeso.

Bibliografía

ÁQABA ARQUEÓLOGOS: “Memoria final arqueológica – Excavación del yacimiento Los Palacios (CM/0177/006) en Villanueva del Pardillo, Madrid. Proyecto de construcción *Refuerzo de la arteria Canal de Valmayor-Navalcarnero. Tramo I: Canal de Valmayor–Villanueva de la Cañada. Madrid*”. EXPTE. 0606/09. Depositado en la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid (C/ Arenal, 18 – Madrid).

17 D. GOROSTIDI PI et alii: “Contrapeso de un torcularium con inscripción latina procedente del yacimiento romano de Los Palacios (Villanueva del Pardillo, Madrid)” *Habis*, 47 (2016), 229-244.

18 Disponible en el siguiente perfil de Sketchfab® <https://sketchfab.com/virtuanostrum>



- C. DEFRASNE: "Digital image enhancement for recording rupestrian engravings: applications to an alpine rockshelter" *Journal of Archaeological Science*, 50 (2014), 31-38.
- D. GOROSTIDI PI et alii: "Contrapeso de un torcularium con inscripción latina procedente del yacimiento romano de Los Palacios (Villanueva del Pardillo, Madrid)" *Habis*, 47 (2016), 229-244.
- J.P. BRUN: *L'oléiculture antique en Provence, Les huileries du département du Var*. CNRS, París: 1986.
- J. HARMAN: "A Tale of Two Cañadas: The most northerly great mural site yet discovered". *SCA Proceedings*, vol. 28 (2014), 206-218.
- J.L. LERMA GARCÍA: *Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital*. UPV, Valencia: 2002.
- J.L. LE QUELLEC; F. DUQUESNOY; C. DEFRASNE: "Digital image enhancement with DStretch: Is complexity always necessary for efficiency?". *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* (2015), En prensa. <http://www.journals.elsevier.com/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage>
- M. MAJOR GONZÁLEZ *et alii*: "El *torcularium* de la villa de Los Palacios: la producción del vino en época romana en Villanueva del Pardillo (Madrid)". *X Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, (2014), pp.341-349.
- M. RAMÍREZ SÁNCHEZ; J.P. SUÁREZ RIVERO; M.A. CASTELLANO HERNÁNDEZ: "Epigrafía digital: tecnología 3D de bajo coste para la digitalización de inscripciones y su acceso desde ordenadores y dispositivos móviles". *El profesional de la Información*, v. 23, nº5 (septiembre-octubre 2014), 467-474.
- C.C. SLAMA; C. THEURER; S.W. HENRIKSEN (ed.): *Manual of Photogrammetry*, 4th Ed. ASPRS, Bethesda: 1980.

SOFTWARE UTILIZADO

Adobe Reader 11.0.6: lector de PDF (válido para el formato 3D).

Agisoft PhotoScan 64bit 1.0.2: Fotogrametría *Structure From Motion*.

Blender 2.69 (*freeware*): Estudios con fuentes de luz virtual y renderizados.

DraftSight V1R5 X64 (*freeware*): CAD.

Gimp 2.8.10 (*freeware*): Editor de imágenes.

ImageJ 1.47v con plugin **DStretch** (*freeware*): Filtros de falso color.



APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL ESTUDIO DE POSICIONES DE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA EN PINTO (MADRID)

Ángela Crespo Fraguas y Miguel Ángel Díaz Moreno¹
Mercedes Farjas Abadía, Guillermo Martínez-Pardo Gil,
Esther Alfonso Carbajosa y Carlos Ruíz Serrano²

Resumen:

Los trabajos de prospección llevados a cabo en el término municipal de Pinto (Madrid) han permitido localizar diferentes enclaves con restos arqueológicos relacionados con las operaciones militares realizadas en torno a la capital durante la Guerra Civil Española (1936-1939). Para su identificación y documentación se recurrió al uso de GPS durante las batidas de prospección así como a fotografías aéreas de diferentes periodos que ayudaron en el proceso. En colaboración con investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid se aplicaron en una de las zonas de mayor relevancia, el yacimiento de "Los Yesares", diversas técnicas con el objetivo de conseguir una representación espacial lo más completa posible. Estas técnicas incluyeron levantamientos topográficos para realizar cartografías a diferentes escalas, la captación de imágenes mediante vuelos UAV (Unmanned Aerial Vehicle) y el uso de escáneres terrestres para la obtención de representaciones 3D.

Palabras Clave:

Guerra Civil, Topografía, Escáner laser, Fotogrametría, *Unmanned Aerial Vehicle*.

Abstract:

The surveys carried out in the municipality of Pinto (Madrid) have enabled us to locate various structural remains linked to the military operations that took place around the capital during the Spanish Civil War (1936-1939). In order to identify and record them, surveys were complemented with the use of GPS and air photographs from different time periods. Afterwards, and in collaboration with researchers from various universities, further methods aimed at generating a complete special representation of the area were applied directly to one of the sites which produced the best results, known as "los Yesares". These methods include topographic mapping that resulted in cartographic material at different scales, the photographic recording with flying Unmanned Aerial Vehicles, and the use of land scanners and GPS-corrected photogrammetrics with which to obtain 3D models.

¹ Equipo de Cota 667- Arqueología y Patrimonio - pintocota667@gmail.com

² Universidad Politécnica de Madrid - m.farjas@upm.es



Key words:

Civil war, Topography, laser scanner, photogrammetry, Unmanned Aerial Vehicle.

Introducción

Al igual que la investigación de otros periodos, la Arqueología de la Guerra Civil es, en esencia, multidisciplinar. En ella la intervención de especialistas de distintos ámbitos no puede sino enriquecer nuestras perspectivas sobre el fenómeno histórico. En este sentido, la utilización de nuevas tecnologías aporta, en el ámbito metodológico, posibilidades de aplicación sobre los restos que abarcan aspectos desde la interpretación de estructuras inmuebles hasta la reconstrucción y comprensión de los paisajes del conflicto, mientras que en el aspecto de la gestión de la memoria del mismo ayudan en un campo tan relevante como es el de la divulgación. En el marco del **“Proyecto de estudio y revalorización de los restos de la Guerra Civil Española (1936-1939) en el término municipal de Pinto, Madrid”** se desarrollaron durante los primeros meses del año 2014 diferentes labores encaminadas a la localización y documentación de los vestigios del conflicto en dicha localidad. En una de las posiciones, Los Yesares, además de la prospección arqueológica, se han aplicado una serie de técnicas encaminadas a la modelización del territorio a diferentes escalas, que incluyen levantamientos cartográficos a escala 1:500 mediante el uso de topografía tradicional con tecnología GPS y vuelos UAV (Unmanned Aerial Vehicle), y otras orientadas a la reconstrucción tridimensional de las estructuras mediante el uso de escáner laser terrestre.

Establecimiento de redes arqueológicas y realización de cartografía georreferenciada

La extensión del yacimiento de Los Yesares es de 10 ha, que junto con las inmediaciones y el otro lado del arroyo Culebro forman un conjunto arqueológico de unas 18 ha que requerían de apoyo cartográfico. Dada las necesidades métricas del proyecto y la extensión que ocupa, se decidió realizar la cartografía en una escala 1:500, lo que conllevará una precisión de 10 cm.

El proyecto arqueológico pretendía dejar establecida en la zona de forma permanente, una red arqueológica-topográfica local, para disponer de puntos con coordenadas precisas, enlazados con la red nacional REGENTE (Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales) en los trabajos que iban a ser realizados y los futuros. Para enlazar con la geodesia nacional se utilizó el vértice geodésico más cercano, en concreto el vértice denominado “Cantueñas”. La red local que se implantó en el área arqueológica consta de 9 vértices más el vértice geodésico de enlace “Cantueñas”. Estos vértices se observaron con el método estático



rápido contando con 3 receptores GPS de forma simultánea en 7 sesiones. En el proceso de diseño, implantación y observación se tardó 5 días. Posteriormente en gabinete se calculó y ajustó la red.

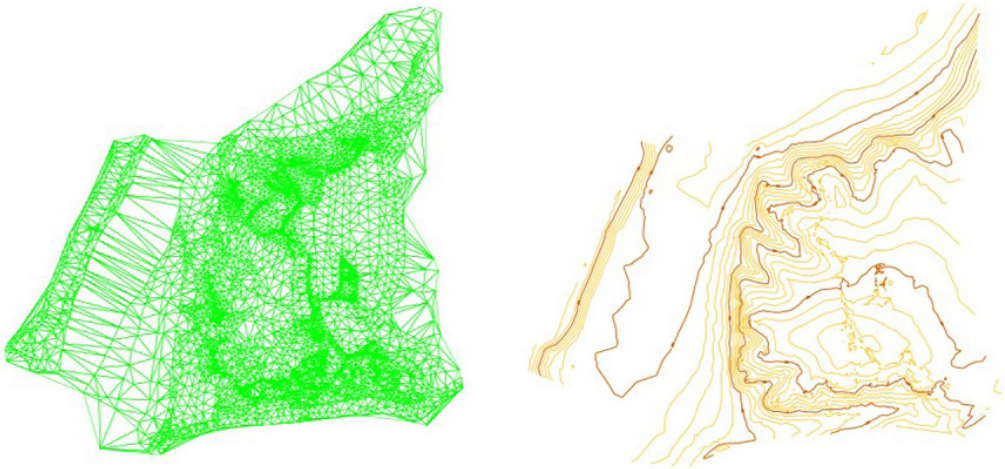


Fig.1. MDT y curvado de "Los Yesares".

El trabajo se realizó con técnicas espaciales GNSS (*Global Navigation Satellite System*) en concreto con la constelación NAVSTAR GPS. Para la toma de datos se utilizaron dos modelos de equipos GPS con similares prestaciones: el equipo GPS Leica 500 y el equipo GPS Leica 1200, aplicando dos metodologías diferentes con cada uno de ellos, de acuerdo a la fase del proyecto en el que se utilizaba. Los métodos de observación fueron los siguientes:

MÉTODO RELATIVO ESTÁTICO RÁPIDO: En esta metodología los equipos se montan sobre trípodes y se observa simultáneamente con al menos 2 receptores GPS obteniendo líneas base de distancias menores a 20 km, con precisión estándar de 5 a 10 mm + 1 ppm, y con tiempos de observación de 10 a 30 minutos. Este método necesita contar de antemano con un punto de coordenadas conocidas y un postproceso en gabinete.

MÉTODO RELATIVO DE FASE RTK (REAL TIME KINEMATIC): Se deja un receptor fijo como referencia en un punto conocido sobre el trípode y al menos otro móvil en mochila y bastón, se obtienen coordenadas en tiempo real con tiempos de observación de 3 a 6 segundos y una precisión de 20 mm + 2 ppm.

El levantamiento arqueológico-topográfico, se realizó utilizando como referencia varios de los puntos de la red local y siguiendo el método RTK. La toma de datos se realizó con especial atención para llevar a cabo la documentación completa de los restos arqueológicos existentes, delimitando su contorno y su



altitud/profundidad. Los detalles observados fueron tales como los 4 fortines, las trincheras, zanjas, pozos de tirador y los abrigos, también los límites naturales y artificiales, etc. Para todo ello se capturaron más de 8000 puntos, con precisión superior a 4 cm. Los puntos que no cumplían este requisito de precisión, se desearon directamente en campo, y no fueron grabados en el proceso de observación.

Las coordenadas obtenidas por métodos GPS se capturaron en el sistema de referencia geodésico WGS84, no obstante para la representación cartográfica de este proyecto se requerían coordenadas en el Sistema de Referencia Geodésico (SRG) oficial en España, que es el ETRS89 (*European Terrestrial Reference System* 1989), y alturas ortométricas a partir del modelo geoidal EGM08-REDNAP (*Earth Gravitational Model* 2008 y el marco de referencia vertical dado por la Red Española de Nivelación de Alta Precisión); debiendo calcularse finalmente las coordenadas planimétricas de todos los puntos en la proyección UTM (Universal Transversa Mercator) huso 30.

Las coordenadas UTM huso 30 con alturas ortométricas de todos, se importaron al programa *TopoCal* para generar el MDT (Modelo Digital del Terreno) mediante una malla triangular. A partir del MDT se realizó el curvado del terreno con curvas de nivel cada metro y curvas maestras cada 5 metros.

Desde el programa de diseño gráfico *AutoCad*, tras importar el curvado, el MDT y los puntos con coordenadas UTM huso 30 y alturas ortométricas, se procedió a realizar la edición de la cartografía a escala 1:500 del yacimiento arqueológico de la Guerra Civil "Los Yesares" en Pinto, Madrid.

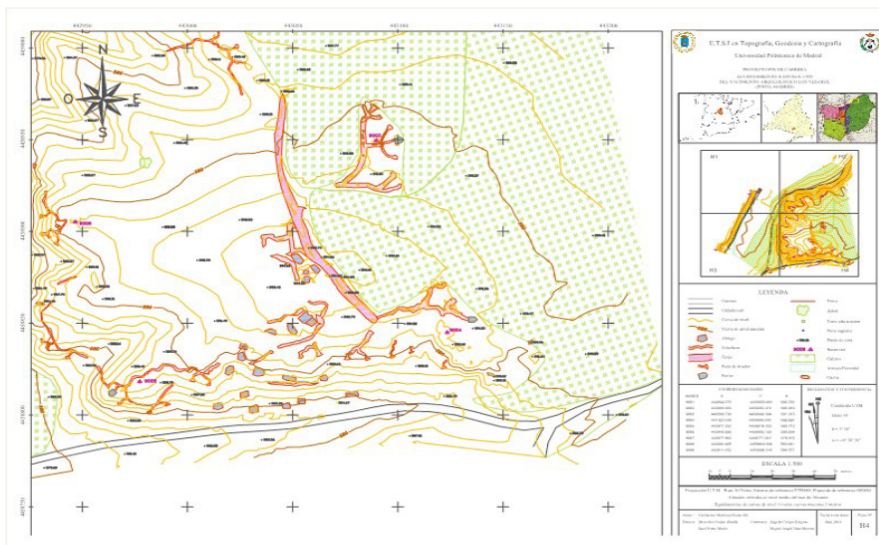


Fig.2. Edición cartográfica.



Metodología para la obtención de una ortoimagen mediante equipos UAV

El proyecto que se describe a continuación consiste en la aplicación de las nuevas tecnologías de captura de imagen mediante drones y el tratamiento de las mismas mediante procesos fotogramétricos, en el ya mencionado yacimiento arqueológico de Los Yesares. Para obtener cartografía de una zona, tradicionalmente puede utilizarse la captura de fotografías aéreas de la misma, procesando la información mediante las tecnologías fotogramétricas.

La combinación de la fotogrametría con la aviación se realizó en la Primera Guerra Mundial, para llevar a cabo la interpretación de terreno enemigo por parte de ambos bandos. Utilizaban para ello dos cámaras que tomaban fotografías consecutivas con las que se realizaba una orientación relativa por medios exclusivamente ópticos y mecánicos. Con los sistemas de posicionamiento actuales y la evolución de la aviación y material fotográfico, hoy en día se realizan las orientaciones externas e internas del procesamiento fotogramétrico con mucha más precisión y facilidad.

Como se ha indicado la fotogrametría aérea requería la utilización de aviones, lo que conllevaba un gasto elevado y hacía que el método fuera solo rentable para grandes extensiones e importantes proyectos. En este campo se han incorporado nuevas tecnologías de captura aérea de imágenes, y en la actualidad se dispone de los denominados *drones* o UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*, vehículos aéreos no tripulados), con los que es posible sobrevolar áreas de interés, a menor altura y sin necesidad de realizar una gran inversión económica, en comparación con la fotogrametría clásica a gran escala.

Los drones o equipos UAV van equipados con cámaras de menor coste que las cámaras de fotogrametría utilizadas hasta ahora. Las innovaciones y evolución de la calidad de las cámaras digitales de pequeño formato y de las memorias de almacenamiento, hace que cada vez sea posible obtener mejores resultados de imagen en la aplicación de estos equipos.

El equipo utilizado en este proyecto es el denominado UX-5 de Trimble (Fig.7), que dispone de una cámara Samsung NX-1000 de 21,6 Megapíxeles con la que se trabaja en enfoque al infinito para conseguir nitidez en las fotografías.

El equipo UX-5 tiene una autonomía de vuelo de unos 60 km, y es capaz de alcanzar una velocidad de crucero de 80km/h. Además puede volar hasta con un viento de 65 km/h y con lluvia ligera sin llegar a comprometer el trabajo. El sistema puede configurarse en tan solo 5 minutos.

El objetivo del proyecto fue la obtención de una ortofotografía del yacimiento, es decir, una imagen en la que no hay deformaciones ni efectos de perspectiva, sobre la que es posible realizar análisis métricos u obtención de documentos cartográficos.





Fig.3. UX-5 Trimble.

Antes de llevar a cabo la toma de datos y la captura de imágenes, fue necesario realizar un proyecto de vuelo, tarea en la que se definieron los parámetros de configuración: altura de vuelo, recorrido que se realizará en el aire diseñando cada pasada, etc. A la hora de determinar estas variables, fue necesario tener en cuenta la calidad de la cámara fotográfica y la capacidad de vuelo del equipo UAV.

En este proyecto se programó un vuelo a 100 m de altura, contando con una autonomía de vuelo del equipo UAV de 55 minutos. Sobre el yacimiento se situaron unas dianas homogéneamente distribuidas, cubriendo toda la zona que se iba a sobrevolar. Se colocaron un total de 10 dianas distribuidas homogéneamente sobre toda la zona a sobrevolar. A estas dianas hubo que dotarlas de coordenadas geográficas en el sistema de coordenadas implantado anteriormente en el yacimiento. La tecnología utilizada para este trabajo fue la tecnología GNSS de posicionamiento global por satélite, utilizando la constelación GPS.

El equipo UX-5 de *Trimble* despegue mediante un lanzador de unos 3 m de largo con un sistema similar a un tirachinas. Con la tableta de control del equipo UAV, en campo se controla la trayectoria de vuelo y el tiempo restante para que el dron aterrice. La zona de aterrizaje se selecciona antes del vuelo, y se programan los desplazamientos oportunos. Una vez obtenidas las fotografías, el trabajo en campo queda finalizado.

Se tomaron un total de 925 fotografías en 23 pasadas. En gabinete se orientan las fotografías con las imágenes de las dianas, y con sus coordenadas y se crean los modelos que representan el terreno a partir de la unión de todas ellas. Al igual que cuando se aplica fotogrametría convencional, estas imágenes se solapan unas a otras consiguiendo que todos los puntos del yacimiento aparezcan en al menos dos fotogramas. El solapamiento es necesario para conseguir la información en 3D de la zona, como sucede en cualquier sistema estereoscópico.



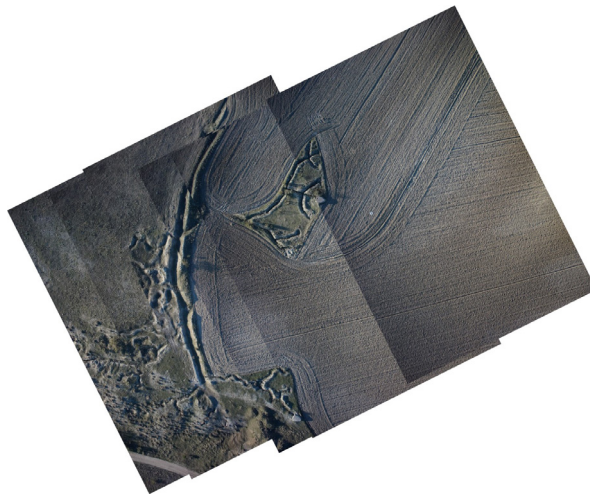


Fig.4. Solapamiento de fotografías para conseguir información 3D.

Mediante software específico, y puntos de control adicionales entre fotogramas, conseguiremos un modelo digital en tres dimensiones de la zona. Este modelo en 3D puede servir para fines múltiples, y es muy útil a la hora de mostrar el yacimiento, comprender la topografía del lugar y realizar análisis espaciales sobre él. Con las nuevas impresoras de 3D podemos obtener maquetas del área del levantamiento a la escala deseada.

Con este proyecto en particular se pretendió obtener una ortoimagen del yacimiento recurriendo a software de fotogrametría, para conseguir una imagen en la que podemos ver todos los detalles de la zona en vista cenital y sin deformaciones ni efectos de perspectiva, con un tamaño de pixel de 3,2 cm sobre el terreno.

Realización de un modelo tridimensional del fortín nº 3, mediante equipo láser escáner terrestre

Las nuevas tecnologías, entre las que se encuentran los sistemas láser escáner 3D, están facilitando el trabajo de campo que en ocasiones es arduo. El proceso para la obtención del modelo 3D se fundamenta en las ciencias fotogramétricas, aunando a ellas la potencia de captura de los modernos equipos de modelización láser escáner 3D.

Este tipo de herramientas, a partir de un volumen de datos inmenso que puede filtrarse según las necesidades del proyecto, por un lado mejoran los resultados finales, y por otro abaratan los costes totales con tiempos de trabajo en campo y de necesidades de personal que se ven ampliamente reducidos. No obstante estas ventajas, presentan el inconveniente de que se aumenta el trabajo de oficina



teniendo que invertir muchas horas en la edición y procesamiento de los datos. La precisión interna de los modelos es muy alta, pudiendo situarse en el orden milimétrico o incluso superior.

Las tecnologías láser escáner 3D en este proyecto se han utilizado para obtener el modelo tridimensional de un fortín de la Guerra Civil Española, el fortín pertenece al yacimiento arqueológico "Los Yesares", que como ya hemos mencionado se encuentra en Pinto (Madrid), en el extremo noroeste del término municipal, próxima al Cerro de los Ángeles. La estructura está situada en un campo arado, orientado hacia el este. Está fabricado de hormigón y es de planta rectangular (3,5x2x1,8 m) con el frente redondeado y con una tronera que lo cubre. Presenta una inscripción de los constructores "*12ª compañía de Ingenieros 1ª sección*". Su acceso al interior es a través de una trinchera.



Fig.5. Fortín 3 de Los Yesares.

Para la realización del levantamiento 3D se ha utilizado el equipo láser-escáner IMAGER 5010. Antes de empezar el proceso de escaneado, se supervisó la zona del levantamiento (el fortín y sus alrededores) y se situaron dianas en ella, eligiendo las estaciones en las que posteriormente iba a ubicarse el equipo láser escáner, de manera que todo la estructura quedase cubierta y de modo que cada escaneo tuviese una zona común o recubrimiento (un mínimo de tres dianas) con los adyacentes, para después poder llevar a cabo la fusión de las nubes de puntos a un único sistema de representación. En este proyecto, para cubrir toda la zona de interés fueron necesarios 8 escaneos. Cada uno de ellos tuvo una duración de



captura de unos 6 minutos, dependiendo el tiempo de captura de la resolución que requiera el modelo.

Al terminar cada escaneo, se puede visualizar en la pantalla digital del equipo láser escáner, la nube de puntos que se ha capturado, pudiendo comprobarse la idoneidad de los resultados en relación las necesidades del trabajo.

En campo es necesario llevar a cabo trabajos complementarios de topografía clásica, para poder optar a obtener el trabajo georreferenciado. Para ello se estacionó en tres vértices del yacimiento utilizando estaciones totales topográficas, de manera que desde estos puntos se observasen todas las dianas que se habían situado en la zona del levantamiento. Desde cada estación se observaron tres vértices que perteneciesen a la red local del yacimiento, pudiéndose calcular así mediante el método de intersección múltiple las coordenadas de las estaciones y a través de éstas, las coordenadas de todas las dianas en el sistema de referencia del proyecto. Para dotar de coordenadas a estos puntos, la red local se había enlazado previamente con la red REGENTE, marco geodésico del sistema geodésico nacional.

El trabajo de cálculo y edición comienza con la fusión de las nubes de puntos (Fig.6). Esta fase se ha realizado desde el programa propio del equipo láser-escáner. En él se crea un proyecto en el que se importan los escaneos, y en cada uno de los escaneados han de identificarse las dianas que han sido registradas en la observación, incluyendo sus correspondientes números de identificación. A continuación se fusionan todos los escaneos, con la opción *“register project with targets”*, y se obtiene un informe en el que se indican las precisiones del registro de las dianas. En esta etapa de procesamiento de los datos es necesario contar con croquis y anotaciones realizadas en campo. Especialmente es necesario prestar atención a la numeración e identificación de las dianas ya que es muy fácil confundirlas entre sí. Al hacer la fusión de las nubes de puntos de los diferentes escaneados, es posible introducir en el modelo (como archivo de texto) las coordenadas de cada una de las dianas, quedando así el modelo final fusionado y además georreferenciado. En todo este proceso es necesario analizar las desviaciones típicas resultantes de los ajustes para el cálculo de cada una de las dianas, si alguna desviación excede la tolerancia establecida para el trabajo, se eliminará la diana correspondiente y se repetirá el cálculo completo de manera iterativa hasta obtener unos resultados válidos.

Una vez finalizada la georreferenciación y la fusión de los modelos, comienza el proceso de edición, propiamente dicho. El equipo láser-escáner utilizado puede captura un millón de puntos por segundo, con la resolución de captura *“super high”* utilizada, la duración de escaneo e de 6 minutos, por tanto cada escaneo llegará a tener un peso aproximado de 1GB. Para poder manejarlo en las siguientes fases de edición, será necesario filtrar el modelo resultante antes de exportarlo al programa que vaya a utilizarse. Estos filtros, permiten realizar



las tareas de limpieza del modelo, eliminando puntos innecesarios tales como los que corresponden al cielo o a elementos u obstáculos del momento de toma de datos, puntos que estén excesivamente próximos entre sí, etc. Tras el proceso de fusión y limpieza inicial, se exportan los datos al programa de edición. La finalidad del uso de este programa será completar la limpieza de toda la zona del modelo de árboles, arbustos, personas, y llevar a cabo la triangulación y la texturización del modelo.

Como producto final se han obtenido nubes de puntos, superficies trianguladas, ortoimágenes e incluso llegamos a obtener animaciones, productos 2D y 3D, que pueden ser muy interesantes desde el punto de vista arqueológico. Además todo estará georreferenciado y escalado, pudiendo hacerse medidas de distancias en cualquier parte del modelo 3D y otro tipo de análisis métricos.

Bibliografía

- J.M. ARÉVALO: "La fortificación de campaña en la Guerra Civil Española". *Revista de Historia Militar*, 98, (2005).
- F.J. LÓPEZ FRAILE: "La infografía 3D como sistema de documentación y divulgación". *Técnicas aplicadas a la Arqueología. Estudios de diseño gráfico*, (2007).
- M. FARJAS ABADÍA: "Las Ciencias cartográficas en la arqueología: La búsqueda de la métrica en los modelos de divulgación científica". *DATUM XXI*, 3 (2003), 4-12.
- M. FARJAS ABADÍA y F.J. GARCÍA-LÁZARO: *Modelización Tridimensional y Sistemas Laser Escáner aplicados al Patrimonio Histórico*. La Ergástula, Madrid: 2008.
- M. FARJAS ABADÍA: *La topografía y sus métodos: Principios de investigación*. Astrolabio, Bilbao: 2012.
- M. FARJAS, D. BELLIDO y L. GONZÁLEZ: *Tecnología UAV en yacimientos arqueológicos. Análisis de precisión de los modelos digitales de superficie y de los productos fotogramétricos derivados*. Publicia, Saarbücken (Alemania): 2014.



EL USO DE FOTOGRAMETRÍA DE BAJO COSTE EN LA CREACIÓN DE NUBES DE PUNTOS APLICADA A LA ARQUEOLOGÍA COMERCIAL

Moisés Hernández Cordero

Resumen:

El Láser Escáner y la Fotogrametría han sido recientemente incorporados a nuevos proyectos en el marco de trabajo del equipo de Geomática de Museum of London Archaeology (MOLA). La intención es adaptar nuevas formas de medición a la Arqueología de la Arquitectura y la Arqueología de campo, para poder ampliar los servicios que se ofrecen en el mercado de dichas disciplinas.

En la presente comunicación se quiere mostrar el uso de estos métodos aplicados a distintos ambientes de trabajo, para así reforzar la idea del uso del Láser Escáner y de la Fotogrametría como alternativa –especialmente cuando el registro arqueológico ha desaparecido- en la captura de datos estratigráficos, edificios y objetos. El uso conjunto de dichos métodos puede ayudar a completar o mejorar el empleo de otras técnicas utilizadas (GPS y estación total) facilitando así un mejor resultado final que, además, puede ser rectificado con posterioridad.

Finalmente, abordaremos la cuestión acerca del uso real de estas técnicas en la arqueología comercial llevadas a cabo por el equipo de Geomática de MOLA. Se pretenden exponer con ello las distintas posibilidades existentes de uso de esta técnica con uno de los distintos softwares disponibles (Agisoft Photoscan), los problemas surgidos en su empleo, así como las posibles aplicaciones de las mismas a la arqueología de investigación.

Palabras clave:

Nube de puntos, fotogrametría, láser escaner, photoscan, modelo en 3d.

Abstract:

Laser Scan and Photogrammetry has recently been used in new projects in which the Museum of London Archaeology (MOLA) Geomatics Team has been involved. The aim is to use and develop new methods to undertake building and archaeological surveys which will allow the company give a wide range of services to the clients.

The aim of this paper is to show the use of these techniques applied in different work environments, to reinforce the use of Terrestrial Laser Scan and Photogrammetry as a real alternative – especially if the archaeological record has been lost, removed or destroyed- to survey archaeological contexts, buildings and finds. Combining both at the same time can help to complete and improve the use of other survey techniques (such the use of GPS and total station) to have better results that can be later rectify.



Finally, we will give some samples of the use of this method on commercial archaeological projects undertaken by Museum of London Archaeology (MOLA) Geomatics Team. The idea is to show the possibilities of their use on one of the commercial softwares available (Agisoft Photoscan), the problems found as well as the possible application into archaeological researchs and interventions

Key words:

Point cloud, photogrammetry, laser scan, photoscan, 3d photo-model

Nube de puntos

La expansión de la Fotogrametría digital terrestre aplicada a la Arqueología se está viendo reflejada en la cantidad de proyectos y artículos que aplican esta técnica como otro método más de adquisición de datos (Acka, 2012: 140). Esto se ha visto reflejado también en el aumento de su uso en los proyectos relacionados con intervenciones en el patrimonio (Santagati et al, 2013, Kersten, T et al, 2012: 728).

Una nube de puntos es una representación en 3D de puntos tomados/medidos de una superficie de la que luego se quiere crear una reconstrucción o modelado en 3D (Verhoeven, 2011: 68). Esto es posible gracias a algoritmos que pueden generar un mallado de triángulos para representar esa superficie previamente capturada.

Nuestro objetivo en todo el proceso va a ser el de obtener una nube de puntos que cubra todo el objeto y/o estructura a estudio, con una máxima precisión y con una serie de valores: red, green, blue (RGB) e intensidad. Esto permite su manipulación en un programa ampliamente usado por topógrafos, ingenieros, arquitectos y arqueólogos (*Computer Aided Drawing*, CAD) en un formato ampliamente extendido (.dwg).

La nube de puntos no tiene que estar necesariamente georeferenciada *a priori* puesto que no todos los clientes demandan un modelo en tres dimensiones (3D) o posicionado en el mundo real. Los productos demandados varían desde una simple localización de objetos o elementos arquitectónicos hasta una estructura de alambre (*wireframe view*) del trabajo realizado. La georeferenciación del modelo es siempre una buena idea porque permite poder incluir esos datos a posteriori, en una base de datos más compleja, así como ayuda también al proceso de unión en un archivo de todo el trabajo acometido. Así, éste es el caso la captura de datos hecha en *London Wall Place*. La idea consiste en que, aunque todo no se vaya a utilizar para el trabajo final, se disponga de una buena base de datos, fiable y precisa. Esto permite que se puedan realizar más trabajos con los mismos datos recogidos en un solo momento. Hay que tener en cuenta, que no



siempre se dispone de la posibilidad de una segunda medición en campo (porque ha sido destruido, por acceso/permisos, por carga de trabajo...)

Las dos técnicas usadas en las actuaciones (láser escáner y Fotogrametría Digital Terrestre) tienen por objetivo obtener unos resultados lo más fiables y precisos a la realidad. En el caso del láser escáner, la forma habitual de proceder es utilizar diferentes posiciones a lo largo de la estructura a medir, con dianas colocadas de tal forma que siempre se alcance un mínimo de tres en cada fase de escaneo. Su finalidad es poder luego ajustar y unir en una misma proyección los diferentes escaneos llevados a cabo, creando una nube de puntos a través de la información generada por el instrumento.

Cada una de las posiciones adoptadas para el establecimiento del escáner se georeferenciarán en 3D utilizando la estación total para buscar puntos de referencia conocidos en la geografía del área o el *Global Positioning System* (GPS). En nuestro caso, utilizamos *Global Navigation Satellite System* (GNSS) del Leica Viva GS14. Este proceso tiene dos objetivos: el mencionado anteriormente de georeferenciar y el uso a posteriori de esas estaciones como referencia en el caso de que se tengan que hacer más mediciones o incluso para otros trabajos en el área (incluir en otro modelo de puntos)

En el caso de la Fotogrametría Digital Terrestre, existe un amplio rango de programas para el procesado de fotografías (Torres et al, 2012:). Optamos por el uso del software Photoscan, de la compañía rusa Agisoft. El proceso de captura es algo más sencillo, no tan tedioso como las distintas estaciones y puntos de referencia del láser escáner. Se intentará conseguir una cobertura del objeto/estructura desde distintos ángulos, siempre procurando tener en común los objetivos alrededor o en el mismo objeto e intentando tomar las fotos con al menos un 60% de superposición. Luego, en el procesado de las imágenes, estas servirán para georeferenciar la nube de puntos creada. Para algunos autores, esta técnica es de las más precisas, fiables, rápidas y baratas del mercado (2012_SanlioGlu et al:150), lo que facilita que la Fotogrametría digital terrestre sea a menudo la técnica de medición preferida para la captura de datos (Arias et al., 2005). Según diversas investigaciones con distintos objetos y en distintas situaciones, los resultados con PhotoScan tienen más o menos la misma precisión global que los alcanzados con el láser escáner. (Doneus et alii, 2011: 84)

Cuestiones sobre el uso de esta tecnología en arqueología

Dentro de las múltiples alternativas que existen para procesar las fotos se ha elegido Photoscan, no por un mejor conocimiento de los otros software si no por ser uno con el que experimentar esta técnica de captura de datos. La gran ventaja que posee este método es su relativo bajo coste. En este caso, la licencia es de unas



£1600 y con uso compartido en servidor, de tal forma que una máquina virtual puede servir para varios proyectos. También se ahorran costes de procesado que llevaría unas horas de captura y al menos otra de establecimiento, como sería el caso del escáner. Hay que sumar lo que cuesta el equipo y el software para el procesado de los datos (£500 por día más licencia de Cyclone). Tenemos luego la licencia para el uso de la nube de puntos en un programa CAD para digitalizar (Cloudworks).

En el caso de la alternativa usando Fotogrametría Digital Terrestre, el equipo de captura es más caro, se puede utilizar más veces y se puede transportar con menos dificultades. A la hora de capturar los datos, es más rápido que el escáner. En algunas ocasiones, como hemos visto, requiere algo más de tiempo en post procesamiento (ajustar los parámetros en Photoshop para un mejor alineamiento). Una vez realizado el archivo que contiene la nube de puntos, Photoscan puede exportarlo en distintos formatos (.pts, .xyz, .wav,...) y no solo uno (.imp).

En algunos casos, el uso del escáner no nos puede dar una cobertura total de las áreas a estudio. En estos casos, es de bastante ayuda poder cubrir algunas de las zonas “muertas” con el uso de esta técnica (Abdelhafiz et al, 2005, 4). Esto permite no tener que volver a repetir el proceso, con el consiguiente ahorro de costes.

El programa utiliza un método de identificación de dianas automático que le hace encontrar puntos en común en cada fotografía y utilizarlas como ancla para el proceso de alineamiento. En algunos casos, no es posible el tener esas dianas en el momento de la captura. Es por eso que habría que implementar una técnica mediante la cual se pudiera realizar un buen uso de puntos tomados con la TST on GPS y usarlos con ese mismo objetivo. En el caso de la intervención en *52 Lime Street*, es un buen ejemplo de lo útiles que pueden ser en un contexto complicado para dibujar por los arqueólogos de campo. En el caso de *St Albans Tower*, el uso del identificador mediante selección de la zona en la que se toma mediciones no ha surtido de momento el efecto deseado, posiblemente por la deformación del píxel en la creación del modelo

Cuando se utiliza una cantidad elevada de fotografías, altamente oblicuas y que tienen una apariencia distinta, ello puede generar un alineamiento erróneo de las imágenes. Además, debería de estar claro que reconstrucciones de alta calidad con una gran cantidad de imágenes tienen un alto coste en recursos en el proceso. Un buen equipo con un mínimo de 8GB de RAM y doble núcleo es lo mínimo requerido, con una buena tarjeta de vídeo para unos buenos resultados (Doneus et alii, 2011: 86).

Así, no solo el tipo de *hardware* influye, sino que el mismo programa sufre cuando tiene que identificar imágenes que son muy parecidas entre sí o debido a que las imágenes son demasiado oblicuas (*St Albans Tower*). (Verhoeven et al, 2011)



La nitidez de la imagen influye en la creación de una nube de puntos adecuada sin ruidos que creen superficies ficticias que no existen en la realidad. Es por eso que una buena selección de profundidad de campo, velocidad de obturador e ISO ayudará a reducir estos problemas (Agisoft, 2013: 3). Esto significa que se necesitan tener sólidos conocimientos fotográficos para evitar recoger datos que sean más difíciles de procesar en Photoscan.

El problema al texturizar en el procesamiento de las imágenes es que no siempre se obtiene una calidad óptima para visualizar el modelo, lo que significa que el *point cloud* puede no estar dándonos los valores adecuados. Ésta es una de las desventajas del uso de esta técnica que, por ejemplo, el uso de 3D láser escáner no presenta (Grussenmeyer et al, 2008:213). En cualquier caso, no es un método muy óptimo para la captura de elementos lineales y produce un gran volumen de datos que necesita ser reducido para otros procesos. Consecuentemente, en muchos casos, una combinación de las dos técnicas es la mejor solución posible (Fuchs et al., 2004, Gonzo et al., 2004).

Fotogrametría digital terrestre proceso de captura

Durante el último año hemos intentado introducir en la creación de nubes de puntos el uso de fotografías como otro método de captura de datos. El funcionamiento es distinto al del laser escáner. Se analiza el objeto, estructura o depósito a estudio y se toma una estrategia para la toma de la fotografías al objeto desde distinto ángulos.

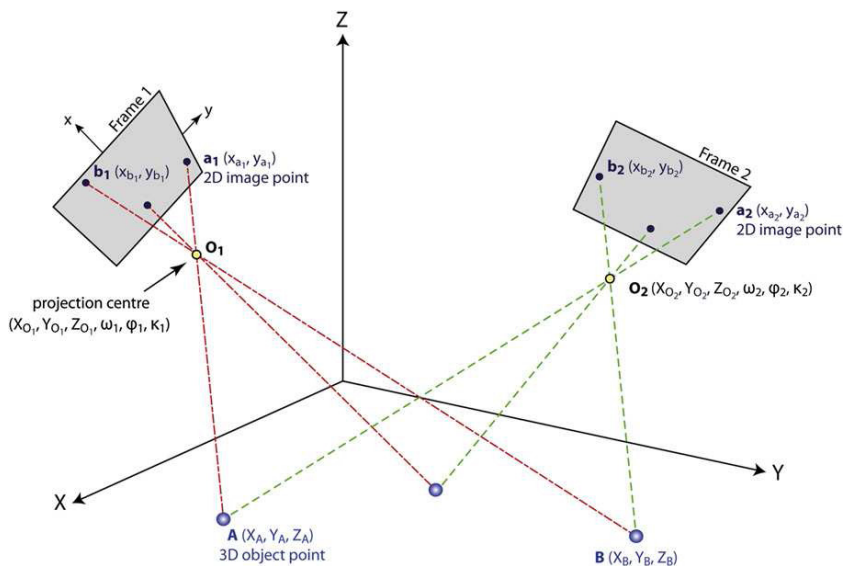


Fig. 1. (G. Verhoeven et al. 2012: 2062).



La toma de imágenes es de gran importancia en el proceso puesto que es la base para el alineamiento de las fotos, la creación de la nube de puntos y del modelado del mismo. Es por eso importante tener unos conocimientos sólidos sobre algunos conceptos de fotografía como apertura, profundidad de foco, velocidad de obturador, ISO o el tipo de lentes que se necesitan en la cámara. Así, por ejemplo, Photoscan no trabaja bien con objetivos de ojo de pez o de ángulo muy abierto, puesto que puede generar una nube de puntos distorsionada afectando al modelo generado.

Una vez que se toman las fotos con la necesaria superposición, se procesan en el software que creará la nube de puntos. En este caso, el algoritmo trabaja eligiendo una serie de píxeles en común de cada fotografía y los procesa de tal manera que es capaz de saber la localización de la cámara en cada disparo. Eso le permite ir ubicando píxel por píxel el resto de las fotos y, por tanto, extraer esa localización para crear la nube de puntos. Ésta, al contrario del archivo que se crea con el láser escáner, sólo proporciona valores RGB. El rango de incidencia en el ángulo de la captura de las fotos puede variar, pero el programa con el que trabajamos prefiere valores entre 45° hasta 90° (AgiSoft LCC. 2013)

Al igual que la creada desde el escáner, se puede georeferenciar mediante el emplazamiento de dianas que aparezcan en las fotos y que el programa puede identificar automáticamente (como la creación del modelo de la *Anglo Saxon Pritwell Buckett*) o se pueden emplazar manualmente en el programa (ejemplo de un depósito de brickearth *52 Lime Street*). La nube de puntos se puede exportar en diferentes formatos (.txt, .obj, .ply, .las) para ser usada como tal en programas como Cloudworks (AgiSoft LCC. 2013) pero también para su modelado en otros *Structure for Motion* (SfM) software (Blender, Meshlab)

Esta técnica nos permite también crear ortofotos (JPEG, TIFF, PNG, KML) directamente desde Photoscan (Verhoeven, 2011: 70,71). Éstas son de gran utilidad para poder comprobar visualmente la precisión de la nube de puntos creadas a partir de las fotos con la generada con el escáner como en el fondo al digitalizar en AutoCAD así como sirve de guía en el proceso de digitalización de la nube de puntos.

No es necesario llegar a crear un modelo en 3D puesto que para quien se realiza el proyecto, no siempre demanda ese tipo de producto.

Ejemplos de actuaciones en el patrimonio

En los siguientes ejemplos se pretende exponer las distintas situaciones en las que se puede encontrar el arqueólogo a la hora de afrontar la captura de datos y su posterior procesado. Hay que tener en cuenta que las situaciones de luz, contraste, dimensiones, espacios, tiempo y lugares puede ser muy variados y distintos entre sí. Por ello, habrá ocasiones en las que este método no podrá



ser aplicable como por ejemplo: lugares con escasa o excesiva luz, materiales reflectantes, superficies muy uniformes, colores muy parecidos entre sí.

El uso de Photoscan ha sido adoptado como otra técnica más en nuestros proyectos de mediciones de campo para clientes como un posible instrumento para obtener más datos, optar a presupuestos que no se permitan un escaneado y para la creación de ortofotos. En un futuro existe la posibilidad de extender su uso a la creación de *Digital Elevation Model* (DEM), *Digital Terrain Model* (DTM) o incluso mediciones del paisaje (datos procesados desde una altura de 70m puede dar resoluciones de 3 cm) aplicando mediciones hechas desde un pequeño vehículo no tripulado, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) (Verhoeven et al. 2013: 34)

Prittwell Bucket

Este ejemplo es uno de los muchos en los que podríamos aplicar esta técnica en hallazgos de campo, que pueden ser luego utilizado en publicaciones o como ayuda para ilustradores y especialistas en objetos (cerámica, lítica, petroglifos, grafitos,...). En este caso los modelos no necesitan ser georeferenciados, puesto que lo interesante es la exactitud del objeto creado y no su localización en el mundo real mediante un sistema de coordenadas. Por lo tanto, teniendo las condiciones adecuadas de luz, suficiente superposición de imágenes y tomando las fotos procurando rodear el objeto, la creación de la nube de puntos se realiza de una forma normal.



Fig. 2.

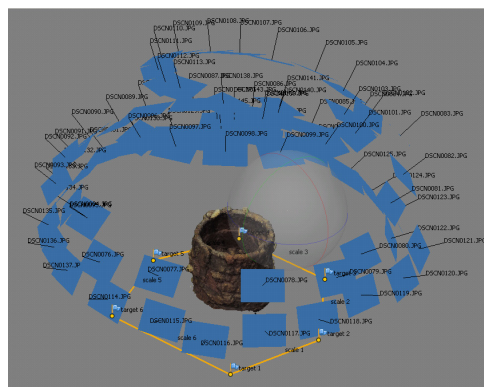


Fig. 3.



Para este objeto, se tomaron una serie de 71 fotografías con una Nikon Coolpix P520, 18 megapíxeles y se colocaron dianas alrededor del objeto. Más adelante, se midieron las dianas que sirvieron para una mejor alineación de las fotografías.

52 Lime Street

En el mundo de la arqueología, no siempre te encuentras no siempre existen las condiciones ideales para realizar determinados trabajos. De hecho, siempre hay circunstancias que no permiten que éste se desarrolle de una forma normal. En el caso de la captura de datos con esta técnica, hay algunos parámetros que son fundamentales para obtener un buen registro: luz, visibilidad, estabilidad y superposición de imágenes adecuado (para Photoscan suele ser de un 60%).



Fig. 4.

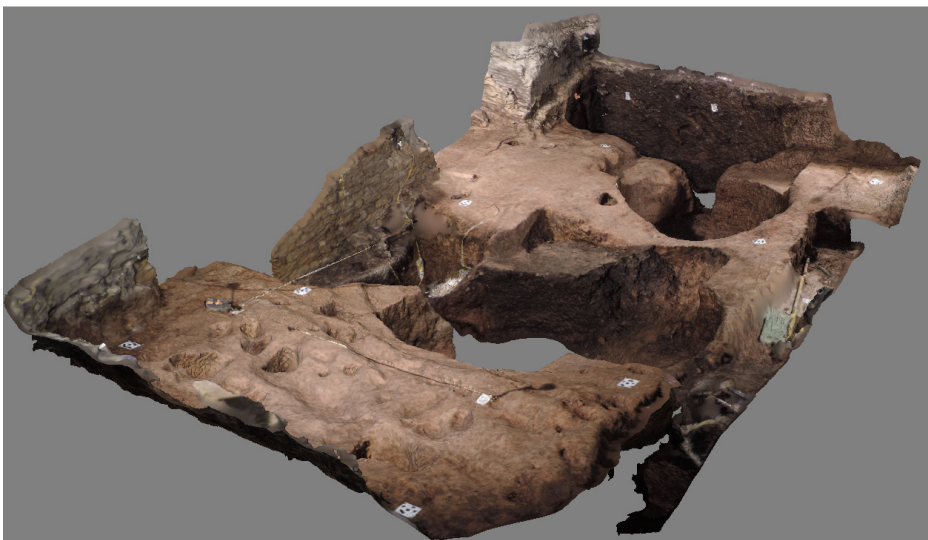


Fig. 5.



En este ejemplo, las condiciones de un sótano de un edificio de oficinas, con escasa luz (artificial) y con trabajos de demolición en progreso (vibraciones y polvo en el ambiente), se tomó una serie de 25 fotos con una cámara Nikon Coolpix P520, 18 megapíxeles, una apertura entre $f/11$ y $f/6.3$ y una velocidad de disparo entre $1/13$ y $1/50$

En dichas fotos se procuraba tener un mínimo de 3 puntos de control o dianas que luego pudieran ser utilizados para su posible dibujo en la oficina. Se eligió arbitrariamente el lugar para la prueba y la unidad estratigráfica. Las dianas fueron recogidas con el uso de una estación total, en coordenadas de la cuadrícula de excavación y luego pasadas a un sistema de coordenadas (en este caso, British National Grid).

Gordon House, Chelsea Barracks

En este otro proyecto se buscaron unas cualidades de luz más intensa y su uso en un ambiente que iba a desaparecer y para el que no se estaba preparado. Al llegar al yacimiento, observamos una estructura abovedada de la que no se tenía noticia alguna en los archivos y que iba a ser demolida tras el paso de los arqueólogos para la construcción de una residencia.



Figs. 6 y 7.

En este caso, se utilizaron las fotos recogidas por el arqueólogo a cargo del proyecto en campo y las tomadas por el equipo de Geomática. Un total de 110 fotos tomadas con dos cámaras iguales pero en distintos momentos, presentando alguna variación en los registros de luz. La idea era poder obtener un modelo en 3D con la nube de puntos que pudiera servir en un posterior informe del equipo de arqueólogos de la arquitectura y su evaluación. El alineamiento de las fotos fue normal y se pudo crear una nube de puntos densa que serviría para un modelo en 3D de la estructura. Con éste, se crearon una serie de ortofotos de la estructura y



un 3D PDF para enseñar a los clientes. Las ortofotos ayudaron para poder enseñar en los informes las mediciones realizadas con la estación total.

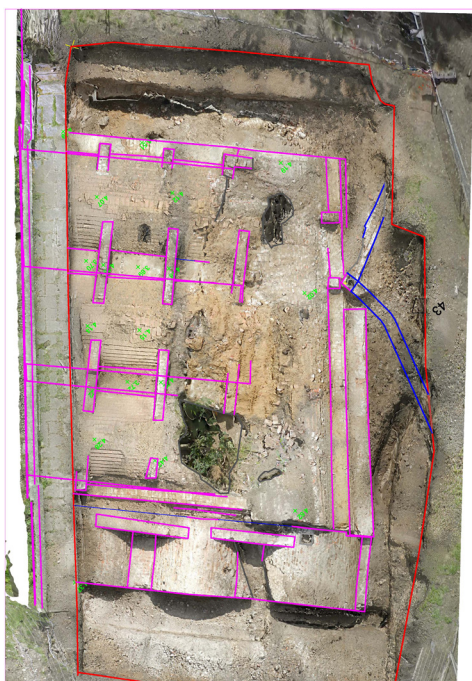


Fig. 8.

St Albans Church Tower, Wood Street

La idea de utilizar la Fotogrametría es poder recolectar rápidamente los datos con la máxima eficiencia. Este edificio es distinto por las condiciones de luz, material de la torre (muy reflectante al ser caliza), contraste entre sombras y luz del sol. Otro factor importante a la hora de adquirir las imágenes es el formato de las mismas. Para la torre utilizamos imágenes .RAW, que pueden ser retocadas mejor en programas como PhotoShop, para mejorar la imagen que Photoscan vaya a utilizar. El programa usa mejor imágenes que no tieneN mucho brillo, con lo que reducir el brillo y las zonas más iluminadas ayuda en el proceso de alineación en el software. Encontramos algunas imágenes que no se alineaban adecuadamente y, tras modificar los parámetros de luz, pudieron ser utilizadas en el proceso. Es por eso que se realizaron dos visitas a la estructura: la primera con un día soleado y la segunda en un día nublado, para tomar más fotos y aumentar la superposición.

El proceso con el primer conjunto de fotos (44 fotografías) proporcionó unos datos nada prometedores debido a la mala localización de las posiciones de la cámara. Esto pudo deberse a una falta de superposición de imágenes asociada



Ese primer ensayo permitió replantearse una mejora en la captura de datos para evitar tener luego que realizar segundas visitas que puede que no sean factibles: por tiempo, por climatología, por inexistencia del registro o estructura o simplemente por falta de dinero en el presupuesto.

En la segunda visita, se tomaron 198 en formato .RAW y en .TIFF con una mayor superposición y en un día nublado. Esperábamos poder generar esta vez una nube de puntos adecuada pero no conseguimos que todas las fotos se alinearan adecuadamente. Incluso variando las condiciones de luminosidad (usando Photosop) y eliminando algunas fotos del grupo a alinear en Photoscan, no pudimos lograr una nube de puntos en el conjunto de la estructura. El proceso mejoró cuando decidimos no utilizar todas las fotos al mismo tiempo. Reducimos así el total a 68 fotos, con buena cobertura de la torre y con un emplazamiento distinto de la cámara (no tan cerca una de otra) y la nube de puntos resultó satisfactoria.

Una tercera aproximación a la creación de la nube de puntos, ha consistido en realizar cada cara de la estructura por separado y luego intentar unir las usando el propio software. El alineamiento de las fotografías por cada cara de la estructura funciona correctamente, pero con el problema de la distancia desde la base hasta la parte superior de la torre, al unir los distintos resultados, no generó una nube de puntos adecuada.

Conclusiones

En este artículo se ha intentado demostrar con ejemplos prácticos el uso de la Fotogrametría digital terrestre como un método para apoyar las otras técnicas de captura de datos o como método alternativo por precio y por resultado a otras formas de captura de datos (láser escáner). En algunos de los casos, los datos capturados tuvieron que ser retocados para su posterior uso. Sin embargo, Photoscan ha demostrado que el uso de esta técnica es bastante sólida y rápida a la hora de afrontar proyectos que requieren de unos datos fiables y que disponen de menos inversión de tiempo y dinero. Las especificaciones técnicas del software permiten un amplio uso de cámaras para la captura de datos, desde un móvil hasta una cámara profesional (Verhoeven, 2011: 70).

Añadir otro espectro en la captura de datos ayudaría a complementar las ventajas de esta técnica, con el que se podrían obtener otro tipo de valores extraídos de la misma nube de puntos para complementar los de RGB (como ocurre con el láser escáner). El uso de datos termográficos en estudios del Patrimonio no es tan común como la combinación del láser escáner y la Fotogrametría, aunque tiene también sus beneficios (Lerma et al 2007: 458).



Aunque coincidimos que el uso de los valores RGB y de intensidad son la mejor combinación posible para obtener los mejores resultados en intervenciones que requieran una captura masiva de datos, con un nivel de fiabilidad y precisión óptima (Grussenmeyer et al, 2008:217). Además, la integración de las imágenes sobre fotomodelos en 3D nos permite unos análisis más allá de las tradicionales imágenes en 2D (Cabrelles et al, 2009:5)

Así, éste es un método que puede ser bastante beneficioso en la Arqueología por la relación coste precio, que podría reforzarse con el uso del software de código abierto en el que esta técnica también se ha demostrado fiable.

Bibliografía

- AgiSoft LCC. 2013. AgiSoft PhotoScan Forum. <http://www.agisoft.com/forum/index.php?action=search2> (fecha de acceso 11/Nov/2014)
- A. ABDELHAFIZ, B. RIEDEL y W. NIEMEIER. 2005. "Towards a 3D True Colored Space by the fusion of laser scanner point cloud and digital photos". International workshop 3DArch, 2005. Mestre-Venice , Italia
- P. ARIAS, J. HERRAEZ, H. LORENZO y C. ORDOÑEZ (2005) "Control of structural problems in cultural heritage monuments using close-range photogrammetry and computer methods". Computers and Structures 83. 2005. 1754–1766.
- A. BALOGH y K. KINGA. "Photogrammetric processing of aerial photographs acquired by UAVS" www.hungarianarchaeology.hu
- M. CABRELLES, S. GALCERÁ, S. NAVARRO, J.L. LERMA, T. AKASEH y N.HADDAD. "Integration of 3D Lase Scanning, photogrammetry and thermography to record architectural monuments". 22nd CIPA Symposium. Kyoto, Japan. 2009 pp. 11-15
- M. DONEUS, G. VERHOEVEN, M. FERA, CH. BRIESE, K. KUDERA y W. NEUBAUER "From deposit to point cloud – a study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations". Geoinformatics CTU. Praga. 2011. Pp. 81-88.
- P. GRUSSENMEYER, T. LANDES, T. VOEGTLE y K. RINGLE. "Comparison methods of terrestrial laser scanning, photogrammetry and tacheometry data for recording of cultural heritage buildings". Intenational Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37(5). 2008.213–218
- PT. KERSTEN y M. LINDSTAEDT. "Automatic 3D object reconstruction from multiple images for architectural, cultural heritage and archaeological applications using open source software and web services". Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation 2012/6 Stuttgart.2012 pp 727–740



- J.L. LERMA, C. MILETO, F. VEGAS y M. CABRELLES. "Visible and Thermal IR Documentation of a Masonry Brickwork Building". CIPA XXI International Symposium. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Athens, Greece, Vol.XXXVI-5/C53. 2007. pp. 456-459.
- I. SANLIOGLU, M. ZEYBEK y G. KARAGUZ. "Photogrammetric survey and 3D modelling of Ivriz rock relief in Late Hittite Era". Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 13, No 2. 2012 pp. 147-157
- J.C. TORRES, G. ARROYO, C. ROMO y J. DE HARO. "3D digitization using Structure from Motion". CEIG – Spanish Computer Graphics Conference. 2012
- G. VERHOEVEN "Taking computer vision aloft: archaeological three-dimensional reconstructions from aerial photographs with Photoscan. Archeological Prospection 18. 2011. Pp 67–73,
- G. VERHOEVEN, C. SEVARA, W. KAREL, C. RESSL, M. DONEUS y M. BRIESE. "Undistorting the past – New techniques for orthorectification of archaeological aerial frame imagery" En: Corsi, C., Slapak, B., Vermeulen, F. (Eds.), Good practice in archaeological diagnostics. Non-invasive survey of complex archaeological sites. Natural Science in Archaeology. Springer International Publishing, Cham. 2013. pp. 31–67.
- G. VERHOEVEN, M. DONEUS, C. BRIESE y F. VERMUELEN. "Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs". Journal of Archaeological Science 39. 2012. Pp 2060-2070



LA TORRE ALMENARA DE SAN GARCÍA, ALGECIRAS (S. XVII-XVIII). RECUPERACIÓN VIRTUAL DE UNA ESTRUCTURA MILITAR GRACIAS A LA TECNOLOGÍA

Pablo Aparicio Resco¹

Resumen:

La reconstrucción virtual de la torre almenara de San García se enmarca dentro de las actuaciones para crear en Gibraltar el Centro de Interpretación de la Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo “Estrecho de Gibraltar”, un proyecto llevado a cabo por la empresa Geasense. Actualmente sólo se conserva parte de la cimentación de esta torre defensiva por lo que la reconstrucción virtual de la misma tuvo que ser realizada en base a paralelos bien documentados a lo largo de la costa sur de nuestra Península. Este proyecto ha permitido mostrar cómo pudo ser en el pasado la torre, cuál fue su función y su valor patrimonial para las gentes de la Bahía de Algeciras.

Palabras clave:

Arqueología virtual, edificación militar, historia moderna, reconstrucción virtual

Abstract:

The virtual reconstruction of the defence tower of San García is a part of the actions achieved to create in Gibraltar an interpretation center called Centro de Interpretación de la Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo “Estrecho de Gibraltar”, a project carried out by the company Geasense. Nowadays we are only preserving a part of the foundation of this defensive tower so its virtual reconstruction had to be based on well-documented similar constructions found along the southern coast of the Peninsula. This project is allowing to show how it could be, its function, and to explain its value for the people of the Bay of Algeciras in the past.

Key words:

Virtual Archaeology, military building, modern history, virtual reconstruction

¹ PAR – Tecnologías de Representación Gráfica del Patrimonio. Email: aparicio.pablo89@gmail.com; Twitter: @ArcheoPablo; Web: www.parpatrimonio.com



Introducción

La torre-almenara se emplazó en la parte más alta de la Punta de San García (Coordenadas: 36°06'25" N/5°26'02" O²) y constituye un ejemplo de construcción militar para la vigilancia y defensa de la costa de este punto estratégico de la península. Actualmente se conservan unos restos muy pobres de la misma que han sido documentados mediante fotogrametría digital. Para su documentación, hemos contado con la toma fotográfica realizada por María Valencia, de Gea-sense, que nos ha permitido realizar un sencillo modelo fotogramétrico de los cimientos visibles sobre el que podremos comenzar a levantar la reconstrucción virtual de la torre.

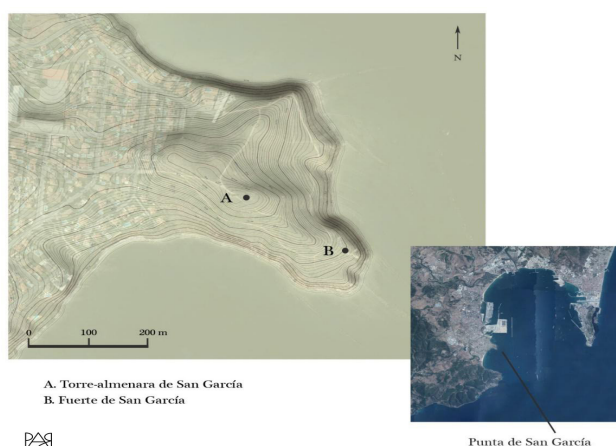


Fig. 1. Vista cenital del modelo LIDAR de la Punta de San García (Algeciras), con sus curvas de nivel, junto con la ortofoto actual de la Bahía de Algeciras en la que se indica su posición. Con la letra A se señala la situación de la Torre de San García sobre la Punta.

Documentación histórica de la Torre de San García

El primer paso –y quizás el más importante– para poder llevar a cabo una reconstrucción virtual fiable es el proceso de documentación y análisis histórico/arqueológico de la propia estructura que se vaya a documentar. El cabo conocido como la Punta de San García es un enclave estratégico natural que se encuentra entre dos buenos fondeaderos, bien abrigados de los vientos dominantes del Estrecho de Gibraltar: la ensenada de Getares, al norte, y la desembocadura del río de la Miel, al sur³.

² A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ 2001, p. 238.

³ R. JIMÉNEZ-CAMINO ÁLVAREZ; A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ; *et al.* 2009, p. 363.



La Torre de San García es una de las numerosas estructuras de vigía y defensa que guardaba el Estrecho. Se trataba de una torre de marina⁴ que, tal cual la conocemos, debió ser levantada a finales del siglo XVI, en tiempos de Felipe II. Era una torre artillada que ejercía la función de vigilancia marítima y de transmisión de señales⁵ en este punto de tanta importancia. En 1588 tenemos noticias de que existía una torre arruinada en este punto y se tuvo que proceder a su reconstrucción en el momento en el que se establecía el sistema de vigilancia costera que se mantendría durante la Edad Moderna, pues en 1608 ya tenemos una nueva noticia de su existencia en funcionamiento⁶. En la parte alta de este tipo de torres se colocaban hogueras que hacían las veces de señales de fuego y humo para indicar la presencia enemiga en la costa. Un antiguo viajero inglés, según recoge Sáez Rodríguez, hizo referencia al edificio con el nombre de “la torre de señales llamada Martello”, usando una denominación genérica en su país para las torres de vigilancia⁷, y constituyendo también una muestra del uso principal que tenían este tipo de torres, que se comunicaban mediante ahumadas durante el día y con fuego durante la noche. Este tipo de defensa se caracterizaba por no disponer de guarniciones militares permanentes, obligando a sus ciudadanos a constituirse en milicias que salían a la defensa de la zona en estos puntos estratégicos en caso de ataque por parte, principalmente, de los piratas turco-berberiscos⁸.

La torre de San García era un edificio de piedra de planta circular, con base de calicanto⁹, de mayor grosor en la base y menor en la parte más alta, dentro del tipo de torre pequeña filipina. A finales del siglo XVII se dice que la torre es “de muy buena estofa” y “capaz de tres piezas de artillería arriba, y en los huecos de enmedio se pueden hazer oficinas para municiones”¹⁰. Pese a que existen divergencias en torno al diámetro de la torre, lo más probable es que éste fuera de 13 metros y medio en la base, lo que coincide con la huella de los cimientos que actualmente se puede contemplar en la Punta de San García. De la altura poco podemos saber pues no se conservan noticias de ella. Quizás lo único que tenemos son una planta y una sección que se conservan en el Archivo de la Región Militar Sur (Comandancia de Sevilla), realizadas en 1845 y que constituyen las primeras imágenes publicadas de este edificio¹¹. Gracias a ellas es posible

4 R. VALDECANTOS 1996.

5 *Idem*.

6 A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ 2001, p. 240.

7 *Ibidem*, p. 238

8 R. JIMÉNEZ-CAMINO ÁLVAREZ; A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ; *et al.* 2009, p. 364.

9 *Idem*.

10 Aparece en el “Informe del Consejo de Castilla del 10 de Septiembre de 1691”. SÁEZ RODRÍGUEZ, A. J. (2001): p. 240

11 A.R.M.S.: Archivo de la Región Militar Sur (Comandancia de Sevilla). Plano de la Punta de SanGarcía, nº 4. Doc. 457 (1845).



recrear sus proporciones. Un buen paralelo, probablemente, sería el de la Torre de Gualdamesí aunque la Torre de San García tendría una sola estancia elevada, al estilo de la linense Torre Nueva. Sería quizás también parecida a la Torre del Tajo en Barbate, que alberga del mismo modo una única estancia interior. La torre tendría un acceso elevado a su única estancia orientado hacia el oeste, al que se llegaría mediante escalas de cuerda. En su terrado podría alojar artillería y, según sabemos, en 1616 la torre requería tres guardas y un artillero. En 1618 se insiste en la necesidad de la defensa de la misma, hablando de la importancia de tenerla bien ataviada con dos sacres, munición, pertrechos, cuatro mosquetes, etc., para defender una zona de la costa que frecuentemente se encontraba asaltada por el enemigo¹². Se trataba así de una torre artillada a medio camino entre la torre almenara de señales y el fuerte costero que se construirá más adelante. La torre de San García tenía enlaces ópticos con la almenara de Punta Carnero, al sur y con la de la Torre de Don Rodrigo, al norte, en el puerto de Algeciras¹³.

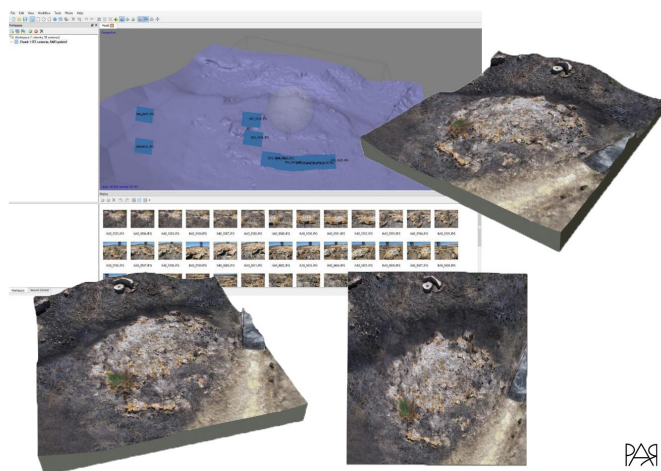


Fig. 2. Captura de pantalla en Photoscan del proceso de creación del modelo fotogramétrico de los restos actuales de la Torre de San García; tres renderizados del modelo 3D obtenido.

Entre la torre y el extremo oriental del cabo se construyó en el primer tercio del siglo XVIII el Fuerte de San García, un fuerte de artillería costera que, junto con los de Punta Carnero y la Isla Verde de Algeciras¹⁴, protegía el litoral sur de la ciudad. El proyecto del fuerte contemplaba la conservación de la Torre de San García dada su buena calidad, y su integración dentro del proyecto del Fuerte.

¹² A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ 2001, pp. 240 y 241.

¹³ A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ 2001, p. 238.

¹⁴ *Idem*.



Sabemos, sin embargo, que la torre quedó arruinada, poco a poco, a lo largo del siglo XVIII y que en 1769 fue reparada de nuevo, probablemente para ser usada exclusivamente como almacén de pólvora del Fuerte. Las labores de voladura de éste llevadas a cabo por los ingleses en 1810, aliados de España en la Guerra de la Independencia, afectaron de manera destacada a la torre, cuya bóveda quedó destruida¹⁵. Su deterioro fue progresivo durante las primeras décadas del siglo XIX pero debió de ser reparada en la década de 1840 porque en el 55 está en buen estado y sirve de alojamiento a los carabineros de la Real Hacienda.

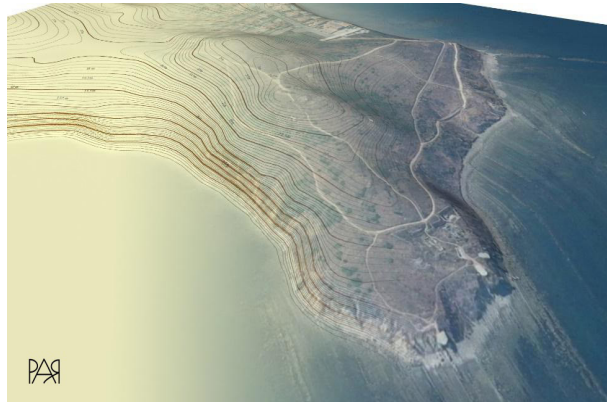


Fig. 3. Renderizado con curvas de nivel y ortofoto del modelo LIDAR de la Punta de San García.

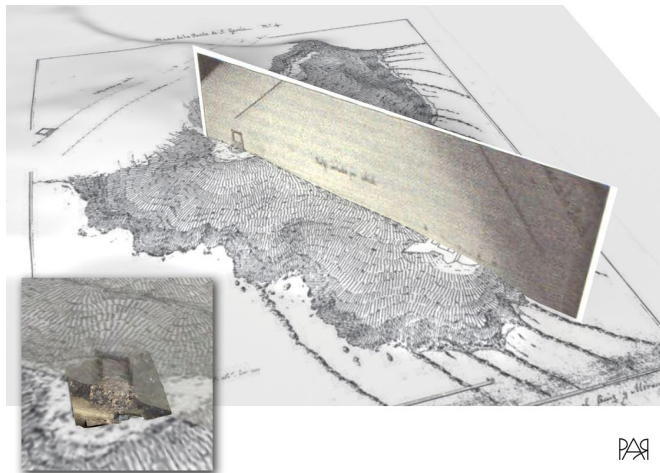


Fig. 4. Para comenzar a crear la torre se dispusieron la planta y la sección de la torre dibujadas en el s. XIX y el modelo fotogramétrico de los cimientos actuales en un entorno 3D en Blender.

¹⁵ *Ibidem*: pp. 240 y 241.



Durante la Primera República fue escenario de un enfrentamiento entre los carabineros locales y el Batallón de Voluntarios de Algeciras por la posesión de armamento, en el marco de la constitución del Cantón Algecireño. El desmantelamiento definitivo de la torre llegó, probablemente, a finales del s. XIX cuando se levantó en sus inmediaciones una de las baterías provisionales del Ejército de Tierra para la defensa de la Bahía de Algeciras en 1898¹⁶.

Teniendo en cuenta los datos disponibles –que no son muchos- de la Torre de San García, se entiende que el mejor paralelo de la misma es la Torre del Tajo en Barbate¹⁷.

Proceso de realización de la reconstrucción virtual

Para llevar a cabo el modelado de la torre -que ha sido realizado íntegramente en Blender- se ha dispuesto el plano de 1845 correctamente colocado sobre el MDT (modelo digital del terreno) LIDAR actual¹⁸. Después se colocó la sección llevada a cabo en la misma fecha exactamente en el punto que le corresponde, haciendo coincidir la planta de la torre con su alzado. Posteriormente fue posicionado el modelo fotogramétrico en 3D de los restos actuales de la torre.

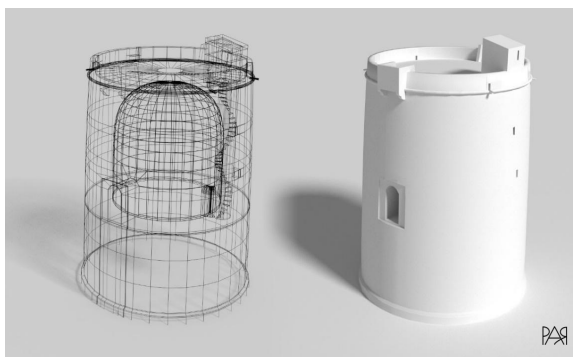


Fig. 5. Vista alámbrica y en blanco de un primer boceto de la reconstrucción virtual de la torre de San García.

16 *Ibidem*: pp. 241 y 242.

17 Esta opinión la comparte también el arqueólogo municipal de Algeciras, Rafael Camino, cuya ayuda ha sido inestimable para llevar a cabo con precisión la reconstrucción virtual de la torre. Fue él quien nos aconsejó sobre elementos como la cuerda de acceso a la torre, la garita superior, las ladroneras, la posición de los cañones directamente sobre el coronamiento del muro y no en troneras, etc.

18 Esta información geográfica, junto con la ortofoto del PNOA y las curvas de nivel de la Punta de San García, ha sido obtenida de la web del IGN (<http://www.ign.es/ign/main/index.do>). Consultado a 26/04/2015.



A partir de fotografías de la Torre del Tajo, de la documentación gráfica de la Torre de San García conservada desde el siglo XIX y del modelo 3D fotogramétrico de sus cimientos se comenzó a modelar la reconstrucción virtual de la torre. Posteriormente, también en base a las imágenes actuales de la Torre del Tajo y de la de Gualdamesí, se recreó la textura, dejando ver la construcción de la torre con fábrica de mampostería y el recubrimiento con un enlucido que la protegía de las inclemencias del tiempo. Se decidió reconstruir el encalado en un momento en el que se había perdido parte de él para que así fuera posible contemplar también la fábrica interior y el realismo de la representación sea mayor.



Fig. 6. Primer boceto en 3D de la torre de San García texturizado.

Se pensó que podría resultar interesante reconstruir también, tal y como nos dicen las citadas fuentes de 1616 y 1618, lo que contenía la torre por aquel entonces, a saber: dos sacres (culebrinas de bajo calibre), cuatro mosquetes, munición, pertrechos, tres guardas y un artillero. Su reconstrucción fue realizada en base a varios repositorios de imágenes entre los que destaca la información que podemos encontrar en *Artillery Through the Ages: A short illustrated history of cannon, emphasizing types used in America*¹⁹.

Así mismo, se llevó a cabo un proceso de documentación para recrear el resto de elementos que componen la escena, como los mosquetes o los morriones de los guardas²⁰. El resto de los objetos reconstruidos (maderas, barriles, cajas,

19 A. MANUCY 2007; además se han consultado otras páginas web que tratan sobre el tema y que muestran, de forma más o menos detallada, cómo eran este tipo de piezas de artillería en la Edad Moderna. Por ejemplo, se han utilizado algunas de las infografías publicadas en esta entrada del blog "Amo del Castillo": <http://amodelcastillo.blogspot.com.es/2011/09/artilleria-de-plaza-y-sitio-2-parte-el.html> Consultado a 26/04/2015.

20 Se han consultado varias publicaciones y páginas web entre las que se encuentran: http://www.aetasrationis.com/uploads/2/0/8/2/2082620/mosquetes_espaoles_en_la_batalla_de_almansa.pdf; http://www.juntadeandalucia.es/culturaydeporte/museos/media/docs/MACSE_armas.pdf (Consultado a 26/04/2015) y http://es.wikipedia.org/wiki/Morri%C3%B3n#mediaviewer/Archivo:Morri%C3%B3n_en_Sevilla.JPG (Consultado a 26/04/2015).



sacos, etc.) son comunes a todas las épocas preindustriales por lo que se han utilizado objetos de archivo.



Fig. 7. Varios modelos 3D de objetos incluidos en la reconstrucción virtual de la torre.

De este modo, da la impresión de que se consigue hacer más didáctica la reconstrucción de la torre y ambientarla en la época referida (en torno a 1620) aunque se trata de un edificio que tuvo distintas fases de uso hasta principios del siglo XX.

Se ha llevado a cabo, además, una sección “manual” del modelo que nos permite ver de forma más didáctica las diferentes partes de la torre, obteniendo como resultado una infografía muy clara y explicativa de la torre.



Fig. 8. A la izquierda se puede ver la reconstrucción virtual de la torre de San García, en un momento del proceso de su creación, con la sección realizada de forma manual para



que se aprecie el interior. A la derecha, en cambio, se observa la reconstrucción virtual completa, sin la sección, y con la corrección de algunos detalles.



Fig. 9. Renderizado de detalle de la reconstrucción.

Posteriormente se ha usado el software de renderizado Lumion para llevar a cabo imágenes y animaciones que han permitido enriquecer el audiovisual final que se expondrá en el Centro de Interpretación para el que ha sido realizado esta reconstrucción. Así mismo, la reconstrucción virtual de la torre de San García ha sido ya dispuesta en un panel en la propia Reserva de la Biosfera de Algeciras.

Para la correcta comprensión de la autenticidad y el nivel de evidencia histórico arqueológica de cada parte de la reconstrucción se ha usado la escala de evidencia histórico-arqueológica.

Conclusión

Las reconstrucciones virtuales no son nunca cartas en blanco en las que podamos realizar un ejercicio de total imaginación que nos lleve a falsear la Historia. Tampoco son documentos que nos permitan saber con exactitud y sin sombra de duda cómo fue un determinado entorno de nuestro pasado. Son hipótesis gráficas que nos empujan a trazar una posible imagen de nuestra Historia, a asomarnos a los retazos de lo que un día quizás fue, sin tener nunca al cien por cien la seguridad de lo que vemos. Es por ello que este tipo de artículos, en los que se explican los pasos que nos han llevado a dar forma a una reconstrucción virtual de esta y no de otra manera, son fundamentales para que la Arqueología Virtual avance como disciplina científico-social.



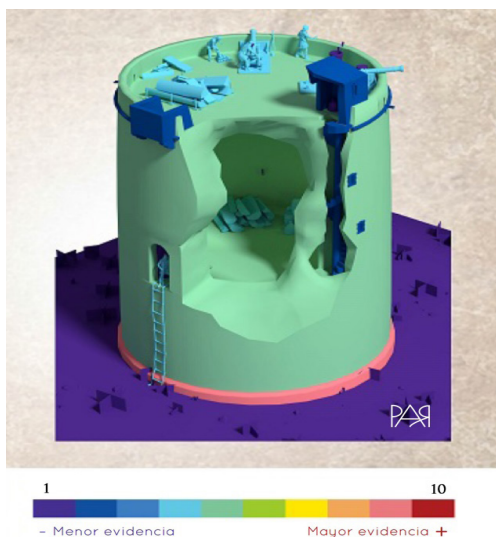


Fig. 10. Escala de evidencia histórico-arqueológica de la reconstrucción virtual de la torre de San García.

Bibliografía

- A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ: *Almenaras en el Estrecho de Gibraltar. Las torres de la costa de la Comandancia General del Campo de Gibraltar*. Instituto de Estudios Campogibraltares, 2001.
- A. MANUCY: *Artillery Through the Ages. A Short Illustrated History of Cannon, Emphasizing Types Used in America*. 2007.
- A.R.M.S.: *Archivo de la Región Militar Sur (Comandancia de Sevilla)*. Plano de la Punta de SanGarcía, nº 4, Doc. 457, 1845.
- R. JIMÉNEZ-CAMINO ÁLVAREZ; A. J. SÁEZ RODRÍGUEZ; *et al.*: "El fuerte costero de San García (s. XVIII): excavación y restauración del hornabeque", *Caetaria*, Nº 6-7, pp. 361-384, 2009.
- R. VALDECANTOS: "Las torres de almenara del litoral de la provincia de Cádiz (las torres de marina): estudio tipológico y consideraciones terminológicas", *Estudios de Historia y Arqueología Medievales*, Nº XI, pp. 481-501, 1996.

