

SÈRIE MONOGRÀFICA **25.2**

Museu d'Arqueologia de Catalunya **Girona**

Experimentación en arqueología. Estudio y difusión del pasado



BIBLIOTECA DE CATALUNYA, DADES CIP:

Congreso Internacional de Arqueología Experimental (3r : 2011 : Banyoles, Catalunya)

Experimentación en arqueología : estudio y difusión del pasado. –
(Sèrie monogràfica ; 25)

Comunicacions presentades al III Congreso Internacional de Arqueología Experimental, celebrat a Banyoles els dies 17, 18 i 19 d'octubre de 2011. –
Bibliografia. – Textos en castellà, català, francès i anglès, resums en català o castellà i anglès

ISBN 9788439390244 (o.c.)

I. Palomo Pérez, Antoni, ed. II. Piqué i Huerta, Raquel, ed.
III. Terradas, Xavier, ed. IV. Museu d'Arqueologia de Catalunya-Girona
V. Títol VI. Col·lecció: Sèrie monogràfica (Museu d'Arqueologia de Catalunya-Girona) ; 25

1. Arqueologia experimental – Congressos
904(061.3)

© De l'edició: Museu d'Arqueologia de Catalunya - Girona
De les fotografies i textos: *autores correspondientes*

COORDINACIÓ EDITORIAL: J. Baena, R. Buxó i R. Rosillo
DIRECCIÓ SÈRIE MONOGRÀFICA
NÚM. 25: R. Buxó

ASSESSORAMENT CIENTÍFIC I REVISIONS: N. Alonso, E. Allué, B. Agustí, J. Baena, À. Bosch, R. Buxó, I. Clemente, J. F. Gibaja, C. Masriera, M. Mozota, A. Morgado, I. Ollich, R. Paardekooper, J. Pou, R. Rosillo, C. Rovira, M. Saña i J. Tarrús

DISSENY GRÀFIC: J. M. Mir
Col·laboradors: M. Bachs i J. Sallarés

COORDINACIÓ DE L'EDICIÓ I PRODUCCIÓ: Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions
IMPRESA: Alzamora Gràfiques
CORRESPONDÈNCIA: Museu d'Arqueologia de Catalunya - Girona
I INTERCANVIS: Pedret, 95 - 17007 Girona
Tel. +34 972 20 46 37
Fax +34 972 21 64 87
E-mail: jllorens@gencat.cat
www.mac.cat

ISBN (obra completa): 978-84-393-9024-4
ISBN (volum 2): 978-84-393-9094-7
Dipòsit Legal: B. 12755-2013

EXPERIMENTACIÓN EN ARQUEOLOGÍA. ESTUDIO Y DIFUSIÓN DEL PASADO

GIRONA, 2013

Edición a cargo de

Antoni Palomo Raquel Piqué Xavier Terradas

Volumen 25.2

SUMARIO

VOLUMEN 25.1

Experimentación en arqueología. Estudio y difusión del pasado	
Presentación	13
Antoni Palomo, Raquel Piqué y Xavier Terradas	
Talleres de arqueología experimental: construcción de un tejado romano y policromía al temple en la antefija	17
María Lacal Ruiz y María José Acelga Martínez	
Experimentació didàctica en arqueologia. El projecte educatiu del camp d'aprenentatge de la Noguera	23
Antoni Bardavio Novi, Paloma González Marcén y Jezabel Pizarro Barberà	
Parque arqueológico Minas de Gavà (Baix Llobregat-Barcelona).	263
Experimentación, experiencia y recursos pedagógicos	29
Mònica Borrell, Josep Bosch, Montserrat Buch y Antoni Palomo	
Arqueología experimental: un recurso para el aprendizaje significativo y de descubrimiento en el poblado neolítico de La Draga (Banyoles – Girona)	35
Montserrat Buch i Llorach, Sílvia Comellas i Compte y Antoni Palomo Pérez	
Experimental approach to hide-processing tasks combining the use of bone and basalt tools: the Neolithic case of Tell Halula (Middle Euphrates valley, Syria)	43
Maria Bofill y Buchra Taha	
Análisis de la composición química de partículas y precipitados minerales en material leñoso: madera flotada o no flotada en el sitio Orejas de Burro 1 (Santa Cruz, Patagonia Argentina)	55
Laura Caruso Fermé y Eneko Iriarte Avilés	
Aperos para pesca e instrumentos para el procesado de pescado en Zamostje 2 (Rusia): una experimentación para reconocer los rastros de uso	63
Ignacio Clemente Conte, Yolaine Maigrot, Evgeni Y. Gyria, Olga V. Lozovskaya y Vladimir M. Lozovsky	
Modes de fabrication des outils en bois dans le Mésolithique d'Europe orientale: approche expérimentale-tracéologique	73
Olga V. Lozovskaya y Vladimir M. Lozovski	
La tecnología de elaboración de los brazaletes anchos de piedra neolíticos del sur de la Península Ibérica. Aproximación experimental	85
Francisco Martínez-Sevilla	

	¿Percutores, astillados sobre núcleos o bujardas? Las bujardas de sílex de la prehistoria reciente del sur de Iberia: definición, experimentación y significado tecnoeconómico	95
	Antonio Morgado y Francisco Martínez-Sevilla	
	Tallar para pulir. Experimentación sobre la elaboración de hachas pulimentadas de rocas ofíticas en el sur de Iberia	107
	Antonio Morgado, Francisco Martínez-Sevilla y José Antonio Lozano	
	Un programa experimental para la obtención y uso de retocadores en fragmentos óseos de grandes ungulados (<i>C. elaphus</i> y <i>B. taurus</i>)	117
	Millán Mozota	
	Second résultat sur le port du troisième collier expérimental	125
	Paulette Pauc	
	Reproducción experimental de la perforación de los bastones perforados paleolíticos	131
	Francisco José Redondo Sanz	
	Técnicas escultóricas en la fabricación de las estelas con cuernos neolíticas de la Serra del Mas Bonet (Vilafant, Alt Empordà-nordeste peninsular)	139
	Rafel Rosillo, Antoni Palomo y Vera Montinho	
	Aproximación experimental a la explotación medular de huesos largos de grandes animales y su aplicación arqueológica al Nivel 3 <i>colluvio</i> de Isernia La Pineta (Molise, Italia)	147
	Miquel Rovira Formento e Isabel Cáceres	
264	Estudio experimental de un elemento singular de la industria ósea en el norte del Próximo Oriente neolítico: elementos con bisel y empuñadura	157
	Buchra Taha	
	Programa experimental para identificar la lateralidad manual a partir de la tecnología lítica y la distribución espacial de los restos	167
	Amèlia Bargalló, Núria Geribàs y Marina Mosquera	
	Approche expérimentale de la variabilité des industries du Paléolithique moyen. L'intérêt d'évaluer les niveaux de compétence des expérimentateurs	177
	Michel Brenet, Mila Folgado y Laurence Bourguignon	
	Characterization of human knapping behaviors: an experimental approach for the recognition of knapping errors and novice flint-knappers	183
	Cecilia Buonsanto y Carlo Peretto	
	Estudio experimental de la variación en las propiedades magnéticas de artefactos líticos alterados por procesos de calentamiento	191
	Ángel Carrancho Alonso, Rodrigo Alonso Alcalde y Marcos Terradillos Bernal	
	Approche fonctionnelle des hachereaux du Paléolithique moyen récent de la région vasco-cantabrique	201
	Marianne Deschamps, Émilie Claud, David Colonge, Vincent Mourre, Christian Servelle y Céline Thiébaud	
	<i>Fulgit item si percutiat lapis aut ferrum.</i> Aproximación experimental para la caracterización de encendedores de época tardoromana en la península Ibérica	211
	Mario Gutiérrez Rodríguez y Antonio Morgado	

La producción laminar durante el Paleolítico medio en el norte y el sudoeste de Francia: el aporte de la experimentación	219
Iluminada Ortega, Jean-Luc Loch, Marie Soressi, Joseba Ríos-Garaizar, Laurence Bourguignon, Frédéric Blaser, Émilie Goval, Frédéric Grigoletto y Nathalie Sellier	
Lascas de puesta en funcionamiento, de reacondicionamiento y de reciclado de las raederas Quina: estimación e interpretación tecno-económica	229
Laurence Bourguignon, Alain Turq y Jacques Fauquignon	
Lithic tools transportation: new experimental data	237
Niccolò Mazzucco e Ignacio Clemente	
Estudio tecnológico del material lítico tallado procedente del yacimiento calcolítico “Casas del Cejo” (Lorca, Murcia)	247
Juan Antonio Marín de Espinosa Sánchez, Ignacio Martín Lerma y Antonio Tarriño Vinagre	

VOLUMEN 25.2

Chert taphonomical alterations: preliminary experiments	269
Niccolò Mazzucco, Francesco Trenti, Ignacio Clemente Conte y Juan Francisco Gibaja	
La aptitud de los hendedores para el corte de madera: diferencias entre el sílex y la cuarcita	279
Rafael Domingo Martínez	
Experimentando con proyectiles fabricados en materias primas distintas al sílex	285
Carlos Rodríguez Rellán	
La gestión de las materias primas en los repertorios líticos del modo 2 y primer modo 3 de la Meseta norte (Península Ibérica). Una aproximación desde la arqueología experimental	293
Marcos Terradillos Bernal	
Aproximación experimental al tratamiento térmico de materias primas pétreas por procedimientos naturales	301
Francisco José Vicente Santos y Paula Ortega Martínez	
Experimentació sobre emmagatzematge en sitges a Sant Esteve d'Olius (Solsona, Lleida)	309
Ramon Cardona Colell, Conxita Ferrer Alvarez, Jordi Morer de Llorens, Josep Pou Vallès, David Asensio i Vilaró y David Tous	
La construcció de sitges amb eines de fusta o banya i de ferro al centre d'experimentació protohistòrica de Verdú	319
Georgina Prats, Natàlia Alonso, Francesc Cantero, Dani López, Antoni Palomo, Oriol López y Alfredo Cano	
Nuevas vías de investigación del cultivo de la vid en época clásica. Técnicas de estudio, caracterización e identificación de variedades de uva antiguas para su plantación en viñedo romano experimental	327
Antoni Martín i Oliveras	

La creació d'un camp experimental per a la protohistòria a la fortalesa ilergeta dels Estinçlells (Verdú, l'Urgell)	337
Jordi Morer de Llorens, Ramon Cardona Colell, Conxita Ferrer Alvarez, Cristina Garcia Dalmau, Josep Pou Vallès, David Asensio Vilaró y Oriol Saula Briansó	
L'Esquerda, 20 anys de conreu experimental	347
Imma Ollich, Montserrat de Rocafiguera, Maria Ocaña y Carme Cubero	
Experimentació sobre la construcció i la crema d'un paller	355
Imma Ollich, Montserrat de Rocafiguera, Maria Ocaña, David Serrat, Carme Cubero, Joan S. Mestres, Oriol Amblàs y Pau Espona	
La siderurgia en el mundo ibérico. Primeros datos a partir de la experimentación arqueológica	363
José Miguel Gallego Cañamero	
Identificación de técnicas decorativas por impresión cardial en cerámicas neolíticas del ámbito granadino a través de la arqueología experimental	371
Jesús Gámiz Caro	
Aproximació al gest tecnològic: la decoració cardial de Caserna de Sant Pau del Camp (Barcelona)	377
Anna Gómez, Pau Alberch, Adrià Breu y Miquel Molist	
Las trompas numantinas: aproximación a su estudio acústico en una cocción experimental con una reproducción de un horno de la segunda Edad del Hierro	387
Raquel Jiménez Pasalodos, Carlos García Benito y Juan Jesús Padilla Fernández	
La chaîne opératoire expérimentale en céramologie. Les formes à profils complets de Strette (Haute-Corse)	397
Angélique Nonza-Micaelli	
Estudio experimental de los orígenes de la metalurgia del cobre en el sur de Iberia: la vasija horno	407
Alberto Obón Zúñiga y Abel Berdejo Arcéz	
Aproximación experimental a la modificación de hogares por parte de carnívoros durante el Pleistoceno. Metodología y primeros resultados	417
Edgard Camarós, Marián Cueto, Luis C. Teira, Jesús Tapia, Miriam Cubas y Florent Rivals	
Reproduir la ceràmica ibèrica: un nou repte de l'arqueologia experimental (2)	425
Ramon Cardona Colell, Noelia Calduch Cobos, José Miguel Gallego Cañamero, Borja Gil Limón y Josep Pou Vallès	
El projecte d'arquitectura ibèrica del camp experimental de la protohistòria (CEP) de la fortalesa ilergeta dels Estinçlells	433
Ramon Cardona Colell, Conxita Ferrer Alvarez, Cristina Garcia Dalmau, Borja Gil Limón, Jordi Morer de Llorens, Josep Pou Vallès, Oriol Saula Briansó y David Asensio Vilaró	
Reconstitution expérimentale d'un habitat néolithique de la Corse : premiers résultats	441
Antonia Colonna y Nicolas Mattei	
Experiment and indirect evidence (the reconstruction of Chalcolithic architecture)	447
Dragoş Gheorghiu	

Cámaras de cocción móviles de la Edad del Hierro del NO Peninsular: una propuesta de reconstrucción experimental	453	
Josefa Rey Castiñeira, Andrés Teira Brión, Nuria Calo Ramos, Javier Rodríguez Corral y Tomás López González		
La policromía en las terracotas arquitectónicas procedentes de la Hispania romana: conclusiones sobre los trabajos de experimentación arqueológica	463	
María Luisa Ramos		
La cadena técnico-operativa del alfar de Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila): la construcción experimental de un horno cerámico de la II Edad del Hierro	467	
Juan Jesús Padilla Fernández, Raquel Jiménez Pasalodos, Carlos García Benito y Linda Chapon		
Restitución formal y funcional de un horno romano de la alfarería de Quinta do Rouxinol (Seixal, Portugal): arqueología experimental, control de condiciones de cocción y análisis del material cerámico	477	
Jorge Raposo, João Coroado, Ricardo Triães, Carlos Fabião, João Almeida y Cézer Renato dos Santos		
De la investigació arqueològica a la reconstrucció històrica	487	
Roger Benito, Georgina Castells, Jordi Chorén y José Miguel Gallego		
El modelo de estudio del pecio <i>Ouest Giraglia 2</i> (Córcega)	495	
Carlos de Juan Fuertes		
Experimentando con distribuciones espaciales en CPU: simulación estocástica y visualización como complementos analíticos en el análisis espacial arqueológico	503	267
Alfredo Maximiano Castillejo		
Desgast dental experimental: patrons per a establir usos culturals de la dentició en poblacions prehistòriques	511	
Jordi Porras, Marina Lozano, Jordi Ruiz, Juan Francisco Gibaja, Antoni Palomo y M. Eulàlia Subirà		
Aplicación experimental de sistemas de información geográficos a la prospección y análisis de áreas de captación de rocas silíceas en la prehistoria. El caso práctico del Abric Romaní y el Molí del Salt	517	
María Soto, Bruno Gómez de Soler, Josep Vallverdú y Manuel Vaquero		

CHERT TAPHONOMICAL ALTERATIONS: PRELIMINARY EXPERIMENTS

Niccolò Mazzucco* Francesco Trenti** Ignacio Clemente Conte* Juan Francisco Gibaja*

En aquest treball presentem els resultats preliminars d'un programa experimental organitzat amb l'objectiu d'abordar l'estudi dels rastres produïts per determinats processos postdeposicionals que afecten les superfícies dels instruments lítics. Considerem tant les alteracions mecàniques com les d'origen químic. Amb aquest estudi pretenem contribuir a l'anàlisi del conjunt lític procedent del jaciment arqueològic de la Cueva del Sardo.

Cueva del Sardo, instruments lítics, fenòmens postdeposicionals.

En este trabajo presentamos los resultados preliminares de un programa experimental organizado con el objetivo de abordar el estudio de los rastros producidos por determinados procesos postdeposicionales que afectan a las superficies de los instrumentos líticos. Consideramos tanto las alteraciones mecánicas cuanto las de origen químic. Con este estudio pretendemos contribuir al análisis del conjunto lítico procedente del yacimiento arqueológico de la Cueva del Sardo.

Cueva del Sardo, instrumentos líticos, fenómenos postdeposicionales.

269

1. INTRODUCTION

The study of post-depositional alterations of chert is an important issue in microwear analysis. It not only provides a reference for a correct interpretation of use-wear traces to distinguish human from natural modifications, but it also offers a record of some of the processes that affected the lithic assemblage during deposition and pedogenesis. However, even if a number of scholars have been trying to deepen the comprehension of the mechanisms responsible for the alteration of prehistoric chert artifacts (Rottländer 1975; Keeley *et al.* 1980; Vaughan 1981; Mansur-Francomme 1986; Levi Sala 1986; Plisson 1985; Howard 2002; Burroni *et al.* 2002), post-depositional modifications remain a controversial issue in use-wear research.

Nevertheless, researchers admit that most of the archaeological assemblages were to some extent affected by some kind of post-depositional alteration. Moreover, not only the chert material itself, but also the use-wears (Gijn 1986; Plisson/Mauger 1988) and the residues conserved on lithic surfaces (Langejans 2010), are strongly

influenced and could be potentially destroyed by the action of taphonomic processes.

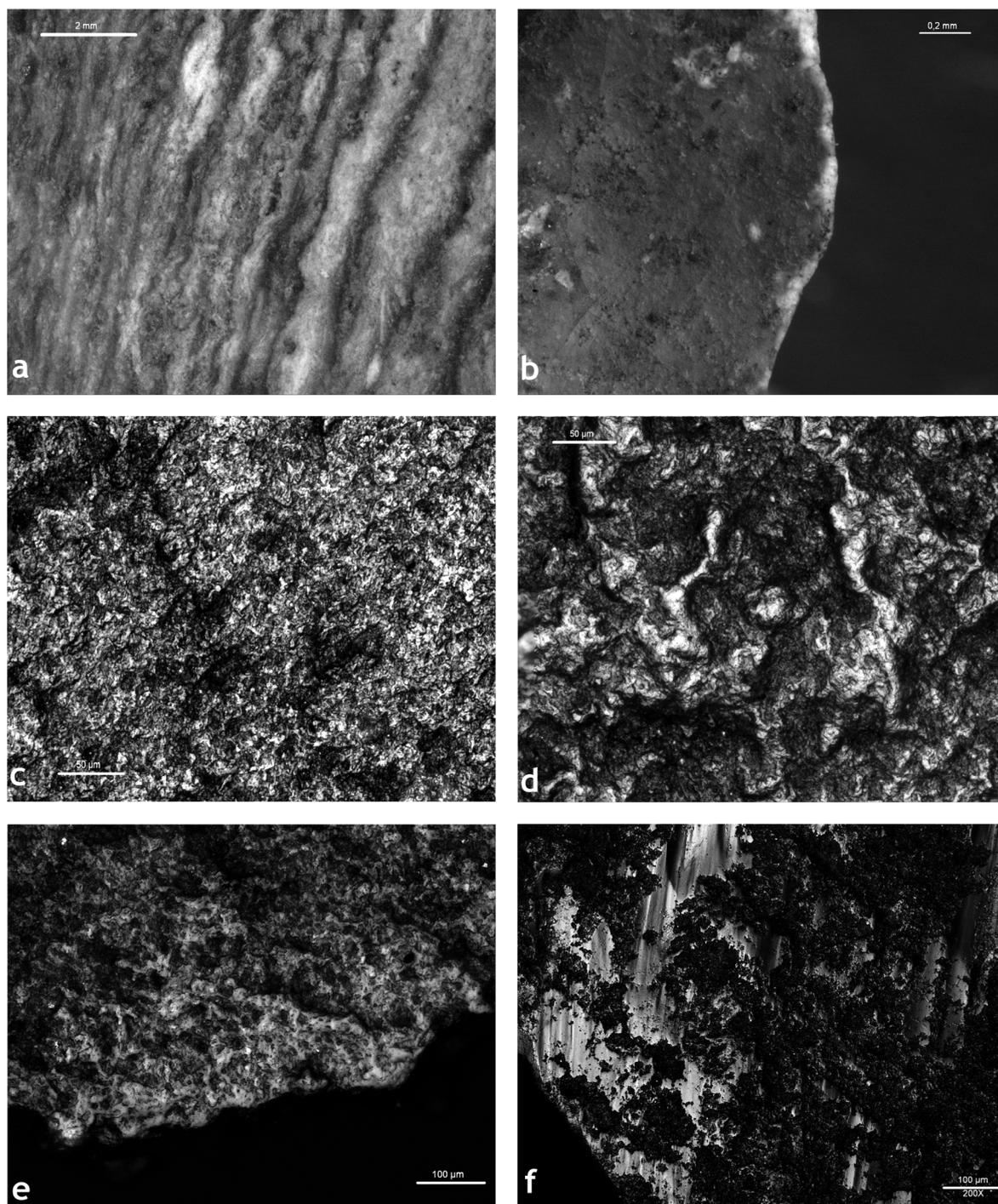
As Burroni *et al.* stated: "the probability that a discarded fresh chert flake will maintain the original surface, during long period until it is uncovered, is incredibility small" (Burroni *et al.* 2002, 1278). Thus, to enhance interpretative frameworks for the study of past human activities a better understanding of the relevant post-depositional processes is necessary.

2. ARCHEOLOGICAL CONTEXT

This work participates in the study of the Cova del Sardo site, a small rock-shelter located in the Central Pyrenees, at about 1800 m.s.l. The cave has been inhabited by prehistoric populations during Neolithic and Chalcolithic (between V-III millennium calBC), through a series of five different occupational phases. All the lithic materials have been studied in terms of provenance, technological and microwear analysis (Gassiot *et al.* 2012).

* CSIC Institució Milà y Fontanals, Barcelona, Spain; niccomazzucco@imf.csic.es; ignacio@imf.csic.es; jfgibaja@imf.csic.es.

** Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze delle Antichità "G. Pasquali", Firenze, Italia; francesco.trenti@teletu.it.



270

Figure 1. Alterations detected on archeological assemblage. a) Stereoscopic image of white-yellow patina. *8x magnification*; b) Stereoscopic image of white patina spots on the edge of a tool. *15x magnification*; c) Moderate lustre. See how the rounding mainly affects the highest point of the topography, while depressions and craters remain unaltered. *400x magnification*; d) Strong lustre. See how the rounding mainly affects the highest point of the topography, while depressions and craters remain unaltered. *400x magnification*; e) Altered plant polish. Silica gel is partially dissolved, characterized by craters and roughness. *200x magnification*; f) Unspecific polish of unknown origin. *200x magnification*.

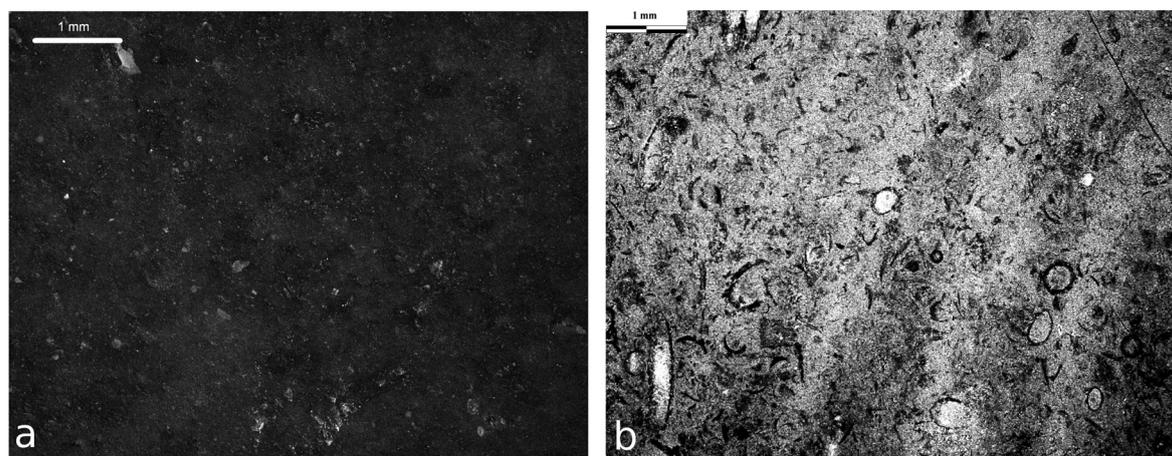


Figure 2. Unaltered experimental samples. a) Stereoscopic image of a freshly knapped implement of Oligocene-Miocene chert type from Ebro Central Depression. *5x magnification*; b) Thin section of the same chert type. *2x magnification*.

During the study of the materials we identify a number of features that suggested the influence of some disturbing agents over the assemblage. Among those:

- i. the presence of extensive patinas (Fig. 1, a-b);
- ii. the presence of rounded surfaces (Fig. 1, c-d);
- iii. the pronounced roughness of some of the use-polishes observed on the edges of the tools (Fig. 1, e);
- iv. the presence of unknown or unspecific alterations (Fig. 1, f).

All those features were usually classified as post-depositional modifications, but no explication about their causes or the processes that produced them is generally given. They are collected under ambiguous terms such as “alteration”, “sheen”, “patina” or “lustre” which often assume different significances that overlap with one another.

The objective of this experimental program was to investigate which effects have been produced by post-depositional processes on the Cova del Sardo lithic assemblage, both on macro and microscopic level. Our aim is to define and classify the observed alterations on the basis of the phenomena that produced them. In this way, we will be able to obtain additional information on the Cova del Sardo depositional environment, as well providing a refined interpretation of the prehistoric implements, being capable to discern more clearly which wears were produced by human actions and which modifications were produced by natural agents.

3. MATERIALS AND METHODS

A series of samples were prepared in order to investigate some of the alterations detected among the lithic assemblage of the Cova del Sardo site. Chert samples

(Fig. 2, a-b) were collected from the same sedimentary depositional environment of the archaeological specimens, in the Central Ebro Valley. This raw material, of a dark-brown coloration, is characterized by a cryptocrystalline matrix, occasionally banded, with the presence of charophyte stems, oogonies and chalcedony with optically negative elongation (Gassiot *et al.* 2012). Analysis of chert samples through X-ray Powder Diffraction (XRD) indicates a relevant percentage of non-silica materials, mostly carbonate elements (Tab. 1).

Two different classes of experiments were realized to reproduce both 1) mechanical and 2) chemical post-depositional surface alterations.

1. *Mechanical alterations* are mainly produced on chert surfaces by soil physical forces. The intensity of those forces depends on a great number of factors, such as the specific soil structure, the amount of water in the soil, the amount and the type of organic matter, the presence of specific oxides, the type of vegetation, and the effect of other natural agents such as wind, ice, snow, etc.

For the moment, our experimental program will be focused on the replication of the effects of soil mechanical forces on lithic surfaces, through the employment of a tumbling machine. Similar experiments, even if they are a simplistic approximation of the natural processes, have already been realized by use-wear analysts (Plisson 1985; Levi-Sala 1986; Plisson/Mauger 1988; Clemente 1997) and represent a useful instrument to reproduce some of the types of post-depositional modifications.

We decided to replicate a tumbler experimentation, as previous studies were realized on different types of chert and soils. To best approximate the conditions of our archaeological context, we used the same sediment that we found in the archaeological layers: a deposit of loess

with the diffuse presence of granite gravels and charcoals (Gassiot 2010). No water has been added to the sediment, as we were interested in isolating mechanical stress from potential chemical agents. Nevertheless, we are consciousness that water has a great archaeological relevance as it surely affected the deposit.

Ten different samples of chert, both unused and used samples, were put in a tumbler machine machine for different time intervals, from 8 hours up to 90 hours of tumbling. The machine used is a QT-6 tumbler with 2.7 kg of capacity and a tumbling speed of about 50 rpm. Those parameters are similar to those utilized by Levi-Sala (1986) in her experimental program. All the samples after tumbling, have been cleaned in an ultrasonic tank with a 30% H₂O₂ solution for 15 minutes, in order to remove any possible greasy lustre. A proper cleaning of the experimental tools is fundamental for the analysis and the comparison of the microwears.

2. *Chemical alterations* are all those types of modifications that involve a changing in the chemical composition of the chert samples. There are many possible factors in archeological soils capable of producing a variation in the chemical composition of the flint artifacts. Among those, many authors have pointed out the influence of soil pH in chert alteration and use-wear conservation (Plisson 1985; Gijn 1986; Burrioni *et al.* 2002).

Both alkaline and acid environments are usual in archeological layers. Alkaline condition are common for shell-rich soils, for pyroclastic layers of volcanic ash and for layers rich of ashes from ancient hearths, especially where wood, peat and/or cow-dug had been used as a fuel (Braadbaart *et al.* 2009). Otherwise, soil acidity is often caused by high rainfalls, plant root activities, soil bacteria and decomposition processes of organic matter (Sparks 2002).

There are few experimental works that tried to replicate systematically the actions of chemical agents on archeological artifacts. We mainly followed the method proposed by Plisson and Mauger (1988).

To reproduce effects of both alkaline and acid environments, four different solutions were prepared. In order to maximize the reaction both very strongly alkaline and ultra-acid attacks were tested: 1 Mol and 0.5 Mol of NaOH and 12 Mol and 0.5 Mol of HCl solutions.

However, to check the reproducibility of the experiments under conditions comparable with the archaeological depositional environment, two weaker solutions were tested. One acid solution of 0.1 Mol CH₃COOH and an alkaline solution made of natural wood pine ashes. We utilized wood ashes as they are a distinctive and common element of many archeological layers. Moreover, ash naturally contains all the elements, like calcium (~30% of the ash), potassium (~15%), sodium ions (~1%)

and other metal ions as magnesium (~7%), necessary to produce the alkali-silica reaction (Misra *et al.* 1993).

All the solutions were stored in laboratory conditions, for time intervals of 6 hours at a temperature of 60 °C; after reaction pieces have been washed with water. A thin section of each altered sample has been realized in order to evaluate the extension of the reaction.

4. RESULTS

1. *Mechanical alterations*: our experiment confirms the observations already made by other researchers, suggesting that soils forces are capable of producing strong modifications on the chert samples.

Resulting wear mainly consist of a pronounced rounding of all the microtopographic high points of the surfaces. A first rounding appears already after 15-25 hours of tumbling, especially on the edges and on the ridges of the tool (Fig. 3, a, b). Already after 30-40 hours almost the entire surface is affected, even if the polishing is still not pronounced (Fig. 3, c). After 50-60 hours the topography already appears completely smoothed (Fig. 3, d). Under the microscope rounded spots have a rough appearance, characterized by holes and craters (Fig. 3, e). Only the highest points of the surface appear affected, while depression still preserve the raw material natural color and brightness. At this stage of development, flint appears shiny even at the naked eye, with a bright lustre completely covering the tool.

Tumbling machine also produced on chert surfaces a number of "bright spots" (Levi-Sala 1986). Those spots are never extensive and limited only to the edges and ridges of the tools (Fig. 3, f). Elongated striations were almost absent, maybe depending on the low percentage of gravel present in the sediment.

Various models for the formation of this type of wear have been proposed in literature. Both chemical (Hurst/Kelly 1961; Rottländer 1975; Howard 2002) and mechanical processes (Levi-Sala 1986; Mansur-Franchomme 1986; Johansen/Stapert 1996) have been indicated as responsible for their formation. However is possible that with the various terms "gloss patination", "glossy sheen", "glazing"; "soil sheen", "surface sheen", etc., we are referring to a number of different phenomena of widely varying origin.

In our experimentation these types of wears seem to have been produced mainly by mechanical forces, even if probably there are other minor agents involved that we are not capable to detect.

2. *Chemical alterations*: observed reactions can be divided in two main groups, acid and alkaline solutions: – Acid solutions. Acids react with chert impurities as carbonates, oxides, clays and organic matter located

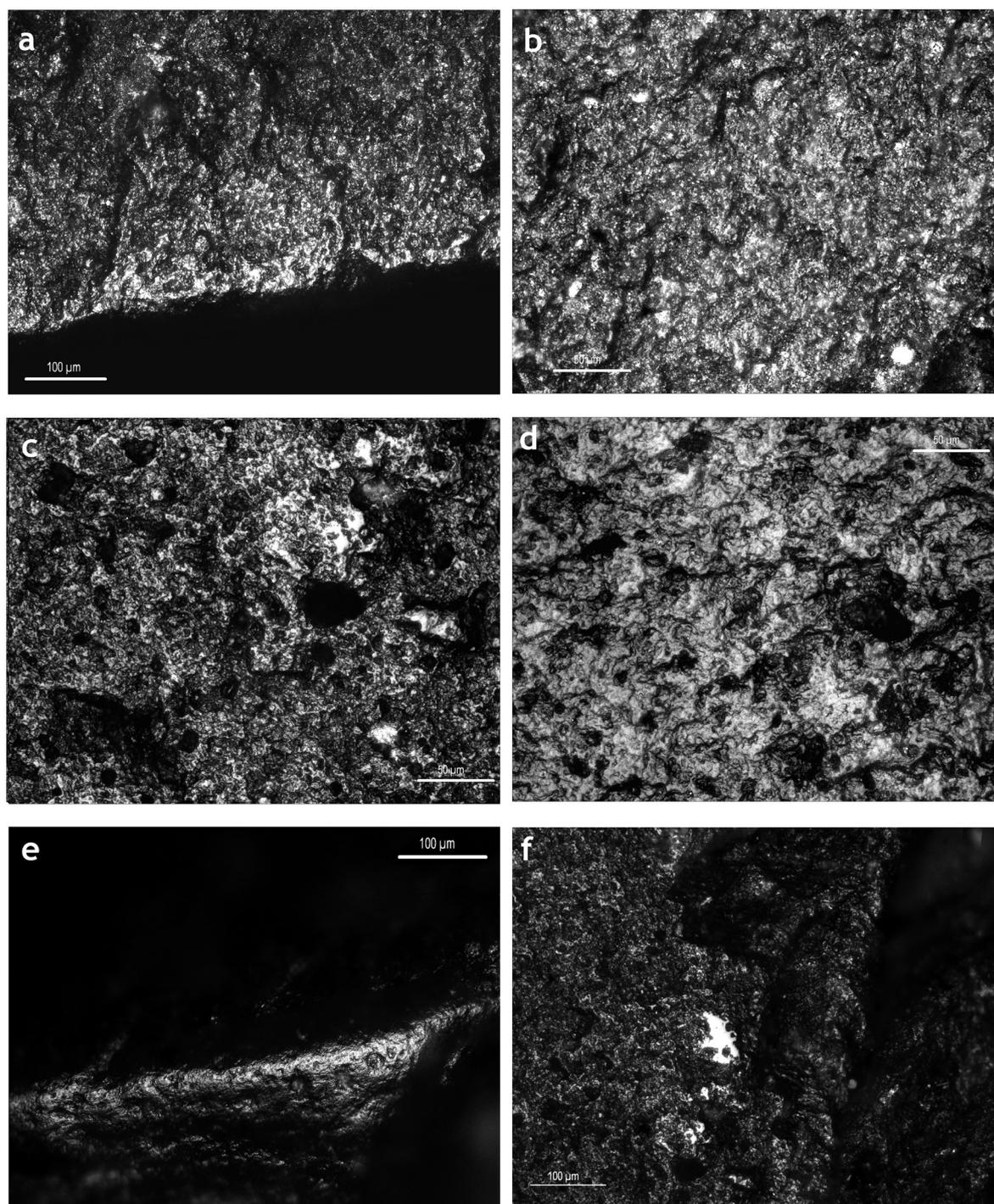
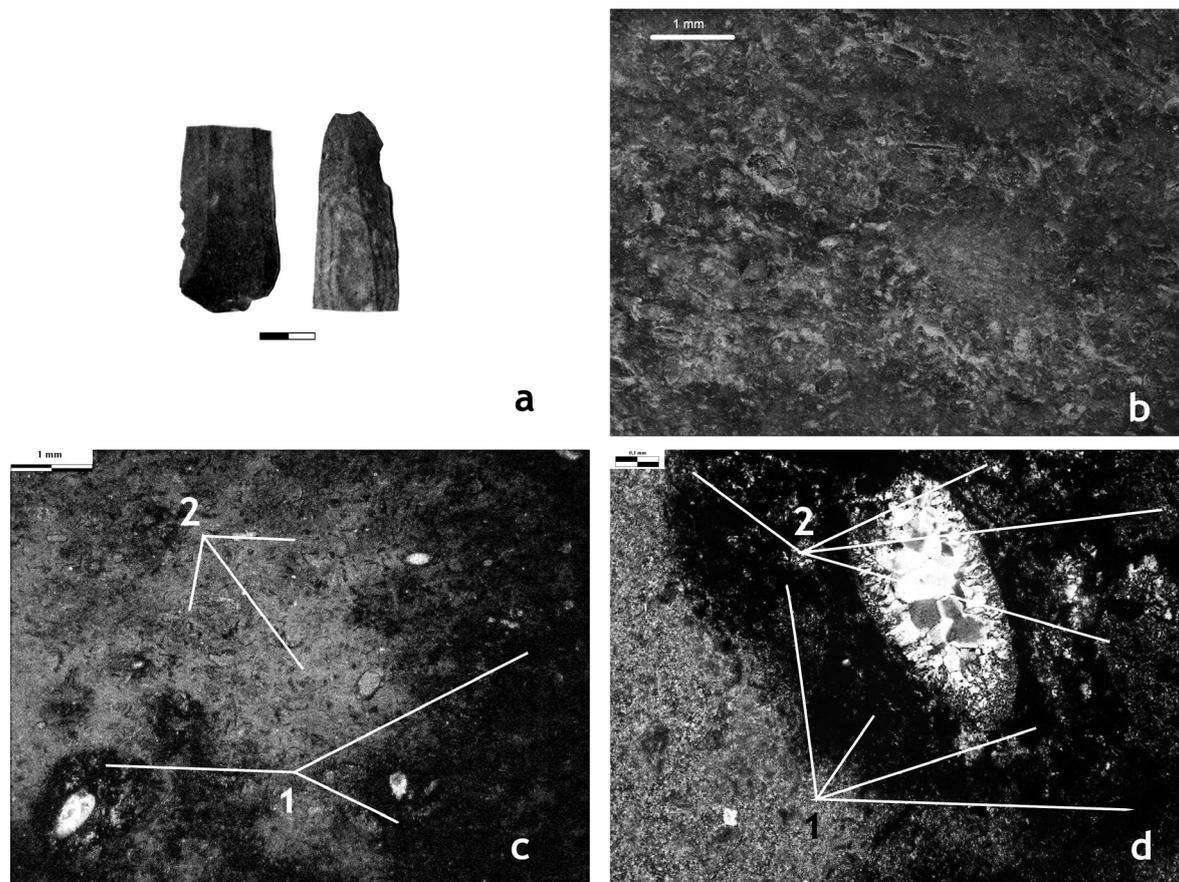


Figure 3. Mechanical alterations. a) Edge rounding produced by tumbling machine after 25 hours of motion. *400x magnification*; b) Slight lustre caused by 25 hours of tumbling. *400x magnification*. c) Surface rounding caused by 40 hours of tumbling. *400x magnification*; d) Pronounced surface rounding caused by 60 hours of tumbling. *400x magnification*; e) Edge rounding produced by 60 hours of tumbling. See the roughness appearance of the polish. *200x magnification*; f) Isolated friction spot produced after 50 hours of tumbling. *200x magnification*.

among the quartz and chalcedony grains. At low pH levels, carbonates solubility grew (Limbrej 1975; Luedtke 1992), thus, acids attack calcite elements; for example remains of bioclasts (radiolars, bivalves, foraminif-

ers) and other carbonate elements incorporated within silica matrix. In our case, acids (HCl or CH_3COOH), when invade the chert porous matrix, reacts with calcium oxide (CaO) producing compounds as calcium chloride,



274

Figure 4. Thin section of chert sample altered by acid solution. a) chert sample, both unaltered (right) and altered fragment (left); b) White-yellow patina produced by acid solution. *2x magnification*. c) Acid alteration affects carbonate components; 1. Carbonate elements, naturally of a beige-brown color, when dissolved appears of a darker coloration; 2. The aspect of the microcrystalline silica in the background appears unchanged. *2x magnification*; d) Detail of the same thin section; 1. Dissolved carbonate elements. 2. Unaltered silica. *10x magnification*.

or calcium acetate, and water. This reaction produce a white-yellow patina over the surfaces, as the chert turns of a clearer color than the natural tone (Fig. 4, a-b). Reaction times depend on a number of factors, as the concentration of the acid solution, the temperature, the amount of calcite elements and their surface area, etc. However, a light patina on the flint surface appears after about 30 minutes with a 3 Mol Hcl solution.

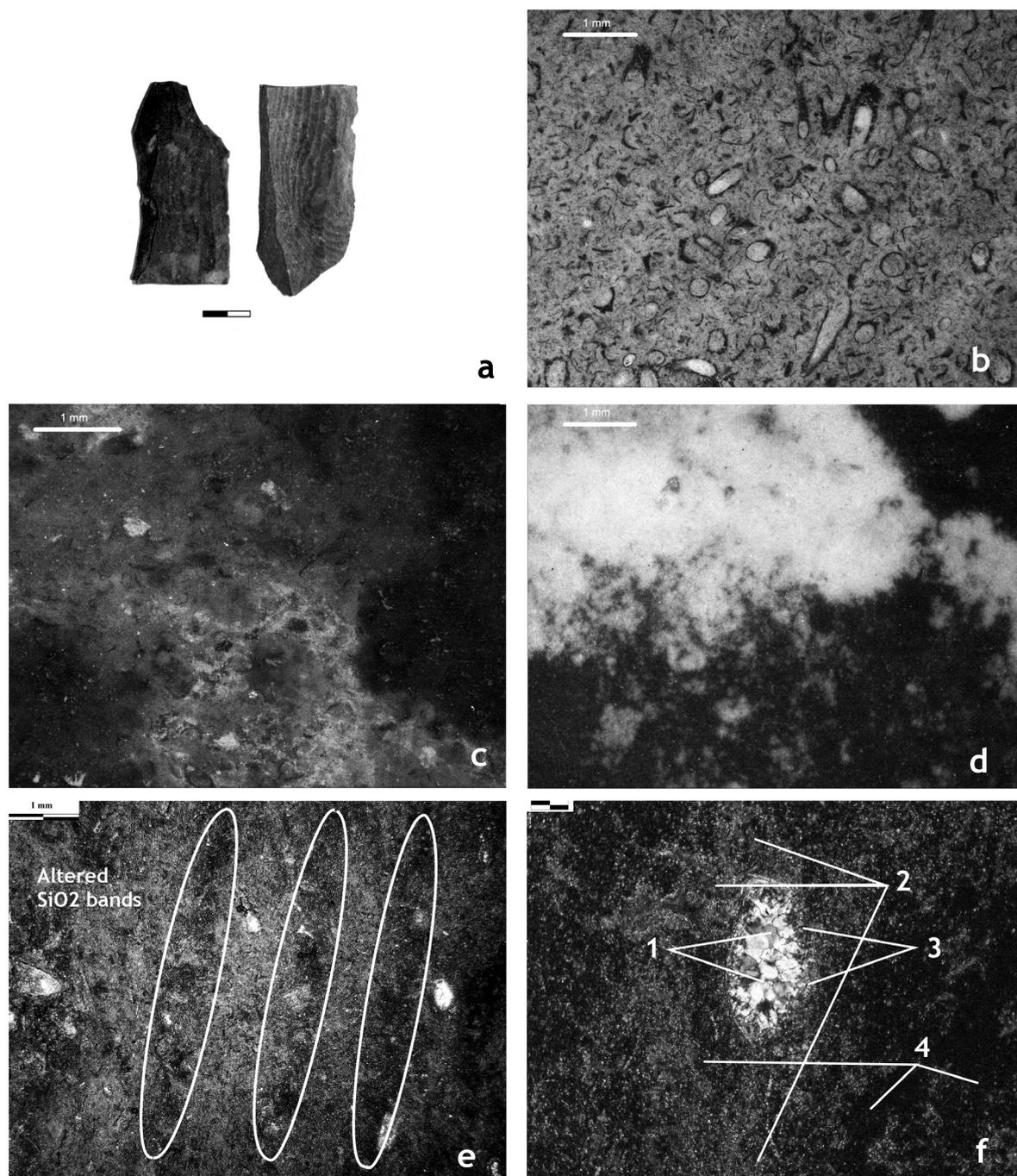
In thin section is possible to appreciate that, while SiO₂ and micro quartz grains remain unvaried, carbonates are dissolved. Altered areas appear darker than the natural color (brown-beige) of calcite (Fig. 4, c-d).

– Alkaline solutions: Alkali react with SiO₂ matrix. The alkali-silica reaction (ASR) is well studied in material sciences. It occurs between alkaline compounds and cryptocrystalline or amorphous silica – in details, it requires the presence of hydroxyls (OH), alkali metals (K, Na, Mg), calcium ions (Ca) and water. To simplify, the hydroxyls ions provoke the destruction of the atomic bonds of

the siliceous compounds, then the alkali ions, reacting with the new soluble silica complexes, Si(OH)₄, form a silica-gel that exchanges ions with calcium elements, gradually solidify upon them (Prezzi *et al.* 1997).

This reaction only occurs between alkali and reactive siliceous aggregate. Opal, which has a very disorder structure, is the most reactive form of silica; chalcedony and microcrystalline quartz have an intermediate reactivity, while quartz, having an ordered structure, is generally not reactive (Knauth 1994; Bulteel *et al.* 2004).

The precipitation of the silica gel the lithic surfaces, starts when the solution in which the chert is immersed becomes saturated with respect to silica, leading to the formation of a white-grey patina (Hurst/Kelly 1961). This type of patina at first is visible only in some isolated spots, then attacks the edges and finally expands to the entire surface (Fig. 5, a-d). The rapidity of reactions varies on the concentration of the solution. A first patina appears already after 24h with 0.5 Mol NaOH solution.



275

Figure 5. Thin section of alkaline altered chert. a) chert sample, both unaltered (right) and altered fragment (left); b) Fully developed white-gray patina. *2x magnification*; c-d) White spots produced by alkaline solution. *2x magnification*; e) Bands of altered SiO_2 . *2x magnification*; f) Detail of the same thin section. *10x magnification*. 1. Unaltered macro quartz; 2. Unaltered carbonate elements; 3. Partially dissolved chalcedony; 4. Dissolved silica layer.

However, it is interesting that also in a solution of pine ashes – with concentrations similar to those that could be encountered in an archaeological layer – a slight patina gradually covered the surface after 270h of immersion at 60° , forming and increasing over time (Fig. 5, b-d).

In the thin section is possible to see how the alteration principally attacks areas of mayor structural dishomogeneity in which starts the dissolution of amorphous silica. Alkaline alteration mainly affects microcrystalline and fibrous silica (Fig. 5, e-f), while do not affect macrocrystalline silica (Fig. 5, f).

5. DISCUSSION

Obtained results are largely comparable with the archeological samples. Even if our experimentation represent a simplistic reproduction of the taphonomical processes that occurred in the archeological site, wears produced experimentally constitute a good starting point for the interpretation of the post depositional surface modifications.

i. The pronounced rounding that we observed on archaeological specimens (Fig. 1, c-d) has much to see with the wear reproduced experimentally through the tumbler machine (Fig. 3, b-d). In both cases rounding affects the entire tool, polishing the microtopographic high-points of the surface. The resulting polish has rough appearance, characterized by craters and depressions.

This type of wear affects almost the entire archeological assemblage, even if with different degrees from one piece to another. Most of the rounding observed on Cova del Sardo lithics resemble to the "second stage" of experimental wear development (30-40 hours of tumbling) (Fig. 3, c). Even if a bright lustre is visible on the entire tool, the surface does not appear completely smoothed. Soil action mainly affect topographic high-points, producing a rough and cratered polish on most of the exposed areas.

276 At this stage, we consider that most of the use-wear traces, even if could have been affected or partially modified, are still preserved on the lithic surfaces. However, some type of "weak" polishes, as wears produced by soft animal substances, will be hardly detectable by microscopic analysis.

In a preliminary micromorphological analysis of the sediments from the Cova del Sardo excavators suggested that the structure of the archeological deposit was characterized by certain stability, even if phenomena of water percolation probably dislodged the fine particles of the sediment (Gassiot 2010). Moreover, we know that the deposit has been interested by a number of natural agents (freeze-thaw weathering, ravine erosion, etc.) that affected the soil structure. Microwear analysis as well indicates that artifacts have been under the pressure of some mechanical stress probably produced by soil compressive strengths, suggesting that taphonomic disturbance events occurred within the sedimentary series.

ii. Acid patinas produced experimentally (Fig. 4, a) represent a good approximation of alterations observed on the archaeological sample (Fig. 1, c). This type of patinas could represent an obstacle for microwear analysis, as under the microscope the surface appears covered by a thin layer of a white-yellow coloration. However those post-depositional surface modifications appear only on small percentage of implements, probably produced by

isolated processes of soil acidification (e.g. local decomposition of organic matter; plant roots activities). They do not have a relevant impact on the Cova del Sardo assemblage.

iii. Alkaline alterations have detected both macroscopically and microscopically. A number of white-grey spots and patinas have been identified on the archeological assemblage (Fig. 1, b). The presence of this type of modification indicate that those implements have been buried in a strong alkaline environment. This data is in accordance with the composition of the Cova del Sardo archeological layers, in which are extremely abundant ashes and charcoals (Gassiot 2010). Also the actual levels of soil pH at Cova del Sardo indicate a slight alkalinity for the analyzed areas.

This consideration is even more relevant for use-wear conservation. A number of degraded polishes, which interpretation was uncertain (Fig. 1, e), has been now recognized as altered by phenomena of silica dissolution. Even if, in this case, is still possible to infer the worked material and the activities performed with those tools, alkaline alterations partially change the appearance and texture of the polishes, making functional interpretation much more complicated.

6. CONCLUSION

This experimental program was not intended to resolve any of the many unsolved questions about post-depositional modifications, that is beyond authors' competence. Taphonomical alterations remain a controversial issue for the number and complexity of variables implicated. More detailed analysis will be necessary to properly understand which mechanisms are responsible and to what extent. Others factors probably operated.

However, our experimentation permitted to obtain additional information regarding the Cova del Sardo lithic assemblage. A first visual differentiation of some taphonomical modifications has been done: both mechanical, alkaline and acid alterations influenced the archaeological sample.

The study of post depositional modifications represents an important diagnostic instrument use-wear analysis. There are many agents capable of producing a degradation of the use-wear traces, and thus analysts should carefully consider depositional environments before giving a functional interpretation of the assemblage.

Acknowledgments

The authors are thankful to Prof. A. van Gijn and to the Laboratory for Artefacts Studies of the University of

Leiden for their kind help and the use of the laboratory facilities. We are thankful to the Lithoteque of Siliceous Rocks of Catalonia (LitoCat) for the analysis of the chert samples. The study of the Cova del Sardo assemblage is promoted within the research projects: "Interacción entre clima y ocupación humana en la configuración del paisaje vegetal del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici a lo largo de los últimos 15.000 años (OCUPA)" of the Universitat Autònoma of Barcelona, Universitat Rovira i Virgili and Consejo Superior de Investigación Científicas (CEAB-CISC) and "Approach to the earliest farming communities of North-East Iberia through their funerary practices" of the Consejo Superior de Investigación Científicas (IMF-CSIC) and Ministerio de Ciencia e Innovación.

7. REFERENCES

- BRAADBART, F., POOLE, I., BRUSSEL, A. A. 2009, Preservation potential of charcoal in alkaline environments: an experimental approach and implications for the archaeological record, *Journal of Archaeological Science* 36, 1672-1679.
- BULTEEL, D., RAFAR, N., DEGRUGILIER, P., GARCÍA-DÍAZ, E. 2004, Petrography study on altered flint aggregate by alkali-silica reaction, *Material Characterization* 53, 141-154.
- BURRONI, D., DONAHUE, R. E., POLLARD, A. M. 2002, The Surface Alteration Features of Flint Artefacts as a Record of Environmental Processes, *Journal of Archaeological Science* 29, 1277-1287.
- CLEMENTE, I. 1997, Los instrumentos líticos del Túnel VII: una aproximación etnoarqueológica, *Treballs d'Etnoarqueologia II*, CSIC-U.A.B.
- GASSIOT, E. 2010, *Excavació arqueològica de la Cova del Sardo (Boí). Memòria final de les intervencions de 2006, 2007 i 2008*, Inédito, Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- GASSIOT, E., MAZZUCO, N., CLEMENTE, I., RODRÍGUEZ, D., ORTEGA, D. 2012, Circulación e intercambio en el poblamiento y la explotación de la alta montaña del pirineo en los milenios V-IV ANE, *Congrés Internacional Xarxes al Neolític (Gavà, 2-4 Febrer 2011)*, *Rubricatum* 5, 61-68.
- GIJN, A. L. van 1986, Fish polish, fact and fiction, *Technical aspects of micro wear on stone tools*, in L. R. Owen, G. Unrath (ed.), *Early man news*, Tübingen, 13-28.
- HURST, V., KELLY, A. 1961, Patination of cultural flints, *Science* 143, 251-256.
- HOWARD, C. E. 2002, The gloss patination of flint artifacts, *Plains Anthropologist* 47, 283-287.
- JOHANSEN, L., STAPERT, D. 1996, Handaxes from Denmark: Neandertal tools or 'vicious flints'?, *Palaeohistoria* 37/38, 1995/1996, 1-28.
- KEELEY, L. H. 1980, *Experimental Determination of Stone Tool Uses: a Microwear Analysis*, University of Chicago Press, Chicago.
- KNAUTH, L. P. 1994, Petrogenesis of chert, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 29 (1), 233-258.
- LANGJANS, G. 2010, Remains of the day-preservation of organic micro-residues on stone tools, *Journal of Archaeological Science* 37, 971-98.
- LEVI SALA, I. 1986, Use wear and post-depositional surface modification: a word of caution, *Journal of Archaeological Science* 13, 229-244.
- LIMBREY, S. 1975, *Soil Science and Archaeology*, Academy Press, London-New York.
- LUEDTKE, B. E. 1992, *An Archaeologist's Guide to Chert and Flint*, Archaeological Research Tools 7, Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles.
- MANSUR-FRANCHOMME, M. E. 1986, *Microscopie du Matériel Lithique Préhistorique. Traces D'utilisation, Altérations Naturelles, Accidentelles et Technologiques. Exemples de Patagonie*, Cahiers du Quaternaire 9, Bourdeaux.
- MISRA, K. M. et al. 1993, Wood ash compositions function of furnace temperature, *Biomass and Bioenergy* 4 (2), 103-116.
- PLISSON, H. 1985, *Etude fonctionnelle d'outillages lithiques préhistorique par l'analyse des micro-usures: recherche méthodologique et archéologique*, Thèse de 3eme cycle, Université de Paris I.
- PLISSON, H., MAUGER, M. 1988, Chemical and mechanical alteration of microwear polishes: an experimental approach, *Helinium* XXVIII (1), 3-16.
- PREZZI, M., MONTEIRO, P. J. M., SPOSITO, G. 1997, The alkali - silica reaction: Part I. Use of the double-layer theory to explain the behavior of reaction-product gels, *ACI Materials Journal* 94, 10-17.
- ROTTLÄNDER, R. 1975, The formation of patina on flint, *Archaeometry* 17, 106-110.
- SPARKS, L. D. 2002, *Environmental soil chemistry*, Academic Press, San Diego, 267-282.
- VAUGHAN, P. 1981, *Lithic Microwear Experimentation and the functional analysis of the Lower Magdalenian stone tool assemblage*, Ph. D., Philadelphia, Department of Anthropology, University of Pennsylvania.

LA APTITUD DE LOS HENDEDORES PARA EL CORTE DE MADERA: DIFERENCIAS ENTRE EL SÍLEX Y LA CUARCITA

Rafael Domingo Martínez*

Aquest article parteix d'un estudi de peces de la Rioja (Utrilla/Mazo 1996) que va demostrar que, malgrat l'abundància de sílex a la zona, els grups prehistòrics havien triat la quarsita com a matèria primera per als seus fenedors. L'anàlisi funcional realitzat sobre alguns va mostrar el seu ús destinat per al treball de la fusta. La nostra experimentació no s'ha permès observar avantatges funcionals de la quarsita sobre el sílex, més aviat al contrari, tot i la fragilitat d'aquesta darrera matèria.

La Rioja, quarsita, fenedors, funcional.

This article starts from a research developed on lithic pieces from La Rioja (Utrilla/Mazo 1996) which pointed out that, in spite of the abundance of flint in the region, prehistoric people choose quartzite as raw material for their cleavers. The functional analysis applied on some of them showed their employment for the woodwork. Our experimentation has not perceived any functional advantage in quartzite over the flint, quite the contrary; besides, the flint fragility has not been a technical constraint.

La Rioja, quartzite, cleavers, funcional.

279

1. INTRODUCCIÓN: LA FUNCIONALIDAD DE LOS HENDEDORES

Han sido pocos los estudios que desde una perspectiva experimental se han realizado sobre la funcionalidad de los hendedores. Probablemente este asunto se ha dado por sabido debido a lo "evidente" de su morfología, pero más allá de aceptar una función de corte adaptada a trabajos exigentes, lo que se puede deducir por su robustez y tamaño, apenas se han planteado trabajos relacionados con el tipo de materia prima en que están fabricados y su aptitud para diferentes tareas. El propio nombre del útil, al contrario que lo que suele ser habitual en la investigación prehistórica, varía según el idioma, lo que nos puede dar una idea de las dudas que puede suscitar su verdadera funcionalidad. Así, en los idiomas más frecuentes en la literatura científica sobre Prehistoria, se producen las variantes siguientes: el

nombre castellano de hendedor (o hendidor) hace referencia, según el DRAE (22ª edición), a una herramienta que hiende, es decir, que "abre o raja un cuerpo sólido sin dividirlo del todo". En francés, *hachereau* significa "hacha pequeña", y es un instrumento moderno definido como "*petite hache faisant marteau d'un côté, utilisée principalement par les charpentiers*" (Diccionario del *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales*). Y, por último, la palabra inglesa *cleaver* define, según el Diccionario de la Universidad de Oxford, "*a tool with a heavy, broad blade, used by butchers for chopping meat*". En alemán se emplea el término inglés *cleaver*. Vemos que todas esas definiciones hacen referencia, en un sentido u otro, a la función supuesta del útil, y aunque el matiz cambia de un idioma a otro, el gesto técnico que define es claro: un movimiento de corte transversal al filo, en forma de golpes repetidos para trocear una materia que, por lo general, se supone ma-

* Grupo *Primeros Pobladores del Valle del Ebro*, Área de Prehistoria. Universidad de Zaragoza www.unizar.es/ppve, rdomingo@unizar.es

siva y espesa, que necesita de varios impactos para ser tajada por completo. El término español es el menos denotativo, por cuanto se limita a definir la acción, mientras que los idiomas francés e inglés utilizan, siguiendo una inveterada tradición en la investigación prehistórica, el nombre de una herramienta moderna. En el caso del idioma francés, un hacha pequeña, con una zona habilitada para martillar en la parte opuesta del filo, usada para el trabajo de la madera. En inglés, una herramienta relacionada con el procesado comercial de la carne, con una hoja ancha y pesada.

Aun contando con las evidentes dificultades que se presentan a la hora de realizar análisis funcionales sobre herramientas como los hendedores, resultan muy escasos los trabajos desarrollados en este sentido. Deschamps (2000-2010) reconoce este problema, citando únicamente dos estudios específicos: el de Utrilla y Mazo (1996), que es el punto de partida del presente artículo, y el de Ríos (2007). El primero de ellos acusa el problema de la proveniencia de la muestra: los yacimientos riojanos que se estudian son enclaves de superficie, por lo que resulta muy difícil aquilatar la cronología y la cohesión (Utrilla *et al.* 1986a, 1986b, 1988). En el caso del segundo, se recurre únicamente a las macro-huellas como elemento diagnóstico, por lo que el grado de análisis es limitado, concluyendo el investigador que los hendedores del nivel VII de Amalda fueron usados en tareas de corte o percusión, en actividades básicas. La propia Deschamps está desarrollando en la actualidad, dentro de su futura tesis doctoral, un proyecto de uso experimental de hendedores, del cual presentó una comunicación en el propio III Congreso de Arqueología Experimental, referida a piezas, de finales del Paleolítico medio en la región vasco-cantábrica. Este estudio hace hincapié en la notable presencia de un tipo tan particular como los hendedores en contextos musterienses, hecho que sirvió a Bordes para definir un horizonte cultural propio, el Vasconiense, que mezclaría elementos claramente levallois con "aportes africanos". Más recientemente autores como Mourre (2003) han estudiado con mayor atención el tipo de piezas que nos ocupa en tanto que elemento distintivo de ese presunto horizonte vasconiense, si atendemos a los conjuntos industriales pero caracterizado en cualquier caso por la recurrente aparición de hendedores en contextos musterienses avanzados.

Podemos citar también estudios como el de Márquez *et al.* (2001) en el que aplican análisis funcionales a un amplio conjunto de piezas procedentes de diversos yacimientos de la Sierra de Atapuerca. Dado el propósito del estudio, enfocado a discutir los problemas metodológicos, no se ofrecen cifras sobre el número de piezas analizadas, aunque se cita que se han estudiado algunos hendedores procedentes del nivel TN2 del ya-

cimiento de Galería, mostrando, al igual que los bifaces analizados, huellas funcionales de carnicería combinando incisión y percusión, con un empleo contundente en tareas de descuartizamiento y desarticulación. Los autores mencionan, además, la adecuación morfológica de esas piezas para la tarea que desarrollaron: "*Les outils présentent des caractéristiques adéquates pour développer certaines actions.*" (p. 291).

2. LOS HENDEDOROS DEL NAJERILLA

Desde comienzos de los años 80 del siglo pasado se han venido recogiendo en la cuenca del río Cárdenas, tributario del Najerilla (La Rioja), numerosas piezas líticas de filiación inferopaleolítica, entre las que destacan casi 200 bifaces y hendedores. En el presente estudio nos detendremos en estos últimos, que presentan la particularidad de estar confeccionados sobre cuarcita en un contexto de uso predominante del sílex (para tallar los bifaces, por ejemplo) y en un territorio en el que las rocas silíceas abundan extraordinariamente. Geológicamente la zona presenta materiales del Mioceno inferior, generados en medios aluviales y lacustres. Son especialmente abundantes en Suertes Viejas y Arenas, donde la proporción sílex/cuarcita llega gracias a los hendedores casi a un 75/25, para un valor medio inferior a 85/15. En Suertes Viejas el índice bifaces/hendedores es 50/50 (Fig. 1).

A lo largo de diversas publicaciones el equipo de la Universidad de Zaragoza dirigido por P. Utrilla fue dando cuenta de los hallazgos en tierras riojanas, advirtiendo sobre la preferencia de las gentes paleolíticas por la cuarcita a la hora de fabricar sus hendedores, hecho observado también en otros enclaves como Morín o Castillo. En general, la mayoría de los hendedores hallados en Europa y África se han fabricado sobre materias primas no silíceas (Mourre 2003).

3. ESTUDIOS FUNCIONALES SOBRE HENDEDOROS

Diversos factores han contribuido a que se hayan realizado pocos estudios funcionales sobre este tipo de piezas: por un lado, los contextos en que se encuentran son frecuentemente yacimientos al aire libre, en los que la homogeneidad del conjunto suele ser dudosa. Su gran antigüedad, por otra parte, provoca una mala conservación de las superficies que dificulta notablemente la observación microscópica. A ello se suma la propia materia prima, generalmente de grano grueso o medio, que también plantea dificultades técnicas para el análisis funcional.

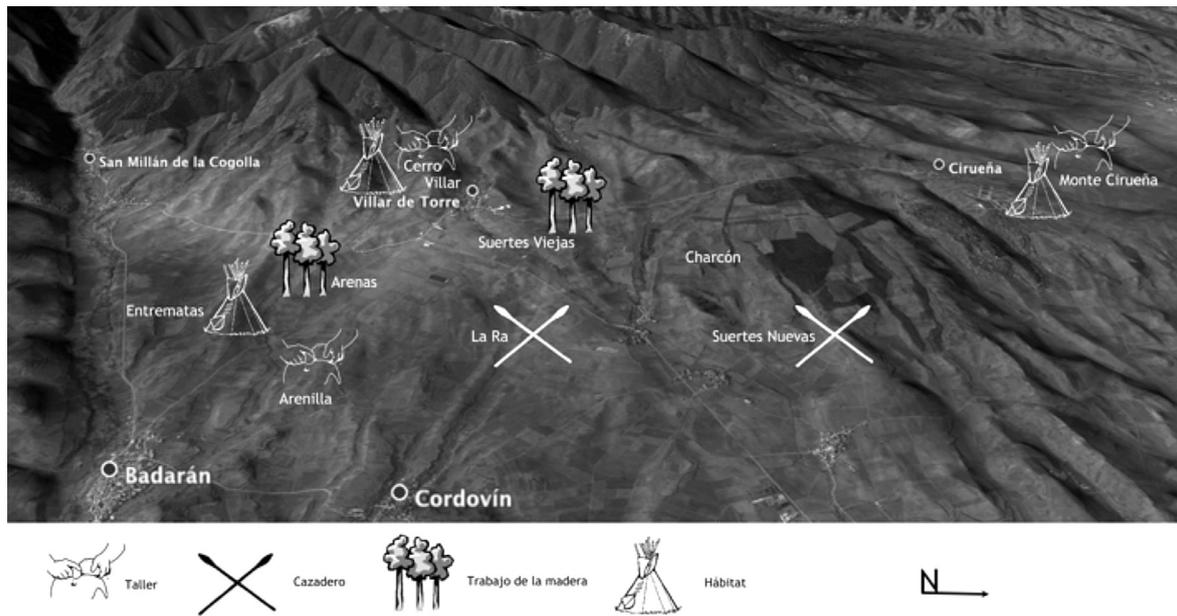


Figura 1. Yacimientos del entorno de Badarán-Villar de Torre-Cirueña, con la función supuesta (en Utrilla/Domingo 2011; modificado a partir de Utrilla/Mazo 1996).

Contamos con un buen estudio de huellas de uso para una de las principales colecciones de la Península: en 1996 Utrilla y Mazo publicaron un artículo sobre un conjunto de hendedores del Najerilla, observando Mazo sobre varios de ellos huellas microscópicas del trabajo de la madera. En la figura 2 puede verse la extensión del micropulido identificado en una franja subparalela al filo, de aproximadamente 1 cm de desarrollo. De once hendedores estudiados (ocho en cuarcita y tres en sílex), cinco presentaban marcas funcionales: cuatro de ellos de cuarcita y uno de sílex. Tres de los primeros mostraban microhuellas de madera y el cuarto había trabajado una materia dura indeterminada. El hendedor de sílex había servido para cortar carne. Los autores asumieron una fuerte asociación entre las características de la cuarcita (comparada con el sílex) y el trabajo de la madera, que se beneficiaría de la tenacidad y resistencia que esa materia presenta en tareas que requieren un golpeo violento sobre un objeto duro (Fig. 2).

La distribución de las huellas funcionales por ambas caras, en una franja limitada y paralela al filo, lleva a pensar en un golpeo prácticamente transversal a la materia trabajada, más propio de una labor de corte o troceado que de una de desbastado: en ella la inclinación del útil provocaría una distribución disimétrica de las huellas, que alcanzarían mayor extensión en una de las caras.

4. DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN

Nuestra experimentación ha sido desarrollada con un total de cuatro hendedores: tres de cuarcita y uno de sílex, trabajando madera de aligustre (*Ligustrum* sp.), árbol originario del suroeste europeo, de madera dura y flexible, que había sido cortada un par de semanas antes y había permanecido al aire libre. Tanto las cuarcitas como el sílex proceden de terrazas altas del río Gállego (sur de Huesca y norte de Zaragoza), siendo

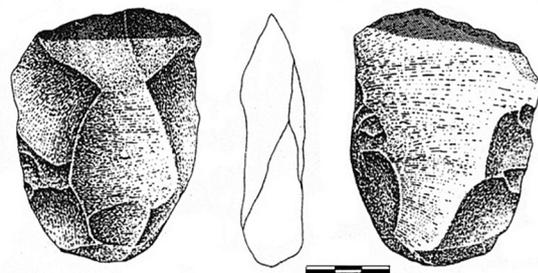


Figura 2. Zona afectada (señalada con la banda gris) por huellas de uso de corte de madera en un hendedor de La Rioja (según Utrilla/Mazo 1996).



Figura 3. Momento intermedio del trabajo con el hendedor de sílex junto al corte realizado con él.

cada una de ellas de “buena calidad” para la talla y el trabajo. Es decir, bloques de grano medio-fino en el caso de la cuarcita, y fino en el del sílex, con superficie lisa y buena aptitud para la extracción de lascas. Fueron transformadas mediante combinación de percusiones duras (granito) y blandas (asta de ciervo y boj).

Técnicamente la tarea realizada fue el corte transversal de un tronco de unos 15 cm de diámetro, en un movimiento de golpeo perpendicular a la materia trabajada, intentando con los repetidos impactos crear una hendidura profunda. La inclinación del útil se intentó mantener próxima a los 90° respecto a la horizontal del tronco de madera, aunque para facilitar el trabajo algunos de los golpes eran inclinados (en un margen inferior a 10° hacia cada lado), logrando así una mayor eficacia laboral al desgajar astillas de los laterales de la hendidura en progreso, que presentaba forma de “V”. Pensamos que la experimentación arqueológica debe ser controlada de acuerdo a diversos parámetros pero no puede quedarse en una serie de gestos mecánicos o alejados de su fin último: acometer una tarea real, plausible para la realidad prehistórica. El tiempo de

trabajo con cada pieza rondó los 30’, periodo durante el cual se realizaron hendiduras en la madera (algo seca ya, como decimos) de unos 5-7 cm; calculamos que el tiempo total para talar el tronco hubiera rondado los 75’ con un hendedor de sílex y no menos de 90’ con uno de cuarcita. En el momento de abandonar la experimentación, el hendedor de sílex mantenía casi intactas sus capacidades laborales, mientras que los de cuarcita presentaban esquirlados y redondeamientos en la parte activa. Paralelamente, bastante viruta de madera se había adherido a la zona del filo, dificultando el trabajo (Fig. 3).

El hendedor de sílex empleado como prueba de contraste tuvo un comportamiento funcional excelente, logrando un rápido avance en la profundización de la hendidura merced a su elevada capacidad de corte, que generaba numerosas astillas. Por otro lado, pese a tratarse de un sílex de grano fino, fácil de tallar y muy propicio a la aparición de esquirlamientos y saltados laborales, a lo largo de la experiencia de uso no registramos ningún tipo de estigmas.

Los hendedores de cuarcita mostraron una buena aptitud para el trabajo de la madera, permitiendo un progreso rápido, aun a costa de sufrir numerosos esquirlamientos que fueron complicando la tarea conforme se avanzaba. Los pequeños trozos desprendidos del filo debían ser retirados de la hendidura con cierta frecuencia para evitar la proliferación de daños en la zona activa debidos al choque de la pieza lítica contra las esquirlas acumuladas (Fig. 4).

Probablemente la mayor capacidad de corte del sílex reduce los daños en la zona activa, pese a la intensidad de la tarea. El astillamiento rápido de la madera permite una mayor eficacia laboral y contribuye a aminorar los daños en el útil, situación que no se produjo al usar los hendedores de cuarcita, cuyo filo relativamente romo tiende a *machacar* la madera, generando zonas de trabajo irregulares. Consecuentemente, la parte activa sufre más por los impactos y se estropea con mayor prontitud (Fig. 5).

282



Figura 4. Secuencia de golpeo con un hendedor de cuarcita.



Figura 5. Momento intermedio del trabajo con un hendedor de cuarcita junto al corte efectuado con él. Puede advertirse el redondeamiento de la zona activa y la menor progresión del trabajo realizado.

5. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la tarea efectuada, la eficacia fue mucho mayor con el hendedor de sílex que con cualquiera de los de cuarcita. Planteamos así que el uso de los hendedores como piezas destinadas a cortar madera, tradicionalmente propuesto por los investigadores y confirmado en la pequeña muestra de Utrilla y Mazo, no parece explicar la elección de la cuarcita por sus mayores propiedades de tenacidad y resistencia al trabajo duro. Frente a esas virtudes, el sílex aporta una mayor capacidad de corte, traducida en un aumento de la efectividad laboral, que no sólo mejora la duración del útil, sino que permite un avance en la tarea mucho más rápido. Queda así por explicar la elección de la cuarcita para fabricar estas herramientas, que no se justifica por su aptitud para el corte de madera, como hemos visto. Quizás deba pensarse en motivaciones

tecnológicas, que serán puestas a prueba en una futura experimentación.

6. BIBLIOGRAFÍA

DESCHAMPS, M. 2009-2010, Le Vasconien: révision de sa signification à partir des industries lithiques d'Olha I et II, d'Isturitz et de Gatzarria, *Paléo* 21, 103-126.

MÁRQUEZ, B., OLLÉ, A., SALA, R., VERGES, J. M. 2001, Perspectives méthodologiques de l'analyse fonctionnelle des ensembles lithiques du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne), *L'Anthropologie* 105, 281-299.

MOURRE, A. 2003, *Implications culturelles de la technologie des hachereaux*, Thèse de 3ème cycle, Univ. Paris X - Nanterre (en <http://hachereau.pagesperso-orange.fr/hachereaux.htm>).

RÍOS, J. 2007, *Industria lítica y sociedad en la transición del Paleolítico medio al Superior en torno al Golfo de Bizkaia*, Universidad de Cantabria.

UTRILLA, P., DOMINGO, R. 2011, Paleolítico y Neolítico, *Historia de Calahorra*, Asociación Amigos de la Historia, Calahorra, 29-44.

UTRILLA, P., RIOJA, P., MAZO, C. 1986, *El Paleolítico en la Rioja I. El término de Villar de Torre*, Instituto de Estudios Riojanos, Logroño.

UTRILLA, P., MAZO, C. 1996, Non flint raw materials in La Rioja: a tentative interpretation, *Non Flint stone tools and the Palaeolithic Occupation of the Iberian Peninsula*, B.A.R. 649.

UTRILLA, P., RIOJA, P., MONTES, L. 1988, *El Paleolítico en la Rioja III. El término de Badarán*, Zaragoza, Monografías Arqueológicas.

UTRILLA, P., RIOJA, P., RODANES, J. M. 1986, *El Paleolítico en La Rioja II. El Término de Cañas-Cirueña*, Zaragoza, Monografías Arqueológicas.

EXPERIMENTANDO CON PROYECTILES FABRICADOS EN MATERIAS PRIMAS DISTINTAS AL SÍLEX

Carlos Rodríguez Rellán*

Tot i que existeixen moltes evidències arqueològiques de la fabricació de projectils mitjançant la talla de matèries primeres com el quars o la pissarra; aquestes indústries han despertat escàs interès entre els especialistes. Aquest fet ha provocat una situació general de desconeixement sobre el comportament d'aquestes roques durant la talla així com també sobre la seva fiabilitat.

Projectils, quars, pissarra.

Despite that there are many archaeological evidences about the fabrication of projectiles by flaking raw materials such as quartz and slate, these industries have been raised little interest among specialists, leading to a general ignorance about both the characteristics of these rocks during the flaking and the reliability of the arrowheads made on them.

Projectiles, quartz, slate.

285

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la fabricación y uso de proyectiles gozan de una tradición consolidada dentro del campo de la Arqueología Experimental; a pesar de ello, aún son escasas las experimentaciones centradas en conjuntos realizados en materias primas distintas del “grupo del sílex”. Aunque materiales como el cuarzo (fundamentalmente xenomorfo) han visto aumentado su protagonismo en publicaciones recientes, los estudios experimentales sobre proyectiles fabricados en pizarra, filita o esquisto siguen siendo prácticamente inexistentes (Holmerg 1994; Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011) y están focalizados en ejemplares pulidos.

Tanto la pizarra como el cuarzo han sido considerados tradicionalmente como materias primas poco aptas para la talla (Andrefsky 1998; Odell 2004), debido fundamentalmente a su alto grado de anisotropía, término con el que se hace referencia a la existencia de “propiedades vectoriales” (dureza, conductividad térmica y eléctrica, di-

latación, etc..) que varían según la dirección en la que se midan. Esta circunstancia, habría dificultado el desarrollo de la talla como un proceso controlado y predecible.

Pese a ello, los conjuntos tallados en pizarra o esquisto –y especialmente las puntas de flecha– alcanzaron una notable presencia durante la Prehistoria Reciente de la mitad Occidental de la Península Ibérica (v.g. Jorge 1986; Bueno 1988), siendo incluso objeto de producciones especializadas (Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011). En el caso del cuarzo, su importancia es aún más marcada y en nuestra área de estudio (Noroeste de la Península Ibérica) las puntas de flecha de este material son mayoría en los ajuares megalíticos (Fábregas 1991). Esta presencia, aunque más discreta porcentualmente, se extiende a otros puntos de la Península, como el Suroeste, donde contamos con magníficos conjuntos como el del Dolmen de Ontiveros (Sevilla) (Forteza *et al.* 2008).

En este trabajo presentamos las líneas mayúsculas de la labor desenvuelta en nuestra tesis doctoral (Rodríguez-

* MEC Fulbright Scholar, School of Human Evolution and Social Change. Arizona State University. carlos.rellan@asu.edu

quez 2010); en concreto, aquellos capítulos centrados en la fabricación y utilización de flechas en pizarra, filita, cuarzo automorfo¹ y calcedonia (cuyos resultados se han presentado ya en Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011). El objetivo es evidenciar las problemáticas específicas surgidas durante la fabricación de proyectiles en estos materiales así como la efectividad de los mismos durante su lanzamiento.

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS

Las pizarras y filitas son materiales cristalinos y microgranulares con una dureza de 3 a 5 en la escala de Mohs y un coeficiente de elasticidad considerablemente alto, que los hace muy resistentes a los impactos. Su principal característica es la foliación o fisibilidad, también conocida como “clivaje pizarroso”, término con el que se define la capacidad de estos materiales para separarse en hojas o láminas paralelas. La estructura interna de estas rocas se caracteriza por la alternancia de capas compactas y otras rellenas con micas, óxidos y otros minerales, generalmente de menor resistencia. No obstante, estas rocas presentan una gran variabilidad en cuanto a su composición, estructura interna o grado de compactación y cohesión, dando lugar a una enorme diversidad de materiales de diferentes calidades: desde aquellos que manifiestan una mayor dureza, una tendencia marcada hacia las fracturas concoidales y una buena calidad general para la talla, normalmente referidos como “síliceos” en la bibliografía arqueológica, hasta otras variedades con una pronunciada fisibilidad, caracterizadas por una fractura astillosa irregular. Nuestra experimentación se ha centrado en estas últimas, por entender que las problemáticas que les afectan son más específicas y mucho menos conocidas que las de las variantes síliceas, cuyo comportamiento se asemeja en mayor medida al de las materias primas convencionales.

Diversos estudios sobre las propiedades mecánicas de estos materiales (Gatelier/Pellet/Loret 2002; Rodríguez/Calleja 2004) evidencian que la propagación de las fuerzas elásticas resulta mucho más sencilla cuando se produce a través de las capas sub-paralelas de mica y óxidos, de tal modo que la resistencia del material al progreso de las fracturas será menor si los impactos se realizan en paralelo a dichas capas o planos que al hacerlo en perpendicular, dirección esta última en la que también aumentará el riesgo de fracturas irregulares. Estas características tendrán implicaciones obvias a la hora de la explotación de estas materias primas.

Por su parte, el cuarzo automorfo también se trata de un material anisótropo, si bien esta característica se presenta con mucha menos intensidad que en pizarras o filitas. Ya en trabajos clásicos (Bloss 1957), se establecía la existencia de diferencias en la facilidad de la progresión de las fracturas en función de las distintas direcciones en las que estas se produjeran, resultando más sencillas en las direcciones oblicuas al eje longitudinal del prisma, coincidiendo con los planos de crecimiento y debilidad de los monocristales. Estas características han sido consideradas como determinantes a la hora de la talla del cuarzo automorfo (Novikov/Radiilovsky 1990); si bien nuestras experimentaciones (Rodríguez 2010) recomiendan reducir la consideración del impacto de dicha propiedad, al verse paliados sus efectos mediante el recurso a determinadas técnicas, como la presión o la percusión bipolar sobre yunque.

3. MANUFACTURA DE LAS PUNTAS DE FLECHA

El conjunto de puntas de flecha empleadas en el protocolo experimental se fabricó sobre monocristales blancos y translúcidos (cristal de roca) de cuarzo automorfo procedentes de afloramientos gallegos. Sin embargo, debido a la intensa explotación industrial sufrida por estas formaciones, hubo de recurrirse –en el caso de los cristales de mayor tamaño y calidad– a ejemplares procedentes del Sistema Central Ibérico y Minas Gerais (Brasil). Por su parte, las distintas variedades de pizarra (gris y grafitosa) así como la filita fueron recogidas en el entorno del yacimiento de El Pedroso (Zamora), donde la explotación de estos materiales alcanzó una especial intensidad, incluyendo la producción especializada de miles de puntas de flecha. En este último caso, pizarras y filitas fueron analizadas petrográficamente y geoquímicamente para confirmar que se trataban de las mismas materias primas usadas por los talladores prehistóricos.

En la obtención de soportes para la fabricación de los proyectiles se utilizaron una gran diversidad de técnicas, desde la percusión directa e indirecta hasta la presión, pasando por la percusión bipolar sobre yunque. Adicionalmente, en el cuarzo automorfo se recurrió a esquirlas térmicas para su uso como microlitos, si bien desde un punto de vista meramente prospectivo (tan sólo se fabricó y usó un proyectil) y con el objetivo de comprobar la posibilidad de un uso efectivo de estas piezas como parte de proyectiles compuestos.

1.- Con cuarzo automorfo nos referimos, por oposición a cuarzo xenomorfo o “de filón”, a aquella variedad de este mineral caracterizado por comparecer en forma de grandes monocristales de hábito prismático.

El desarrollo de los protocolos experimentales evidenció que, en el caso de la pizarra y la filita, los mejores resultados para la obtención de soportes se consiguieron mediante el aprovechamiento de los planos de clivaje, golpeando cuidadosamente el material en paralelo o ligeramente en oblicuo a los mismos (Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011) mediante percusión directa (dura o blanda) e indirecta. Así se obtuvieron un buen número de “hojas” o “placas” susceptibles de ser utilizadas como soportes para la fabricación de proyectiles (de 15 a 20 para un bloque de entre 500 y 1000 gr. en el caso de la percusión directa, número que ascendió a más de 30 con la percusión indirecta). Durante la talla de este material se evidenciaron una serie de ventajas en comparación con otras materias primas: el hecho de que no fuese necesaria la preparación de los planos de percusión y lascado de los núcleos (*ibid.*) permitió ahorrar una gran cantidad de tiempo en el proceso de obtención de soportes (Fig. 1); por otra parte, la capacidad de estos materiales para separarse fácilmente en hojas de un espesor homogéneo y una delineación rectilínea permitió una obtención fácil y rápida de soportes con unas características idóneas para la fabricación de puntas de flecha.

Esta última característica de pizarras y filitas también habría facilitado la posterior configuración de las puntas, siendo necesario simplemente el recurso a un retoque marginal para la obtención de un proyectil equilibrado y plenamente operativo, mientras que en otras materias primas ésta habría sido solo la fase inicial del trabajo, teniendo probablemente que recurrirse a series de retoques invasores o cubrientes para adelgazar y equilibrar aerodinámicamente la pieza. Estas aparentes ventajas posiblemente sean un factor explicativo para la adopción de dichas materias primas durante la prehistoria así como para la marcada asociación que parece existir entre pizarras o esquistos y puntas de flecha en muchos conjuntos del Neolítico Final y Calcolítico de la Península, sobre todo en aquellos lugares donde existe una ausencia o escasez de materias primas criptocristalinas, como ocurre en el Noroeste.

Dada la menor dureza de estos materiales, el desarrollo del retoque –necesariamente por presión– se habría tenido que producir de un modo diferente al habitual en las materias primas convencionales: en éstas la fuerza se ejerce sobre el filo a retocar, presionando hacia adentro y hacia abajo; en la pizarra, sin embargo, la debilidad de los fillos imposibilita dicho gesto², siendo

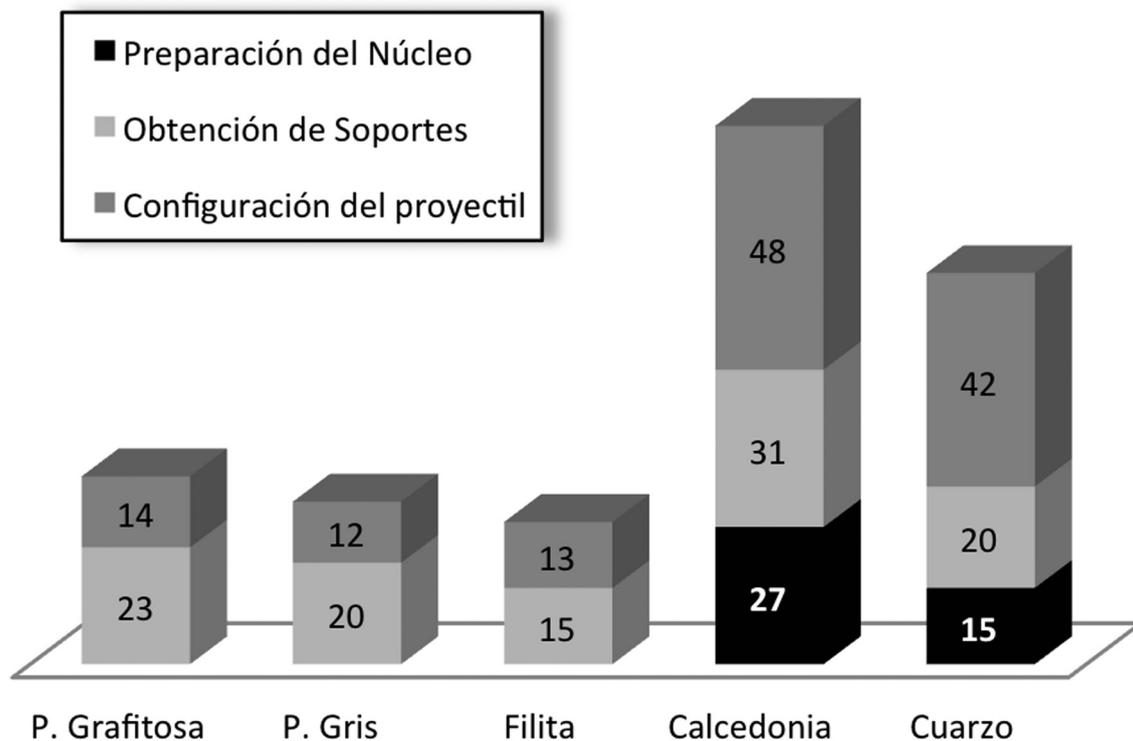


Figura 1. Duración media (en minutos) del proceso de fabricación de una punta de flecha en las distintas materias primas.

necesario aplicar la fuerza más hacia el interior de la pieza y presionando sólo hacia abajo (de un modo similar al retoque abrupto en el sílex); la profundidad y ángulo del retoque se controla, en cierta medida, por medio –respectivamente– de la comprensión de la pieza con la mano (lo que limita la progresión de la fractura y, por lo tanto, la profundidad de la extracción) y a través de la distancia con respecto al borde del punto donde se aplica la fuerza así como de la inclinación del puntero y de la propia pieza (Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011). El retoque resultante será generalmente marginal, en ocasiones con una morfología tendente a denticulada y un aspecto escaleriforme (derivado este último de las propias características de la fractura del material, no de un proceso técnico buscado conscientemente).

En lo que respecta al cuarzo automorfo, las reducidas dimensiones de los cristales habrían limitado la obtención de soportes a un máximo de dos o tres por prisma. Por otra parte, la mencionada anisotropía de este material habría implicado ciertas dificultades: el hecho de que la progresión de las fracturas sea más complicada en paralelo al eje longitudinal del monocristal, debió de haber dificultado la obtención de soportes de mayor tamaño mediante la realización de explotaciones en las que se aprovechara toda la longitud del prisma (Rodríguez 2010), siendo este tipo de estrategias longitudinales factibles solamente mediante el recurso a la presión y a la percusión bipolar sobre yunque. Con el resto de las técnicas podría haberse realizado una explotación efectiva en aquellas direcciones (oblicuas al eje longitudinal) en las que la anisotropía permitiese una progresión más sencilla de las fracturas.

La necesidad de la preparación de los planos de percusión y lascado en los cristales de cuarzo automorfo habría implicado no sólo la pérdida de valiosas cantidades de material (dado el reducido tamaño general de los prismas) sino el aumento del tiempo total invertido en la fabricación de las puntas (Fig. 1). La duración del proceso de obtención de soportes pudo haberse reducido gracias a la utilización de la percusión bipolar sobre yunque, si bien mediante ésta técnica se habrían obtenido, con frecuencia, soportes de morfologías irregulares que habrían necesitado de un esfuerzo extra de regularización durante la fase de configuración.

Finalmente, en lo que se refiere al recurso al uso de esquirlas térmicas, se aprovecharon los productos derivados del colapso de varios monocristales sometidos a altas temperaturas (Rodríguez 2010). Algunos de estos presentaron unas características similares a esquirlas

bipolares y –al igual que estas– pudieron emplearse directamente como microlitos en proyectiles compuestos, incluso sin tener que recurrirse para ello a su configuración mediante retoque.

En lo referente a la configuración de los proyectiles de cuarzo automorfo, esta fue realizada mediante presión, sin que la anisotropía haya supuesto una especial dificultad, probablemente debido a la escasa entidad de las extracciones, que rara vez han superado el centímetro de profundidad. El proceso fue similar, en características y complejidad, al habitual en otras materias primas tradicionales, si bien la naturaleza resbaladiza de su superficie (similar, en cierto modo, a la de la obsidiana) hizo necesario efectuar una intensa abrasión de las aristas como paso previo al retoque. El tiempo total de ejecución de las puntas de flecha (Fig. 1), aunque notablemente superior al de pizarras y filitas, resulta inferior al conseguido con la calcedonia (debido sobre todo a la necesidad, en esta última, de un descortezado del núcleo).

Por último, se realizó una población control de proyectiles en un material “más convencional”, como es la calcedonia. El motivo de la elección de esta materia prima se debe a la relativa facilidad con la que puede encontrarse en territorio gallego (Rodríguez/de Lombera/Fábregas 2009), asociada sobre todo a los grandes filones de cuarzo. Aunque limitada por el tamaño de los soportes, su respuesta a la talla resulta equiparable a la de un sílex de calidad media, sin que la explotación presente más dificultades que una cierta mayor dureza del material.

4. ENMANGUE Y LANZAMIENTO DE LOS PROYECTILES

El conjunto de puntas de flecha reservado para su lanzamiento experimental se compuso de un total de 51 ejemplares de diversas materias primas y tipologías (Fig. 2), equivalentes a las existentes en los contextos Neolíticos y Calcolíticos del área de estudio (Fig. 3). Estas piezas fueron enmangadas en astiles industriales de madera de cedro de 8 mm. de diámetro y 81 cm. de largo; para su fijación se utilizaron tres sistemas distintos: tripa de cordero, fibras vegetales endurecidas con resina y, finalmente, una mezcla de cola animal y ocre.

Durante el lanzamiento se empleó un arco compuesto de fibra de 62 pulgadas y 32 libras de tensión y el blanco elegido fue una carcasa eviscerada de suido doméstico de 45 kg., sujeta aproximadamente a unos

2.- Por esta misma razón, la consolidación de los filos mediante abrasión resulta contraproducente, dado el peligro de un rápido pulido de la zona que elimine el ángulo necesario para efectuar el retoque. Otra de las consecuencias de esta debilidad del material es que no puedan emplearse como guía las aristas creadas por los retoques anteriores, originándose así un retoque tendente a morfologías denticuladas.

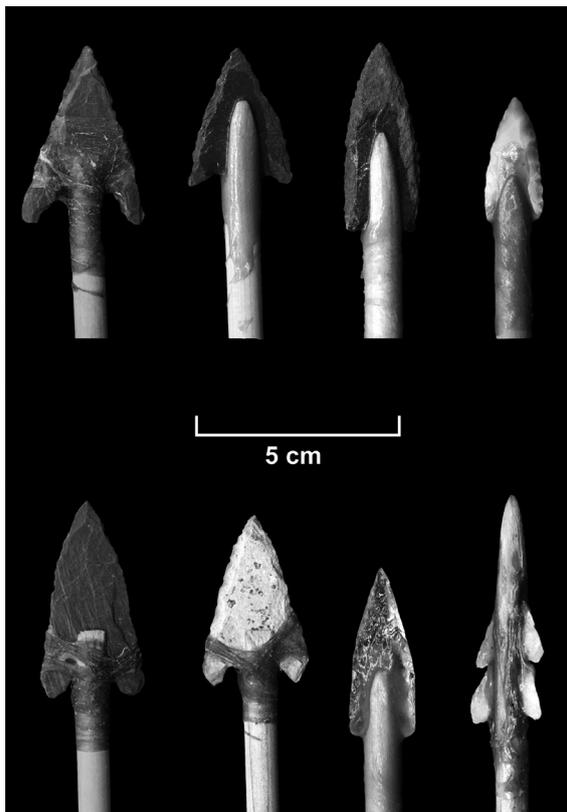


Figura 2. Características de la población experimental: materia prima (P.: Pizarra; C.A. Blanco: Cuarzo Automorfo Blanco; C.A. Trans.: Cuarzo Automorfo Translúcido o Cristal de Roca) y tipología (descrita en función de la morfología de su base o por encontrarse compuestos por microlitos).

50 cm. del suelo; además, se realizaron dos tiros adicionales contra un panel de madera de 5 mm. de grosor recubierto de una piel curtida de cabra (simulando así un dispositivo protector, como un escudo o peto). Las distancias de tiro variaron entre los 8 y los 20 metros, dentro del rango descrito en los paralelos etnográficos para actividades bélicas y cinegéticas (Pétrequin/Pétrequin 1990; Bartram 1997).

El objetivo de la experimentación fue el de comprobar la efectividad, en términos de capacidad de penetración y resistencia a los impactos, de las puntas de flecha realizadas en pizarra, filita y cuarzo automorfo en comparación con aquellas fabricadas en un material –la calcedonia– más convencional. Ciertas características de dicho protocolo, como el empleo –en parte– de material foráneo al área de estudio, el uso de un arco y astiles modernos o la utilización de una carcasa eviscerada, pueden ser susceptibles de crítica, si bien el recurso a cada una de estas opciones ha sido justificado (Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011) en función de la naturaleza y objetivos de la experimentación.

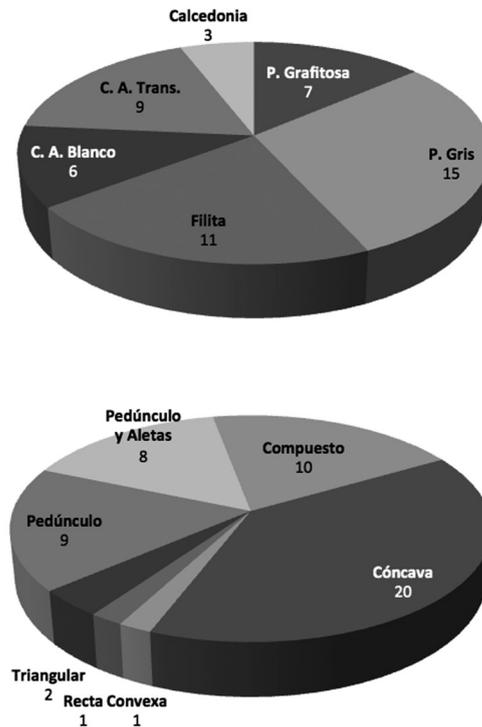


Figura 3. Características de la población experimental: materia prima (P.: Pizarra; C.A. Blanco: Cuarzo Automorfo Blanco; C.A. Trans.: Cuarzo Automorfo Translúcido o Cristal de Roca) y tipología (descrita en función de la morfología de su base o por encontrarse compuestos por microlitos).

En total se realizaron 213 disparos, con un promedio de 4,17 y un máximo de 10 por proyectil. La profundidad y posición de cada uno de ellos fue registrada con el fin de evidenciar si el grado de penetración o el rebote podía ponerse en relación con la densidad muscular o la estructura ósea específica del lugar de impacto. Los lanzamientos fueron dirigidos de modo preferente a la parte alta del tronco así como a los cuartos traseros del animal, zonas estas en las que se habría infligido una herida letal o bien que hubiese limitado la movilidad de la presa, facilitando así su hostigamiento.

5. RESULTADOS DEL PROTOCOLO EXPERIMENTAL

De los 213 disparos realizados, un total de 36 (16,90 %) fallaron el blanco, mientras que 23 (10,79 %) rebotaron en la superficie del animal, a estos debemos sumar los dos disparos realizados sobre el blanco de madera y cuero (que fue atravesado por completo). En con-

clusión, el protocolo experimental finalizó con un total de 154 disparos exitosos (71,62 %). Éstos alcanzaron una penetración máxima de 18,5 centímetros; aquellos con una mayor profundización (más de 8 centímetros) se situaron fundamentalmente en la parte media-alta del cuerpo del animal, deslizándose por los espacios intercostales. Los de menor penetración (4 centímetros o menos) se localizaron en mayor medida en aquellas partes del animal con una mayor masa muscular o presencia de estructura ósea.

Los resultados fueron analizados estadísticamente con el objetivo de determinar si alguna de las variables teni-

das en cuenta (dimensiones, materia prima, morfología, método de sujeción,...) resultaba significativa a la hora de explicar la penetración o el número de rebotes de los proyectiles (Rodríguez-Rellán/Fábregas/Berriochoa 2011). Dichos tests evidenciaron que, si bien algunas de dichas variables habían sido importantes en relación con la efectividad de los proyectiles (buena parte de ellas referidas en otras experimentaciones previas: Odell/Cowan 1986; Hughes 1998; Sisk/Shea 2009), no ocurría lo mismo con ninguna de las consideradas de importancia a tenor de los objetivos de nuestro protocolo experimental. En este sentido, los resultados de los

Test Statistics (a,b)

	Índice de Penetración	Penetración en el 1 ^{er} Disparo	Número de Rebotes
Chi-Square	6,940	,599	2,983
df	5	5	5
Asymp. Sig.	,225	,988	,703

a Kruskal-Wallis Test

b Variable de Agrupación: Materia Prima

Figura 4. Test no paramétrico en los que se relacionan las variables materia prima, índice de penetración media, penetración alcanzada en el primer disparo y número de rebotes.

test no paramétricos (Fig. 4) evidenciaron que no existen diferencias significativas en cuanto a penetración y número de rebotes entre los proyectiles fabricados en las distintas materias primas, por lo que puede argumentarse que esta variable no habría jugado un papel determinante en la efectividad de las puntas de flecha.

En lo que se refiere a la resistencia, el nivel de fractura de los proyectiles fue relativamente alto (28 ejemplares: 54,90%), debido fundamentalmente a la intensidad de su uso. El mayor porcentaje de fracturas ocurrió en la filita, seguida de las variedades lechosas de cuarzo automorfo, mientras que la calcedonia y las variedades translúcidas de cuarzo automorfo (cristal de roca) se encuentran en el extremo contrario. No obstante, si ponemos en relación el nivel de fractura y abandono de las puntas con la intensidad de uso, los resultados se equilibran considerablemente y las pizarras grises y grafitosas presentan unos resultados bastante competitivos. Es más, si consideramos exclusivamente las

fracturas que habrían implicado el abandono del proyectil, la pizarra gris se establecería como el segundo material más fiable en términos de resistencia (Fig. 5).

6. CONCLUSIONES

Una vez realizado el protocolo experimental y observados sus resultados se puede concluir, como hipótesis interpretativa, que los proyectiles de pizarra, filita o cuarzo automorfo habrían sido competitivos con respecto a sus homólogos fabricados en materiales criptocristalinos, tanto en términos de efectividad y capacidad de penetración como en su resistencia a las fracturas. Además, dada la comparativa sencillez y rapidez evidenciada por los procesos de fabricación de las puntas de flecha en alguno de estos materiales (caso de la pizarra), podría considerarse que la elección de estas materias primas –lejos de ser simplemente el resultado

Materia Prima	Piezas fracturadas		Fracturas en relación al número de disparos efectuados	
	Nº	%	% Fracturas	% Abandonos
Calcedonia	1	33,3	8,3	8,3
C. A. Blanco	4	66,6	25	18,7
C. A. Translúcido	2	22,2	5,4	2,7
Filita	9	81,8	25	22,2
P. Grafítica	4	57,1	8,7	8,7
P. Gris	8	53,3	12,1	7,5
TOTAL	28	54,9	13,1	10,3

Figura 5. Número y porcentaje de piezas fracturadas en función de su materia prima. Porcentaje de fracturas y fracturas implicando el abandono de la pieza en relación al número de disparos efectuado.

de la adaptación a la litología circundante— pudo haber sido consciente y haber estado destinada a reducir los costes de producción de aquellos artefactos.

Agradecimientos

El autor quiere agradecer a Javier Baena, Diego Martín, Felipe Cuartero y Alberto Risco su ayuda durante la realización de buena parte de este protocolo experimental, sin la cual el mismo no habría sido posible.

7. BIBLIOGRAFÍA

ANDREFSKY Jr, W. 1998, *Lithics. Macroscopic approaches to analysis*, Cambridge, Cambridge University Press.

BARTRAM, L. E. 1997, A Comparison of Kua (Botswana) and Hadza (Tanzania) Bow and Arrow Hunting, in H. Knecht (ed.), *Projectile Technology*, Nueva York, Plenum Press, Interdisciplinary contributions to Archaeology, 321-343.

BLOSS, F. D. 1957, Anisotropy of Fracture in Quartz, *American Journal of Science* 255, 214-225.

BUENO RAMÍREZ, P. 1988, *Los Dólmenes de Valencia de Alcántara*, Madrid, Ministerio de Cultura, Excavaciones Arqueológicas en España 155.

FÁBREGAS VALCARCE, R. 1991, *Megalitismo del Noroeste de la Península Ibérica. Tipología y Se-*

cuencia de los Materiales Líticos, Madrid, UNED, Aula Abierta 58.

FORTEZA, M., GARCÍA, L., HERNÁNDEZ, M. J., SALGUERO, J., WHEATLEY, D. 2008, El cuarzo como material votivo y arquitectónico en el complejo funerario megalítico de Palacio III (Almadén de la Plata, Sevilla): análisis contextual y mineralógico, *Trabajos de Prehistoria* 65/2, 137-150.

GATELIER, N., PELLET, F., LORET, B. 2002, Mechanical damage of an anisotropic porous rock in cyclic triaxial test, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 39, 335-354.

HOLMERC, D. A. 1994, *Arrow Heads and Spear Points an Experimental Study of Projectile Points*, MA Thesis, British Columbia, Simon Fraser University.

HUGHES, S. S. 1998, Getting to the point: Evolutionary change in prehistoric weaponry, *Journal of Archaeological Method and Theory* 5, 345-408.

JORGE, S. O. 1986, *Povoados da Pré-História recente: IIIº inícios do IIº milenio a.C. da regio de Chaves-V.ª P.ª de Aguiar (Tras Os Montes Ocidental)*, Porto, Instituto de Arqueología da Faculdade de Letras de Oporto.

NOVIKOV, V. P., RADILLOVSKY, V. V. 1990, Quartz anisotropy in Stone-Age artifacts of the Hissar, in M. Lenoir, M. R. Séronie-Vivien (dir.), *Le Silex de sa genèse à l'outil, Actes du Vo Colloque international sur le Silex (Bordeaux, 17 sept.-2 oct. 1987)*, Editions du Centre national de la Recherche Scientifique, Cahiers du Quaternaire 17, 593-598.

- ODELL, G. H. 2004, *Lithic Analysis*, Nueva York, Kluwer Academic/Plenum.
- ODELL, G.H., COWAN, F. 1986, Experiments with Spears and Arrows on Animal Targets, *Journal of Field Archaeology* 13, 195-212.
- PÉTREQUIN, P., PÉTREQUIN, A. M. 1990, Flèches de Chasse, Flèches de Guerre: le Cas des Danis d'Irian Jaya (Indonésie), *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 87, 484-511.
- RODRÍGUEZ RELLÁN, C., 2010. *Unha perspectiva tecnolóxica e experimental das industrias sobre lousa, cristal de rocha e cuarzo na Prehistoria Recente do Noroeste Peninsular*, Tesis Doctoral Inédita, Santiago de Compostela, Universidade de Santiago de Compostela.
- RODRÍGUEZ RELLÁN, C., de LOMBERA HERMIDA, A., FÁBREGAS VALCARCE, R. 2009, El Sílex durante la Prehistoria Reciente del NO de la Prehistoria Reciente, in J. F. Gibaja, X. Terradas, A. Palomo, X. Clop (ed.), *Les grans fulles de sílex. Europa al final de la Prehistòria. Actes*, Barcelona, Museu d'Arqueologia de Catalunya, Monografies 13, 69-74.
- RODRÍGUEZ-RELLÁN, C., FÁBREGAS VALCARCE, R., BERRIOCHOA ESNAOLA, E. 2011, Shooting out the slate: Working with flaked arrowheads made on thin-layered rocks, *Journal of Archaeological Science* 38/8, 1939-1948.
- RODRÍGUEZ SASTRE, M. A., CALLEJA, L. 2004, Caracterización del comportamiento elástico de materiales pizarrosos del Sinclinal de Truchas mediante ultrasonidos, *Trabajos de Geología* 24, 153-164.
- SISK, M. L., SHEA, J. J. 2009, Experimental Use and Quantitative Performance Analysis of Triangular Flakes (Levallois points) used as Arrowheads, *Journal of Archaeological Science* 36/9, 2039-2047.

LA GESTIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS EN LOS REPERTORIOS LÍTICOS DEL MODO 2 Y PRIMER MODO 3 DE LA MESETA NORTE (PENÍNSULA IBÉRICA). UNA APROXIMACIÓN DESDE LA ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL

Marcos Terradillos Bernal*

Aquest article analitza les qualitats de les diferents matèries primeres identificades en els principals conjunts lítics del paleolític inferior de la Meseta nord i la seva influència en la talla lítica. Les matèries primeres no condicionen totalment el resultat final de la talla però impliquen que els mètodes i tècniques s'hagin d'adaptar a les condicions inicials dels materials. Les anàlisis de les matèries primeres són fonamentals perquè permeten inferir comportaments tècnics i econòmics.

Talla experimental, Paleolític inferior, matèries primeres, Meseta nord, mètodes.

This article analyzes the qualities of different raw materials from the main lower Palaeolithic sites on the northern plateau (Meseta) of the Iberian Peninsula and their influence in lithic knapping. The raw materials do not totally determine the final knapping result but they involve that the methods and technologies should be adapted to initial conditions of the materials. The analysis of the raw materials are essential due to the fact that allows us to infer techniques and economic behaviour.

Experimental knapping, lower Paleolithic, raw materials, northern plateau, methods.

293

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo analiza las cualidades de las diferentes materias primas empleadas por los primeros homínidos que recorrieron la Meseta norte, la influencia de éstas en el desarrollo de las actividades de talla, así como la adaptación de los talladores a estos materiales.

El objetivo principal de este estudio experimental es la determinación de su influencia en el desarrollo de los procesos técnicos. El análisis se ha realizado a partir del estudio de un conjunto muy heterogéneo de yacimientos de la Meseta Norte.

2. METODOLOGÍA

El análisis experimental permite conocer las propiedades de fractura de las diferentes materias primas empleadas por los homínidos del pasado, la influencia de determinadas morfologías, la adaptación de los procesos de talla, los problemas técnicos de partida a los que se tuvieron que enfrentar, las posibilidades que tuvieron de subsanarlos y si las técnicas se han tenido que adaptar para modificar la materia prima explotada (Terradillos 2010, 41).

Se han efectuado 187 experiencias de talla, en las que se han analizado las cualidades y morfologías

* Área de Prehistoria. Universidad de Burgos. Edificio I+D+i. Plaza Misael Bañuelos s/n. 09001, Burgos. España.
+34 947259325. mterraddillos@hotmail.com

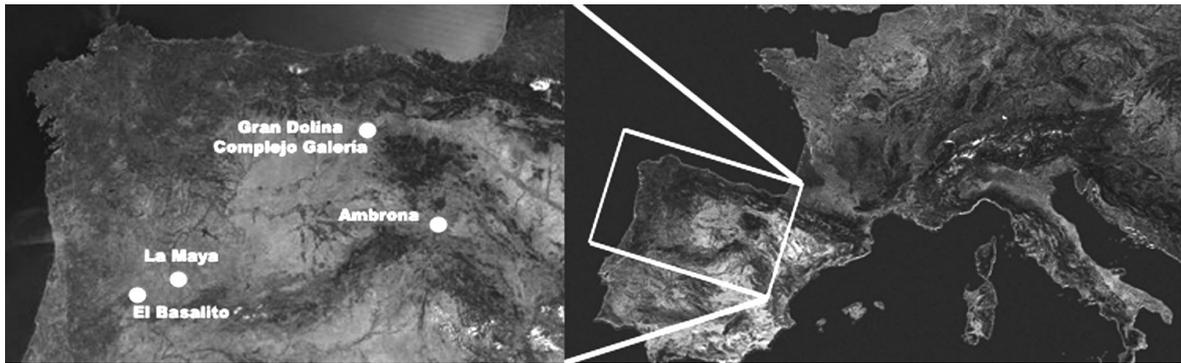


Figura 1. Localización de los yacimientos analizados.

de los materiales seleccionados, así como de los elementos producidos. En 22 de estos experimentos han participado 11 talladores con experiencia y dimensiones corporales muy variadas, en las que han aplicado gestos y técnicas de explotación libremente elegidas sobre sílex neógeno de la Sierra de Atapuerca y cuarcita o cuarzo del río Tormes (Terradillos/Alonso 2011).

3. YACIMIENTOS ANALIZADOS

3.1. GRAN DOLINA TD10

Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos) (Fig. 1) es una cavidad colmatada por 18m de sedimentos en los que se han identificado 11 unidades de relleno. El nivel TD10 es un paquete sedimentario de 2,50m de espesor máximo.

Las dataciones realizadas por el método ESR combinado con las series de Uranio han proporcionado edades de entre 337±29ka en TD10-1a y 418±63ka en la zona superior de TD10-2 (Falguères *et al.* 1999). Los análisis efectuados por termoluminiscencia han aportado edades de entre 244 ±26ka en TD10-2 y 430±59ka en TD10-3 (Berger *et al.* 2008).

La industria de TD10 se caracteriza por la presencia de numerosas estrategias de talla, una gestión más racional e intensiva de las materias primas de mejor calidad, una mayor intensidad de uso del abrigo, la desaparición de los instrumentos de presión palmar, la reactivación de filos como tratamiento especial de los frentes y una tendencia hacia la estandarización de pequeños configurados. La industria lítica ha sido clasificada como transicional entre los Modos 2 y 3 (Carbonell *et al.* 2001) en los subniveles inferiores y Modo 3 antiguo en los subniveles superiores (Terradillos 2010, 87, 99, 109).

3.2. COMPLEJO GALERÍA

El Complejo de Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos) (Fig. 1) tiene unas dataciones de 256±23ka (TL y IRSL) en la serie I, de 466±39ka (TL) en la serie II y de 503±95ka (TL) en la serie V (Berger *et al.* 2008).

El sílex neógeno es el material más empleado. Se documenta una reducida proporción de núcleos por un intenso aporte de lascas e instrumentos desde el exterior. Hay una escasa representación de triedros, bifaces, hendedores y de la percusión blanda, mientras que predominan los denticulados y las raederas. Las cadenas operativas aparecen muy fragmentadas. Las series de Galería han sido adscritas al Modo 2 (Carbonell *et al.* 2001).

3.3. COMPLEJO INFERIOR DE AMBRONA:

Ambrona (Soria) se sitúa en un paso natural del Sistema Ibérico (Fig. 1). El Complejo inferior está compuesto por fangos grises y gravas; y presenta un espesor de entre 2,5 y 3 m de espesor (Pérez González *et al.* 2005, 184-186). Este conjunto del Modo 2 tiene un antigüedad mínima de entre 314+48/-45ka y 366+55/-51ka (datación obtenida en el miembro estratigráfico medio por Falguères *et al.* 2006).

Dentro de los materiales empleadas destaca el sílex alóctono (Parcevisas 2006), la cuarcita y la caliza, que es el único material de origen local.

Este conjunto lítico destaca por la presencia de bifaces, hendedores, percusión blanda y explotación levallois y discoide; una gran proporción de instrumentos sobre lasca y una importante variedad morfopotencial.

3.4. LA MAYA I NIVEL IV

La Maya (Salamanca) forma parte de una secuencia de terrazas colgadas con industria del Modo 2 en el valle

del Tormes (Fig. 1). El Nivel IV de la Maya I se localiza en el canal de la terraza a +12-14 m (Santonja/Pérez González 1984, 202-217) formada a finales del Pleistoceno medio (Santonja/Pérez González 2000-2001).

Son 624 piezas sobre cuarcitas y cuarzos locales. Ha primado la selección de grandes volúmenes. Se documenta una configuración poco elaborada y muy relacionada con el aprovechamiento del peso como elemento activo. Los instrumentos más comunes son los triedros de gran formato y los denticulados. También se han identificado hendedores y bifaces.

3.5. EL BASALITO

El Basalito se encuentra situado en una pequeña elevación a +20 m sobre el río Yeltes (Benito del Rey 1977) (Fig. 1).

Se han empleado cuarcitas y cuarzos locales; y una cuarcita exógena (en la configuración de bifaces y hendedores). Destaca la explotación unifacial (88,5%) y unipolar. Los productos más numerosos son las lascas (83%).

En los bifaces se ha empleado la cuarcita exógena armoricana, así como el percutor blando (19 de ellos sobre grandes lascas). Los diedros más numerosos son los denticulados laterales. Este conjunto se adscribe al Modo 2.

4. CUALIDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS

En este apartado se describen las cualidades de los materiales más empleados en los yacimientos de la

Sierra de Atapuerca, Ambrona, La Maya y El Basalito (Tabla 1).

4.1. SIERRA DE ATAPUERCA

Sílex Neógeno

Aparece a unos 2.000 m de los yacimientos, en la plataforma de Villalbal-Rubena y a 3.100 m en el pago de Los Pedernales (Zalduendo). Destaca su gran abundancia y sus formatos de gran tamaño, desde los 10 cm a los 250 cm.

Se caracteriza por ser un material que presenta una importante heterogeneidad en su reacción ante la talla (Fig. 2). Se pueden diferenciar dos áreas principales: la interior con una menor cristalización y una importante presencia de geodas; y la exterior (entre 1 y 10 cm), con un grano muy fino y homogéneamente cristalizado. Es un material blando en la zona externa, mientras que en la interna es necesario aplicar una mayor intensidad de percusión por una deficiente transmisión de la fuerza, que se incrementa si se emplean ángulos abruptos. La escasa resistencia inicial de este material permite emplear percutores de pequeñas dimensiones.

Sílex cretácico

Esta variedad de sílex aparece a unos 1.400 m en línea recta en las laderas de San Vicente y a 1.800 en el área de Valdecuende. Es un material escaso y aparece en formatos espesos de pequeñas dimensiones. El grano es muy fino y homogéneo, sus cualidades ante la talla son medias-altas pero están limitadas por su tamaño, fisuras y la presencia de algunas irregularidades (Fig. 2). Es un material que implica la aplicación de fuerza baja-media al

Materias Primas		Sierra de Atapuerca			Ambrona		La Maya			El Basalito		
		Sílex		Cuarcita Utrillas	Cuarcita	Caliza	Cuarcita		Cuarzo	Cuarzo	Cuarcita	
		Neógeno	Cretácico				Media/alta	Cuarzo			Local	Armoricana
Origen	Geológico	Mioceno final	Turonense-Santonense inferior	Facies Utrillas/Cretácico	Buntsandstein	Lías superior	Sistema Central			Ordovícico inferior		
	Espacial	1-3 km	0,5-1 km	4km. Paleocanal fluvial	3,8 km	0 km	0 km		0 km	0 km	4,6-6 km	
		Superficies de erosión		Paleocanal	Poleje	Canal fluvial			Filón primario			
Abundancia		Alta	Baja	Alta	Media	Muy alta						
Tamaño		Muy grande	Pequeño	Grande	Pequeño	Variado	Grande		Grande/Medio	Medio	Medio	Grande/Medio
Homogeneidad		Media	Alta	Alta	Alta	Media/Baja	Alta	Baja	Media	Medio	Media/Alta	Alta
Grano		Micro	Micro	Fino	Muy fino	Medio	Fino	Fino/Medio	Medio	Medio	Grueso	Muy fino
Resistencia a la fractura		Low	Media	Media/Alta	Media	Muy baja	Media/Alta		Media	Baja	Media	Media
Calidad en la talla		Media/Alta	Media/Alta	Media/Alta	Media	Media/Baja	Media	Baja	Media/Baja	Media	Media	Alta
Calidad filos		Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Media	Baja	Baja	Media	Baja	Alta

Tabla 1. Características principales de las materias primas empleadas

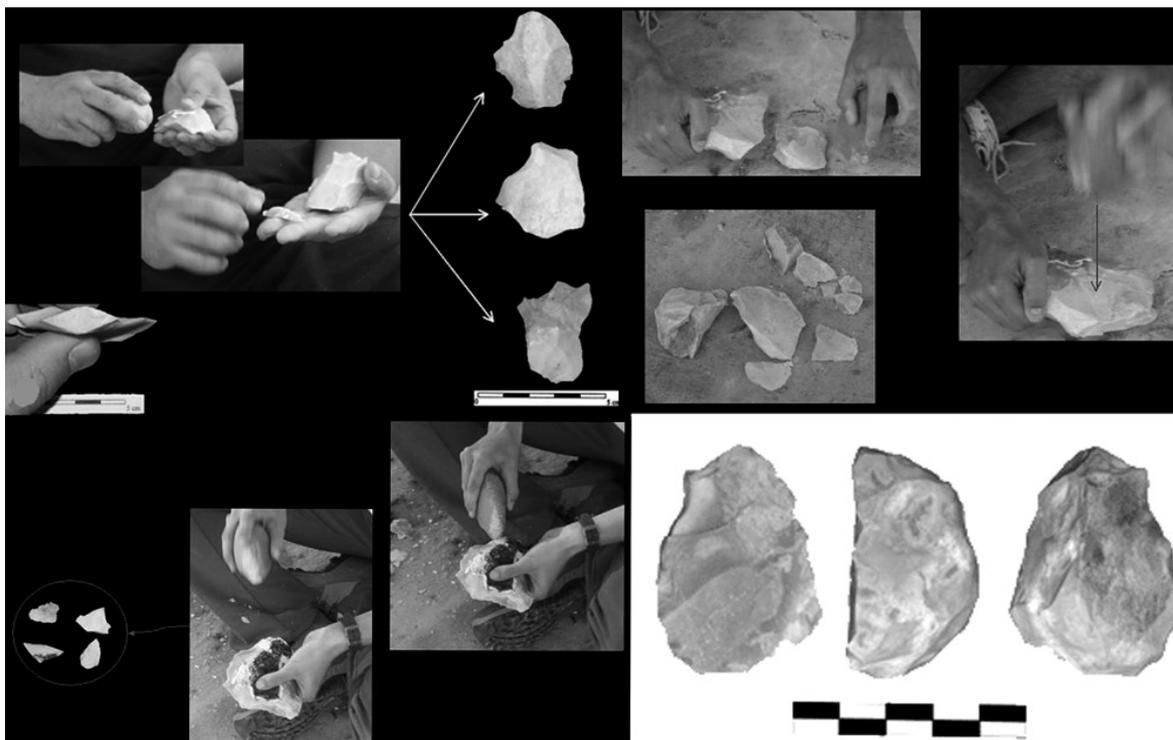


Figura 2. Experimentos con sílex neógeno (método levallois, técnica con yunque y bifacial centrípeto) y sílex cretácico (método levallois recurrente).

296

inicio y media-alta en fases avanzadas, principalmente si los ángulos son abruptos. Así, es necesario emplear percutores algo más grandes de lo que corresponderían.

Cuarcita de facies Utrillas

Aparece a unos 4.800 m de los yacimientos de la Trincherera del Ferrocarril, en Olmos de Atapuerca. Es un material muy abundante que reúne unas buenas cualidades para la talla. Su morfología con tendencia esférica, su dureza y la presencia de fisuras (escasas pero amplias) son sus principales inconvenientes. Son bases muy homogéneas, con grano fino, de alta densidad, sin irregularidades, de calidad alta o media-alta y de dureza media-alta. Su morfología inicial requiere la utilización de percutores densos y de grandes dimensiones.

Sus ventajas son la facilidad de controlar los productos obtenidos, el reducido número de accidentes y la activación de filos regulares y muy resistentes.

4.2. AMBRONA

El sílex empleado en Ambrona no ha sido evaluado porque en las prospecciones realizadas no se ha podido localizar ningún fragmento de más de 4 cm.

Cuarcita de calidad media/alta

Son cantos rodados de tamaño medio/pequeño, con tendencia esférica, de grano muy fino y cristalino, de dureza media, con una única fisura en el plano frontal.

Las mayores limitaciones asociadas a esta cuarcita se encuentran en generar el primer *entame*, al mostrar una gran resistencia por su morfología que implica el empleo de ángulos muy abruptos y por el córtex. En las fases finales de reducción, se generan importantes fracturas y reflejados. Sobre este material es posible aplicar métodos predeterminados (Fig. 3).

Caliza

Este es el material más abundante y próximo al yacimiento de Ambrona. Su utilización ha sido reducida pero relevante, ya que es el material seleccionado de manera preferencial entre los instrumentos de gran formato. Aparece en bloques espesos, de calidad media, con resistencia media a la fractura intencional y con escasas fisuras. Sus cualidades son muy superiores a las que presenta la mayor parte de los cantos.

Los productos generados son planos, irregulares y con morfometrías más controlables y predecibles que en la cuarcita. La percusión blanda es una técnica que se ajusta perfectamente a este material. Con una angula-

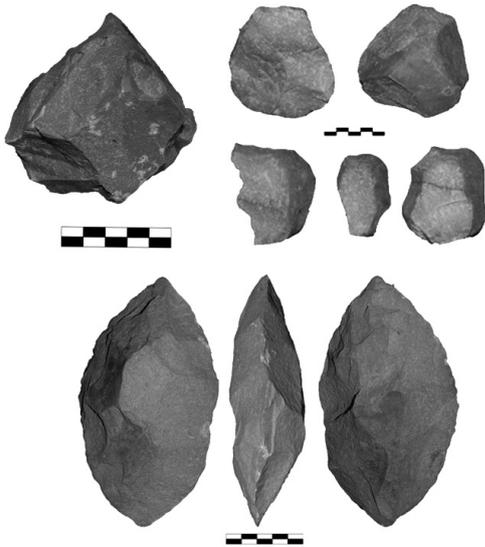


Figura 3. Experimentos sobre cuarcita (método discoide, levallois y bifaz).

ción ajustada es más efectiva que la percusión dura. Una importante característica de los productos es su gran fragilidad.

4.3. LA MAYA

Cuarcita de calidad media/alta

Son bases de grandes dimensiones, con una longitud media de 11 cm. El 80% de los efectivos presentan una o varias fisuras transversales de amplio desarrollo. En los casos en los que las fisuras son más abundantes, éstas frenan algunas de las extracciones y provocan embotamientos del filo. En las bases de mayores dimensiones (más de 30-40 cm) la presencia de grandes fisuras que atraviesa en su totalidad el eje transversal del canto ha favorecido la producción de placas (Fig. 4).

Son bases homogéneas, con grano fino en la mayor parte de los casos, de alta densidad, de dureza media-alta, que tienden a generar algún reflejado y fracturas de tipo siret. Responden de forma correcta a la percusión blanda si previamente se han generado ángulos simples o semiplanos, aunque su dureza impide que las extracciones profundicen.

Cuarcita de calidad baja/media

Presentan numerosas y grandes fisuras que favorecen su fracturación en placas (Fig. 4). Es necesario emplear plataformas de percusión muy amplias y conocer previamente el eje en que se desarrolla las fisuras para que éstas afecten al mínimo la talla.

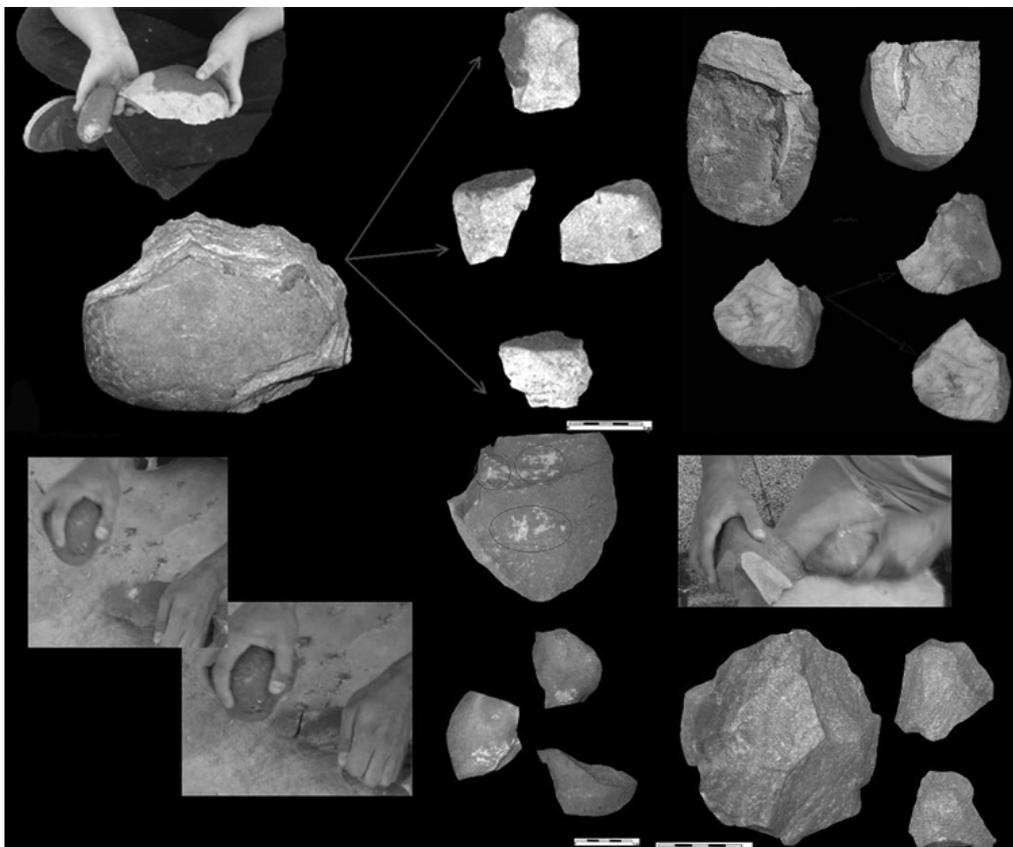


Figura 4. Experimentos de talla con cuarcitas del Tormes.

Cuarzo de calidad media

Son bases de dimensiones medias, con 77 mm de longitud media. Permite una talla fluida al no presentar fisuras que recorran más de un eje, ni generar fracturas que comprometan el desarrollo de la reducción. Su dureza es media y ha provocado la fracturación de varios percutores. Los productos generados son de gran tamaño, regulares y presentan unos frentes activos regulares, agudos pero muy frágiles por la granulometría.

4.4. EL BASALITO

Cuarcita armoricana

Este material aparece a una distancia de entre 4,6 y 6 km al norte y noreste del yacimiento. Es muy abundante, aparece en bloques y ofrece unas cualidades óptimas para la talla. Su grano es muy fino y uniforme, no presenta córtex, su dureza es media y con escasas fisuras. Los ángulos iniciales deben ser corregidos porque provocan reflejados y fracturas de tipo siret.

Esta cuarcita está relacionada con la configuración de grandes instrumentos (Fig. 5), lo que implica una correcta sujeción para que los impactos y las vibraciones no fracturen las bases en los planos de debilidad.

Cuarcita local de calidad media/baja

Este grupo de cuarcita se caracteriza por un grano grueso homogéneo, sin irregularidades ni fisuras y con una dureza media. Son cantos rodados subangulosos de tamaño medio/pequeño. Es un material que responde correctamente a la talla aunque se genera un número muy reducido de productos (7-9 de media) por el tamaño de las bases iniciales. Los productos generados son planos, de tamaño medio, con filos agudos, rectos y muy frágiles. No han generado accidentes de talla (Fig. 5).

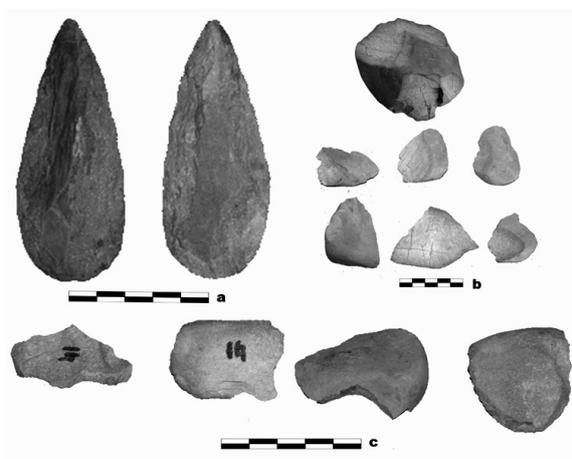


Figura 5. Experimentos de talla con cuarcita armoricana (a) y local (b y c).

Cuarzo de calidad media/baja

Es un material muy escaso. Son cantos espesos subangulosos de dimensiones medias, homogéneos, de escasa dureza, con una única fisura en el plano frontal que no ha afectado al desarrollo de la talla.

La mecánica de fractura permite extraer lascas de grandes dimensiones. Únicamente se han documentado algunas pequeñas fracturas laterales y frentes de reflejado de escasas dimensiones.

5. RESULTADOS

5.1. SIERRA DE ATAPUERCA

Destaca que los productos experimentales presentan unas dimensiones muy superiores a las documentadas en el repertorio arqueológico. Este hecho se debe a que los homínidos han rentabilizado de una forma más intensa aquellos materiales transportados.

La reducida resistencia a la fractura concoidea del sílex neógeno ha determinado que en los niveles en los que más se usa este tipo de sílex existe una menor densidad de percutores.

La comparación entre los materiales arqueológicos y experimentales de sílex cretácico muestra como los homínidos han tenido importantes dificultades en ajustar la técnica de talla a estas bases (Fig. 2). No se ha rentabilizado el esfuerzo en la obtención de estos nódulos, ni se han efectuado las técnicas más complejas en este material, que es el que ofrece las mejores posibilidades. El uso constante y repetido a lo largo del Pleistoceno de este material responde a una tradición cultural sin grandes beneficios.

En el caso contrario se encontraría la cuarcita de facies Utrillas que es muy abundante y permite generar numerosas lascas con filos brutos duraderos. Pero su uso ha sido muy reducido.

En los niveles del Pleistoceno medio de la Sierra de Atapuerca el método discoide es el que mejor se ha adaptado a las materias primas en la producción de lascas de pequeño formato (Fig. 2).

En los instrumentos sobre lasca ha destacado la rápida configuración general y la regularidad y resistencia de los filos en el sílex cretácico.

5.2. COMPLEJO INFERIOR DE AMBRONA

Se ha empleado una importante variedad de materiales alóctonos. La cuarcita de mejor calidad es escasa. Presenta morfologías que implican la aplicación de fuertes impactos y tiene pequeñas fisuras mientras que la cuarcita de menor calidad es extremadamente dura y no ha facilitado un gran control de la talla (Fig. 3).

La caliza presenta unas cualidades muy superiores a la cuarcita, se ajusta a la percusión blanda y produce lascas planas y largas pero responde mal al retoque en formatos planos y semiplanos y no permite una configuración muy compleja.

En la configuración de grandes formatos sobre caliza ha destacado la rapidez y sencillez (con proyectos sin grandes complejidades); y la posibilidad en los triedros de aprovechar aristas naturales.

En la explotación el método discoide no ha mostrado una gran efectividad, principalmente por la dureza de la cuarcita y escasa calidad del cuarzo (Fig. 3). El método levallois sólo ha generado productos cercanos a la predeterminación en la cuarcita de mejor calidad.

Para evitar la fracturación de los instrumentos sobre lasca ha sido necesario aplicar retoques de escasa intensidad que han provocado negativos marginales. Esta marginalidad es una de las características más importante de los instrumentos de pequeñas dimensiones de este yacimiento.

5.3. LA MAYA

Los cantos rodados de estas terrazas fluviales se caracterizan por un gran tamaño y peso, lo que conlleva que la sujeción sea incomoda (Fig. 4). Todos los procesos de talla en fase avanzada se han visto afectados por la relación entre la dureza y el incremento de la angulación.

La adaptación a los grandes volúmenes y a la presencia de amplias fisuras unidimensionales se ha plasmado en la producción de un importante repertorio de placas a partir de la talla durmiente (Fig. 4). Estas placas han funcionado como soportes para instrumentos contundentes y núcleos centrípetos. En la producción experimental de estas placas a través de la talla durmiente se ha podido observar como los homínidos de La Maya tienen o han invertido más fuerza que los talladores actuales.

La escasa calidad de los materiales presentes en las terrazas del Tormes ha dificultado la ejecución de los métodos más complejos y de la técnica con percutor blando. Con estos materiales de calidad media-baja ha sido muy importante el gesto de percusión para no generar accidentes y para regenerar los ángulos.

La talla unifacial/bifacial unipolar masivo y recurrente combinado con percusiones de gran intensidad es el que mejor se adapta a estos materiales (Fig. 4). En los métodos más cualificados como el levallois, la talla se ha visto condicionada por la escasa calidad de los materiales.

En la configuración de primera generación ha destacado la activación de los triedros y diedros continuos

convexos de gran formato, por la rapidez y efectividad de la talla.

5.4. EL BASALITO

La utilización de la cuarcita armoricana es uno de los elementos clave. Permite una explotación fluida y una configuración de instrumentos planos. Éste ha sido uno de los factores que han influido en que exista un repertorio instrumental con dos grupos cualitativos (materias primas locales/cuarcita armoricana) (Fig. 5). Los materiales estrictamente locales tienen unos resultados correctos hasta que se intensifica la talla activando las fisuras, generándose fracturas y productos irregulares y desbordantes.

La percusión blanda se ha podido desarrollar con una gran efectividad sobre la cuarcita armoricana en la configuración de grandes bifaces (Fig. 5). En esta configuración se han producido numerosas fracturas de los extremos distales por la activación de fisuras y por ser formatos muy alargados y estrechos.

En la producción de pequeños instrumentos la talla se ha visto condicionada por el pequeño tamaño de las lascas generadas en los materiales locales, su fragilidad y formato plano (Fig. 5). Para evitar las fracturas se han aplicado golpes de escasa intensidad, lo que ha generado retoques marginales.

La talla unifacial unipolar (con tendencia centrípeta por la selección de bases más pequeñas) se ha mostrado sumamente eficiente, tanto sobre materiales locales como sobre la cuarcita armoricana.

6. CONCLUSIONES

Las características de las materias primas influyen de forma decisiva en el desarrollo de la talla. No condicionan el resultado final en su totalidad, pero sí que han obligado a estos homínidos a adaptar el proyecto a las condiciones iniciales de los materiales. Cuanto mayor es la calidad de la materia prima mayores son las diferencias cualitativas de los procesos de talla en los resultados entre talladores con menor y mayor experiencia; y mayor es la variedad de temas operativos. De esta forma, en El Basalito se ha generado un repertorio instrumental con dos grupos cualitativos.

Un patrón común que se documenta en estos yacimientos, aunque con un carácter más marcado en Ambrona, es la escasa calidad de las materias primas que se han seleccionado para ser configuradas en la primera generación. Así se emplean bases que permitan activar de forma rápida frentes contundentes y pesados. Sobre estos materiales la configuración ha activado un tramo muy corto de filo y se ha aprovechado fundamental-

mente el peso. Este hecho marcaría un uso inmediato y corto.

Una adaptación estrictamente relacionada con las cualidades de las materias primas se ha documentado en Ambrona y El Basalito, donde para evitar la fracturación de los instrumentos sobre lasca han aplicado retoques de escasa intensidad que han generado negativos marginales. Igualmente, en La Maya existe una adaptación a los grandes volúmenes y a la presencia de amplias fisuras unidimensionales, que se ha plasmado en la producción de un importante repertorio de placas a partir de la talla durmiente.

En la selección diferencial y uso especializado del sílex cretácico en Gran Dolina, de la cuarcita en Galería o de la caliza (por su reducido uso) en Ambrona se puede documentar una tradición técnica heredada que no aportan claros beneficios al repertorio lítico.

Los materiales exógenos tienen una importante movilidad y se han empleado en actividades específicas, por lo que en yacimientos como El Basalito la cuarcita armoricana solo aparece en los grandes configurados y en la Sierra de Atapuerca el material más lejano y de mejor calidad aparece principalmente en los instrumentos sobre lasca.

Agradecimientos

Desearía agradecer la colaboración prestada por R. Alonso (MEH), Dr. J. C. Díez (UBU), Dr. X. P. Rodríguez (URV) y Dra P. López Castilla. MTB ha sido becario de la Cátedra Atapuerca entre 2006 y 2009. Estas investigaciones se enmarcan en los proyectos CGL2009-12703C03-01/BTE y orden EDU/940/2009.

7. BIBLIOGRAFÍA

BENITO DEL REY, L. 1977, El Yacimiento Achelense de "El Basalito" (Castraz de Yeltes, Salamanca), *Zephyrus* XXVIII-XXIX, 67-89.

BERGER, G. W., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., CARBONELL, E. *et al.* 2008, Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Atapuerca, *Journal of Human Evolution* 55, 300-311.

CARBONELL, E., MOSQUERA, M., OLLE, A. *et al.* 2001, Structure morphotechnique de l'industrie lithique du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne), *L'Anthropologie* 105, 259-280.

FALGUÈRES, C., BAHAIN, J. J., PÉREZ-GONZÁLEZ, A. *et al.* 2006, The Lower Acheulian site of Ambrona, Soria (Spain): ages derived from a combined ESR/U-series model, *Journal of Archaeological Science* 33, 149-157.

FALGUERES, C., BAHAIN, J. J., YOKOYAMA, Y. *et al.* 1999, Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain, *Journal of Human Evolution* 37, 343-352.

PARCERISAS, J. 2006, El aprovisionamiento de materias primas en los yacimientos de Ambrona y Torralba: la "base de recursos", in G. Martínez, A. Morgado, J. A. Afonso (ed.), *Sociedades prehistóricas, recursos abióticos y territorio*, 73-86.

PÉREZ-GONZÁLEZ, A., SANTONJA, M., BENITO, A. 2005, Secuencias litoestratigráficas del Pleistoceno medio del yacimiento de Ambrona, in M. Santonja, A. Pérez (ed.), *Los yacimientos paleolíticos de Ambrona y Torralba (Soria). Un siglo de investigaciones arqueológicas*, Museo Arqueológico Regional de Alcalá de Henares, Zona Arqueológica, 176-189.

SANTONJA, M., PÉREZ-GONZÁLEZ, A. 2000-2001, El Paleolítico inferior en el interior de la Península Ibérica. Un punto de vista desde la geomorfología, *Zephyrus* LIII-LIV, 27-77.

SANTONJA, M., PÉREZ-GONZÁLEZ, A. 1984, *Las industrias paleolíticas de la Maya I en su ámbito regional*, Madrid.

TERRADILLOS, M. 2010, *El Paleolítico inferior en la Meseta Norte, España: Sierra de Atapuerca, La Maya, El Basalito, San Quirce y Ambrona. Estudio tecnológico y experimental*, British Archaeological Reports, International Series 2155.

TERRADILLOS, M., ALONSO, A. 2011, Análisis experimental de la variabilidad en la producción de lascas por parte de talladores actuales, in A. Morgado, J. Baena, D. García (ed.), *La investigación experimental aplicada a la Arqueología*, Ronda (Málaga), 197-202.

APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL AL TRATAMIENTO TÉRMICO DE MATERIAS PRIMAS PÉTREAS POR PROCEDIMIENTOS NATURALES¹

Francisco José Vicente Santos* Paula Ortega Martínez*

El registre arqueològic evidència, almenys des del Solutrià, tractaments tèrmics sobre diferents matèries pètries. Aquests canvis, que en el cas sílex afavoreixen el posterior procés tècnic, han estat tan sols parcialment tractats per la historiografia. L'objectiu d'aquest treball és crear un programa experimental en el qual s'analitzin les alteracions tèrmiques de diferents materials lítics per mitjà de fonts de calor, fogueres, així com també les alteracions deposicionals d'aquest procés.

Tractament tèrmic, Solutrià, sílex, llars.

The archaeological record, at least from the Solutrean, evidence heat treatments on different lithic materials. The flint treatment confers some characteristics that facilitate the subsequent technical process. These changes have been only partially discussed by the historiography.

The aim of this project is to create an experimental program in which thermal alterations caused by natural heat sources such as fireplaces are analyzed, as well as depositional alterations of this process.

Heat treatment, Solutrean, flint, fireplaces.

301

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento térmico de las materias primas es, para la mayoría de los casos, una forma de mejorar las propiedades de estas. Las modificaciones de las características intrínsecas de los soportes por el calentamiento² han favoreciendo el posterior proceso tecnológico; pero además es un "acto de ingeniería" y una compleja tecnología desarrollada por el hombre paleolítico (Soler 2003).

En el caso específico del sílex, las modificaciones producidas por una alta fuente de calor aportan mejoras tecnológicas perceptibles en los posteriores procesos

de talla (Domanski/Webb 1992). En su búsqueda de las alteraciones producidas por el calentamiento de rocas silíceas apuntan a unos cambios destacables en cuanto a la elasticidad y la resistencia a la fractura, decreciendo esta última con el aumento del calor.

El proceso de mejora de la materia prima a través del tratamiento térmico se ha documentado al menos desde el Solutrense (Bordes 1969; Inizian *et al.* 1975; Fleniken *et al.* 1975; Zilhao 1997; Maíllo-Fernández 1999; Muñoz 2006; Cascalheira 2010). Este hecho no es de extrañar considerando que el procedimiento facilita la elaboración de retoques por presión, tan característicos de este momento, estando presentes tanto en las

* Personal Investigador en Formación. Dpto. de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Universidad de Salamanca.

1.- Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado en el desarrollo de esta experimentación: Felipe Cuartero, Gabriel García, Silvia Casero, Carmen Cortés, Juan José Vicente y Javier J. García.

2.- A lo largo de este artículo emplearemos el término de calentamiento como sinónimo de "tratamiento térmico", implicando para el primer caso una acción antrópica voluntaria.

puntas de base cóncava, puntas de pedúnculo y aletas, hojas de laurel y sauce o puntas de muesca.

El elevado número de materiales arqueológicos que testimonian la existencia de un tratamiento térmico como constante en los procesos tecnológicos de talla paleolítica abre nuevas hipótesis de estudio.

Es en este contexto en el que se ha planteado un proyecto experimental, fundamentado en el tratamiento térmico de materiales líticos llevados a cabo a través de procedimientos documentados arqueológicamente, véase hogueras, como respuesta a necesidades tecnológicas. Este trabajo, que viene a sintetizar distintos estudios desarrollados anteriormente (*vid.* Crabtree/Butler 1964; Purdy 1975; Price *et al.* 1982; Ahler 1983; Joyce 1985; Griffiths *et al.* 1987; Clemente 1991, 1995; Borradaile *et al.* 1993; Soler 2003), tiene como finalidad observar y analizar todas aquellas alteraciones provocadas por el tratamiento térmico, tanto en la configuración estructural del material, como a nivel deposicional. Se pretende así tomar en consideración todas aquellas variables que puedan intervenir en los procesos de calentamiento con el fin de valorar el grado de implicación de las mismas.

2. HISTORIOGRAFÍA

302

Las investigaciones sobre el calentamiento de materias primas líticas como el sílex nacieron en la década de los 60 y 70 (Bordes 1969), con la eclosión de la Nueva Arqueología, que posteriormente apoyándose en la generalización de la arqueología experimental vivió un desarrollo cuantitativo y cualitativo que llega hasta nuestros días.

Las primeras investigaciones arqueológicas que versaban sobre el tema se centraron principalmente en la efectividad del proceso, obviando en muchos casos los factores que intervienen en el mismo. La ausencia en la estimación de las variables, especialmente de los momentos primitivos, es resultado del carácter incipiente de esta nueva corriente de investigación, que no obstante, ha ido depurando su metodología paulatinamente. Los estudios experimentales sobre el tratamiento térmico de materias primas han ido evolucionando a lo largo de las distintas investigaciones, y se ha abordado desde distintas perspectivas (Crabtree/Butler 1964; Bordes 1969), siempre auxiliado por los datos de registros etnológicos (Inizan *et al.* 1975; Schindler 1979; Goodyear 1982; Flenniken *et al.* 1983) que han servido de guía práctica para iniciar nuevas experimentaciones.

Muchos de los análisis realizados sobre materiales tanto experimentales como arqueológicos, se han basado en los lustres térmicos, sin que para ello se hayan empleado elementos de aumento. Estos estudios obvian

la posible confusión entre los lustres producidos por alteraciones térmicas y otros tales como los post-deposicionales.

El empleo del magnetismo de las piezas para el análisis de procesos de tratamiento térmico se basaba en la constatación de la existencia de un aumento en el magnetismo isotermal remanente, típico de las rocas calentadas (Borradaile *et al.* 1993). Sin embargo, esta metodología precisa de un estudio pormenorizado de los resultados atendiendo al tipo de material analizado (Soler 2003).

El método más utilizado y con mayores resultados ha sido el análisis mediante la lupa binocular y el microscopio metalográfico, herramientas que permiten detectar con mayor certeza el lustre y los micropulidos (Clemente 1991, 1995).

Si bien las perspectivas empleadas para abordar el tema del tratamiento térmico de las rocas silíceas han variado a lo largo de la historiografía, también han variado las metodologías de estudio. Por un lado, el calentamiento térmico en el laboratorio a través de distintos hornos eléctricos. Esta metodología permite controlar perfectamente variables como el tiempo y la temperatura, sin embargo deja vacíos de información relativos a las actividades de las sociedades paleolíticas y su capacidad para controlar dicha variables (Griffiths *et al.* 1987). Y, por otra parte, la experimentación de distintas tipologías de hogares como instrumentos para los tratamientos térmicos de materiales líticos. Estos experimentos denotan cierto vacío respecto de algunas variables que parecen indispensables (Crabtree/Butler 1964; Purdy 1975; Price *et al.* 1982; Ahler 1983; Joyce 1985; Soler 2003).

La investigación que se presenta en estas líneas surge de la necesidad de aunar por un lado el estudio de las variables que intervienen en el calentamiento de los sílex y, por otro lado, el análisis de los factores podrían ser controlables por las sociedades paleolíticas, todo ello a través de la experimentación.

La identificación de estos datos tan solo es posible a través de la experimentación del tratamiento térmico semejantes a los utilizados por los grupos paleolíticos, en la que se estudiase el valor de cada una de las variables que intervienen en el proceso para finalizar con la comparación de los resultados experimentales con los datos arqueológicos.

3. OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA EXPERIMENTAL

En este trabajo se expondrán los resultados de un programa experimental ideado con la finalidad de crear unos referentes claros con los que comparar los estig-

mas de alteraciones térmicas detectadas en el registro arqueológico. Esto es, identificar pautas de roturas térmicas a través del análisis macroscópico, a bajos aumentos y a altos aumentos, de material calentado.

Por otro lado, a través de esta investigación se ha analizado el potencial que presentan los hogares de morfologías simples, documentados en el registro arqueológico, para la consecución de los tratamientos térmicos identificados en las piezas arqueológicas. Y de este modo reconocer el posible papel que representan estos elementos en el tratamiento térmico durante el Paleolítico.

Esta labor requiere el control pormenorizado de muchas de las variables que intervienen en el proceso. Así, se han identificado aquellas que con alta probabilidad, eran más fácilmente controlables por las sociedades paleolíticas.

Finalmente se pretende reconocer los movimientos posicionales que sufren los materiales en el proceso de calentamiento.

La definición detallada de las variables que intervienen en el trabajo permite llevar a cabo un análisis sistemático a la vez que flexible de reconstrucción de los procesos de tratamiento térmico paleolítico.

Por un lado tomamos una serie de variables constantes en todos experimentos, que marcaran las pautas de actuación y que sirven de soporte a otro tipo de variables dinámicas que condicionarán el programa desarrollado.

Entre las variables fijas contamos con una única especie de madera utilizada. Dado le poder calorífico moderado de la encina (*Quercus ilex*), su constancia en el aporte calorífico, y su alta inflamabilidad a lo largo del año (Soler 2003, 56-57) se ha optado por este tipo de madera para la creación de las hogueras experimentales.

El material, objeto de calentamiento, es el sílex yesífero de Vicálvaro conformado en núcleos y soportes de talla (lascas y hojas) de distintos tamaños. Junto a este se han empleado algunos fragmentos de ópalo que se han utilizado de manera testimonial, con el fin de conocer la variabilidad de cada materia. Así mismo, se han seleccionado tanto piezas con córtex como sin córtex, puesto que la presencia de este elemento modifica las propiedades de la materia así como su alteración térmica.

Con la finalidad de reconocer los patrones de distribución y el alcance del calor producido por la hoguera y filtrados a través de los sedimentos se procedió a la colocación de la materia prima de una forma homogénea.

El formato del hogar ha sido una hoguera plana acotada por un círculo de piedras, formato más documentado en los niveles paleolíticos junto con los hogares en

cubeta, que reservamos para posteriores experimentaciones.

Así mismo se han tomado en consideración otros factores como la humedad del terreno o el tipo del suelo.

Con el fin de identificar los factores más relevantes y el grado de interacción de estos, se han considerado ciertas variables dinámicas, combinado las diferentes condiciones de ejecución de manera planificada, y buscando, con ello, obtener un rico abanico de alteraciones (Terradas/Clemente 2001). De este modo, se han modificado factores tales como el tiempo, la temperatura, los tipos de exposición a la fuente de calor, etc. (Soler 2003).

Los factores más relevantes son sin duda el tiempo de exposición a la fuente de calor y la temperatura alcanzada, ambas variables interdependientes que en este proyecto han sido evaluadas de manera conjunta. Así se procedió a la medición de las temperaturas de los sedimentos en los que se depositaron los materiales, en el espacio temporal del proceso, tanto en distintos puntos del área de experimentación, como a distintas cotas de profundidad. Con esto se pretende reconocer la capacidad del terreno para difundir el calor y transmitirlo a las piezas, este hecho permite controlar el tiempo necesario para alcanzar la temperatura óptima para el calentamiento del sílex— 300° C-400° C (Purdy 1982; Griffiths *et al.* 1987; Domanski/Webb 1992; Terradas/Gibaja 2001). La variabilidad en el tiempo de duración de las hogueras ha permitido conocer su relación contractual con la temperatura alcanzada.

Otra de las variables estimadas es el tipo de exposición de las piezas a la fuente de calor. Es por ello que se experimentó de qué manera reaccionan las materias primas a un alto calentamiento en un espacio temporal pequeño, a través de la exposición de la pieza directamente en la hoguera. Por otro lado, se proyectó la posibilidad de aplicar una exposición al calor rápida pero más moderada, así como la reacción a un calentamiento en un espacio temporal más alargado (colocándolo en las ascuas). Para finalizar se procedió a un calentamiento paulatino, mediante el depósito de los materiales en el sedimento bajo el hogar de manera que dichos materiales no entrasen en contacto con la fuente de calor, sino que el calentamiento y posterior enfriamiento fuese progresivo.

La experimentación se estructuró en función del tiempo y el tipo de exposición al calor.

La primera fase de la experimentación se basó en la exposición directa y repentina de las piezas a la fuente de calor. El resultado fue el craquelado de la materia prima, saliendo despedidos los debris a una distancia máxima de unos 2 m. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Purdy (1982), quien relaciona los resultados con la alta temperatura alcanzada en el centro del hogar (850° C).

En un segundo momento se procedió a la exposición de la materia prima a una fuente de calor más tenue que la anterior, mediante la deposición de la materia prima a las ascuas de un hogar apagado. Sin embargo, el calentamiento repentino de las rocas silíceas provocó el craquelado y fractura de las piezas, si cabe de una manera menos violenta que en el caso anterior, pero que las inhabilitaba para su posterior tratamiento técnico (Domanski/Webb 1992).

Una tercera fase, en la que se centró nuestras investigaciones, tuvo por objeto el calentamiento del material experimental de una manera gradual, en la que se controlase la temperatura y el tiempo de calentamiento. Este procedimiento se realizó mediante el enterramiento de los materiales bajo una fuente de calor extrema. Así pues el programa experimental se fundamentó en un total de 6 hogueras.

La colocación del material a tratar se realizó siguiendo unos patrones semejantes en todas las hogueras, dispersando el material en un área de entorno a un metro cuadrado desde el centro de la hoguera. La distribución ordenada de los materiales buscaba una adecuada disposición horizontal. La mitad de los mismos se colocó a una cota de 5 cm por debajo de la superficie, y los otros a 10 cm. La finalidad de este último paso era comprobar la dispersión vertical del calor por los sedimentos, que en este caso fueron arenas.

Cada hogar tuvo una duración determinada –1:30h, 2h, 2:30h, 3h, 4h y 5h– alcanzando unas temperaturas controladas de entre 0-350°. Una vez transcurrido el tiempo preciso se retiraron los fragmentos de madera sin quemar y se dejó enfriar al natural durante 48h, tras lo cual se excavaron y analizaron los materiales (Fig. 1).

304

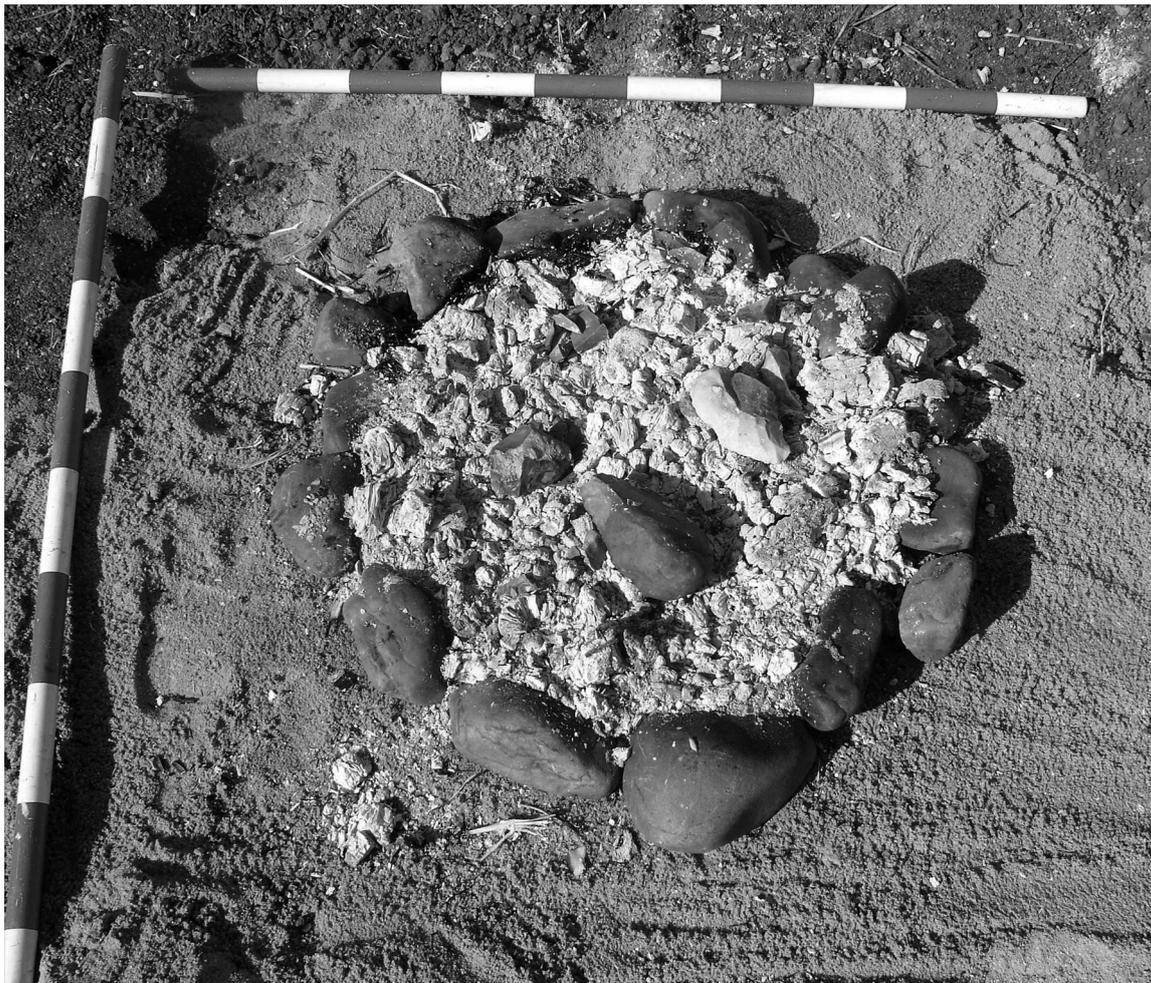


Figura 1. Imagen de un hogar experimental.

4. ANÁLISIS

Los análisis realizados sobre los materiales tratados atendían a tres perspectivas diferenciadas: un estudio tipométrico, traceológico y espacial.

4.1. ESTUDIO TIPOMÉTRICO

Las piezas tratadas terminalmente, no presentan apenas alteraciones morfológicas, cabe destacar una leve y constante pérdida de peso. Este fenómeno podría responder a distintos factores. Por un lado, la pérdida de hidratación del propio mineral, hace que el contenido en agua de los minerales se desplace creando microfracturas y favoreciendo la posterior talla, debido al descenso de la resistencia del material. Otro motivo podría ser la recristalización de su estructura interna, la matriz calcedónica, tal como ya aludían Crabtree y Butler (1964, 2), Purdy (1982) o Domanski y Webb (1992).

Del mismo modo, se han detectado grandes mejoras en el posterior proceso de talla desarrollado sobre los materiales tratados.

4.2. ESTUDIO TRACEOLÓGICO

Las piezas tratadas han sido analizadas desde una perspectiva traceológica, a nivel macroscópico y microscópico (microscopía de bajos aumentos), con el fin de identificar alteraciones térmicas provocadas por la experimentación aquí expuesta. Junto al lustre y los cambios en la coloración al que ya aludían Domanski y Webb (1992), se han identificado otras tales como el craquelado, oxidaciones, escamaciones o micropulidos.

El craquelado de los materiales, se produce como respuesta a una exposición repentina a una elevada fuente de calor (en el fuego, en las ascuas, y en los hogares de mayor exposición) Este fenómeno es perceptible en las piezas ubicadas en el centro del hogar y a 5 cm de profundidad o en las exposiciones directas. El craquelado se asocia a un elevado número de diaclasas y fisuras que imposibilitan el proceso de talla.

Es destacable que los materiales más voluminosos presentan un calentamiento desigual; en ocasiones se craquelan las zonas exteriores, conservándose las internas aptas para la talla.

Las oxidaciones son otro estigma de la alteración térmica que en muchas ocasiones denota un tratamiento térmico excesivo, como paso previo al craquelado o la fractura. Sin embargo, la presencia de estas trazas no supone un impedimento para el procesado tecnológico posterior. En estas alteraciones intervienen de manera activa la composición interna de la materia tratada. Del total de piezas tratadas, tan solo el 5% presentaban esta tipología de alteraciones.

Para finalizar, las piezas que presentan un tratamiento térmico más adecuado para la talla destacan por la presencia de una regularización de la superficie de las mismas. Así desaparecen las rugosidades y escamaciones esperable en la talla de las piezas sin tratar. Este fenómeno es visible con microscopía de bajos aumentos tales como la lupa binocular (Fig. 2) y que esperamos poder analizar a nivel microscópico. Del mismo modo, podemos suponer la existencia de micropulidos, tan

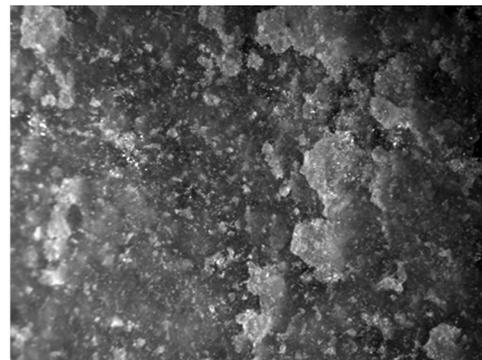
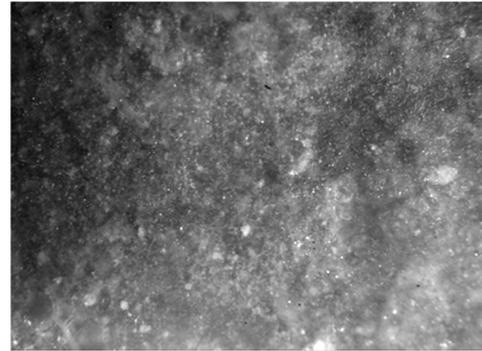


Figura 2. Diferencias en las superficies líticas entre una pieza tratada térmicamente (superior) y otra sin tratar (inferior) a 65x.

solo identificables a nivel microscópico que si se han descrito en otras investigaciones (Clemente 1991, 1995; Terradas/Gibaja 2001).

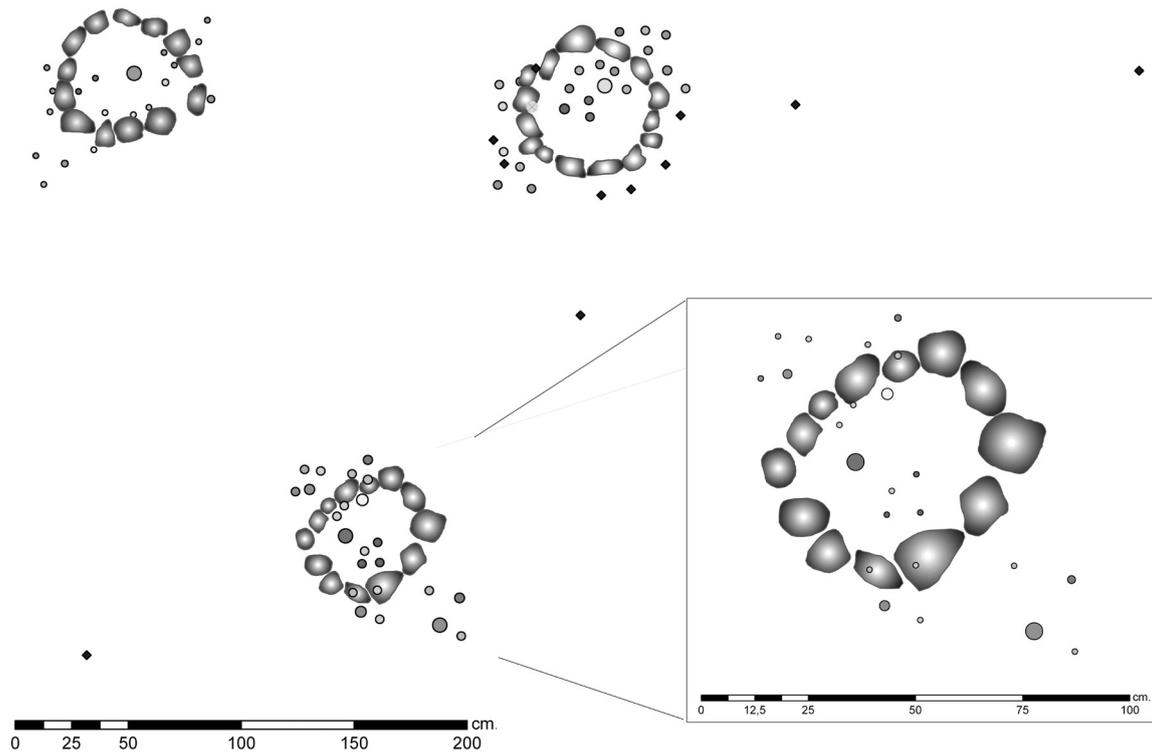
4.3. ANÁLISIS ESPACIAL

El desarrollo de un análisis espacial respondía a la necesidad de conocer el patrón de dispersión del calor a través de los sedimentos y los procesos deposicionales que el calentamiento de los mismos pudiera ocasionar en los yacimientos.

Así se ha identificado que, el grado de dispersión del calor a través de los sedimentos, se restringe al área limitada por el círculo de piedras que acotan el hogar. El área exterior al hogar apenas ha recibido aportes de calor, lo que explica que los materiales dispuestos en estas zonas apenas hayan sufrido alteraciones.

Si bien no se han reconocido grandes movimientos deposicionales de los materiales depositados en las arenas, sí se ha documentado la inclinación de muchas piezas, con una especial incidencia, en el fuego más duradero. Este proceso podría tener una doble explicación: tanto el peso del hogar como el calor producido por el mismo podría haber compactado de manera diferencial las arenas, inclinando las piezas sedimentadas.

Un aspecto reseñable de este estudio es la dispersión que presentan las piezas craqueladas en las primeras fases de la experimentación –la exposición directa sobre el fuego y la exposición sobre las ascuas–. Si bien, en el primero, el radio de dispersión de los materiales alcanzó los 2 m en torno al foco de calor, en el segundo, los fragmentos craquelados no alcanzaron una dimensión mayor del área del hogar (Fig. 3).



306

Figura 3. Representación de los hogares experimentales. Detalle de la organización de uno de los hogares. La gradación en la tonalidad de las piezas hace referencia al grado de calentamiento siendo los tonos blancos las piezas menos tratadas y los tonos oscuros los más tratados. Los puntos negros representan los debrises craquelados por el contacto con el hogar.

	Hogar 1	Hogar 2	Hogar 3	Hogar 4	Hogar 5	Hogar 6
Tiempo	01:30	02:00	02:30	03:00	04:00	05:00
Piezas	18	18	18	24	24	24
Núcleos	1	1	1	1	1	1
Grandes Lascas/ Grandes Hojas	9	9	11	20	19	14
Hojas/lascas	8	8	6	3	4	8
Grado de calentamiento (Escala donde 0 es el min. y 5 el max.)	0	0	0-1	0-2	2-3	2-5

Figura 4. Tabla de datos de la experimentación donde se exponen los hogares, el tiempo de duración, los soportes y el grado de calentamiento.

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

A modo de conclusión, se puede apuntar que las hogueras, semejantes a las que se han identificado en yacimientos arqueológicos, presentan un gran potencial para el tratamiento térmico de materias primas tales como el sílex. Estos hogares permiten, a través del sedimento, una buena modulación del calor y por ende un calentamiento adecuado de los materiales (Fig. 4), que favorece el procesado tecnológico posterior.

A través de esta experimentación se ha podido documentar que, en la zona periférica de la hoguera, estos elementos alcanzan aproximadamente los 350°C, en una hoguera de entre 4 y 5 horas. De esto podemos inferir que el tratamiento adecuado de grandes núcleos se alcanza con el calentamiento en hogares de entre 4 y 4:30 h. este tiempo se reduce a 3h para el tratamiento de lascas y láminas.

Así planteamos en futuras investigaciones la comparación de los resultados obtenidos en este trabajo con elementos del registro arqueológico, con el fin de confirmar la correspondencia de la metodología de tratamientos térmicos aquí tratada con los datos arqueológicos. La contrastación negativa de esta hipótesis supone la necesidad de investigar acerca de otras metodologías de tratamientos térmicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AHLER, S. A. 1983, Heat treatment of Knife River flint, *Lithic Technology* 12, 1-8.
- BORDES, F. 1969, Traitement thermique du sílex au Solutréen, *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 7, 197.
- CASCALHEIRA, J. 2010, *Tecnología lítica solutrense do Abrigo de Vale Boi (Vila do Bispo)*, Publicado Lisboa: Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa, Cadernos da UNIARQ 5.
- CLEMENTE, I. 1991, Thermal alterations of flint implements and the conservation of microwear polish: preliminary experimental observations, *Actas del VI International Flint Symposium*, Madrid, Bilbao, Granada.
- CLEMENTE, I. 1995, Sílex y lustre térmico en el Paleolítico Medio. ¿Alteración o técnica de talla? El ejemplo de Mediona 1 (Alt Penedes, Barcelona), *I Congresso de Arqueologia Peninsular (Oporto, 1993)*, *Trabalhos de Antropologia e Etnologia* 35 (3), 35-47.
- CRABTREE, D. E., BUTLER, B. R. 1964, Notes on experiments in flint knapping: 1. Heat treatment of silica minerals, *Tebiwá* 7, 1-6.
- DOMANSKI, M., WEBB, J. A. 1992, Effect of heat treatment on siliceous rocks used in prehistoric lithic technology *Journal of Archaeological Science* 19, 601-614.
- FLENNIKEN, J. JEFFREY, GARRISON, ERVAN G. 1975, Thermally Altered Novaculite and Stone Tool Manufacturing Techniques, *Journal of Field Archaeology* 2, 1-2, 125-131.
- FLENNIKEN, J. JEFFREY, WHITE, J.P. 1983, Heat Treatment of Siliceous Rocks and its Implication for Australian Prehistory, *Australian Aboriginal Studies* 1983, 1, 43-48.
- GOODYEAR, A. C. 1979, An Hypothesis for the Use of Cryptocrystalline Raw Material Among Paleo-Indian Groups of North America. *Research Manuscript Series 156*, Institute of Archeology and Anthropology, University of South Carolina.
- GRIFFITHS, D. R., BERGMAN, C. A., OHNUMA, K., ROBINS, G. V., SEELEY, N. J. 1987, Experimental investigations of the heat treatment of flint, in G. de Sieveking, M. H. Newcomer (ed.), *The Human Uses of Flint and Chert*, Cambridge, Cambridge University Press, 43-52.
- INIZAN, M. L., ROCHE, H., TIXIER, J. 1975, Avantages d'un traitement thermique pour la taille des roches siliceuses, *Quaternaria* 19, 1-18.
- JOYCE, D. J. 1985, Heat treatment of Alibates chalcodony, *Lithic Technology* 14, 36-40.
- MAÍLLO-FERNÁNDEZ, J. M. 1999, Esquemas operativos y conocimiento técnico: el caso del yacimiento solutrense del valle Almoinha (Torres Vedras, Portugal), *Espacio, tiempo y forma. Serie I, Prehistoria y arqueología* 12, 185-214.
- MUÑOZ-IBÁÑEZ, F. J. 2000, *Las puntas ligeras de proyectil del solutrense extracantábrico: análisis tecnomorfológico e implicaciones funcionales*, Madrid, UNED.
- PRICE, T. D., CHAPPELL, S., IVES, D. J. 1982, Thermal alteration in Mesolithic assemblages, *Proceedings of the Prehistoric Society* 48, 467-485.
- PURDY, B. A. 1974, Investigations concerning the thermal alteration of silica minerals, an archaeological approach, *Tebiwá* 17, 37-66.
- PURDY, B. A. 1982, Pyrotechnology : Prehistoric application to chert materials in North America, in Th. Wertime, S.F. Wertime (ed.), *Seminar on Early Pyrotechnology: The evolution of the first Fire-using industries*, New York, Smithsonian Institution Press, 31-44.
- TERRADAS, X., CLEMENTE, I. 2001, La gestión social del sílex melado durante el Neolítico medio en el Nordeste de la Península Ibérica, *Trabajos de Prehistoria* 59, 1, 29-48.
- TERRADAS X., GIBAJA, J. F. 2001, El tratamiento térmico en la producción lítica: El ejemplo del Neolítico medio catalán, *Cypsela* 13, 31-58.

TIFFAGOM, M. 2006, *De la Pierre à l'Homme. Essai sur une paléanthropologie solutréenne*, Liège, ERAUL 113, Université de Liège.

SCHINDLER, D. L., HATCH, J. W., HAY, C. A., BRADT, R. C. 1982, Aboriginal Thermal Alteration of a Central Pennsylvania Jasper: Analytical and Behavioural Implications, *American Antiquity* 47, 526-544.

SOLER, B. 2003, *Estudio de las estructuras de combustión prehistóricas: Una propuesta experimental*, Diputación Provincial de Valencia.

ZILHAO, J. 1997, *O paleolítico superior da Estremadura portuguesa*, Lisboa, Edições Colibri.

EXPERIMENTACIÓ SOBRE EMMAGATZEMATGE EN SITGES A SANT ESTEVE D'OLIU (SOLSONA, LLEIDA)

Ramon Cardona Colell** Conxita Ferrer Alvarez** Jordi Morer de Llorens* Josep Pou Vallès**
David Asensio i Vilaró* David Tous***

Durante más de cuatro años se ha experimentado en la conservación de cereal en uno de las silos originales mejor conservados del granero ibérico fortificado de San Esteve (Olius, Solsonès) del siglo III aC. Tras comprobar la estabilización del grano y de las condiciones de temperatura y humedad y de ver que un silo se podía reutilizar perfectamente; la investigación ha avanzado hacia nuevas comprobaciones, como la posibilidad de vaciar el silo parcialmente e incluso de trasladar el grano a nuevos silos. Esta experimentación aportan datos para entender los procesos de traslado y comercialización del grano en época ibérica.

Cereal, silo, experimentación.

For over four years there has been an important experimentation in the conservation of grain, using one of the best preserved silos of the Iberian fortified granary of Sant Esteve (Olius, Solsonès) of the third century BC. After checking the stability of the grain, temperature and humidity and after seeing how a silo could be reused as well, research has moved into new search, such the possibility of partially empty of the silo and the removal of the barley to a new silo in order to understand the processes of transporting and marketing of the grain in the Iberian period.

309

Cereal, silo, experimentation.

1. PRESENTACIÓ

Aquest projecte es formula a partir de les importants troballes en el graner fortificat ibèric del segle III aC de Sant Esteve (Olius, Solsonès), on s'han pogut recuperar dades importants sobre estructures d'emmagatzematge (sitges) i sobre l'element que s'hi conservava, l'ordi, trobat de forma carbonitzada i en mostres excepcionalment grans. L'experimentació s'inicia el 2007 omplint una sitja antiga perfectament conservada, per continuar actualment en instal·lacions del Camp d'Experimentació de la Protohistòria de Verdú.

A pocs quilòmetres de Solsona, al costat de la carretera de Solsona a Berga, es troba Sant Esteve, parròquia,

punt neuràlgic i històric d'Olius. Sant Esteve d'Olius es troba en un cingle que verticalment s'alça al costat del riu Cardener. És una plataforma allargassada de 7000 m² flanquejada per dos cursos d'aigua (el riu Cardener i la petita riera de Sant Joan). Té un domini visual d'una llarga extensió del riu, principal via de comunicació. Entre el riu i la muntanya de Sant Bartomeu (antic *Mons Lacetanus*) s'estén una fèrtil plana que és el lloc de més importància que rega el riu Cardener en el seu accidentat trajecte des de Sant Llorenç de Morunys a Cardona.

El Centre d'Estudi Lacetans va impulsar, l'any 1998, l'inici de les excavacions arqueològiques als camps situats als voltants de l'església i la rectoria romànica de Sant Esteve, del segle XI, on es documenten restes d'època

* Món Iber Rocas SL

** Centre d'Estudis Lacetans

*** S.A.F. S.L. . Servei d'Assessorament a la Fertilització SL.

<http://www.lacetans.org/cepverdu>

moderna, medieval i ibèrica. Les diferents excavacions arqueològiques efectuades fins a l'actualitat han permès documentar un camp de sitges medieval vinculat a l'església i rectoria de Sant Esteve i un camp de sitges d'època ibèrica vinculat a un potent mur de tanca i una zona d'hàbitat, situada a la zona oest de la plataforma on s'ubica el jaciment (Fig. 1).

La fase ibèrica de Sant Esteve d'Olius presenta els trets característics d'una tipologia d'assentament ben conegut a la zona costanera catalana, essent menys freqüent a l'interior, i definida com a nucli d'activitats econòmiques especialitzades (Asensio *et al.* 1998), en aquest cas en l'emmagatzematge d'importants quantitats de cereal. Des de la intervenció de l'any 1998 s'efectuà una recollida de mostres de sediment per tal d'abordar qüestions relacionades amb l'explotació dels recursos vegetals i es manté de forma ininterrompuda fins a l'actualitat.

Dintre de la tipologia de jaciments en època ibèrica, aquest assentament es definiria com un nucli d'activitat econòmica especialitzada: l'acumulació i gestió d'excedents de gra, una gran àrea de magatzematge d'excedents de cereal delimitada i protegida per una muralla, un graner fortificat. De les diferents agrupacions de sitges es diferencien sitges farcides tant en època medieval com ibèrica. Fins al moment s'ha excavat 93 sitges farcides en època ibèrica i 78 en època medieval. Les sitges tenen la característica forma ovoïdal però molt menys acusada del que és habitual ja que les bases són prou amples i de tendència plana i el diàmetre màxim se situa de forma predominant en el terç inferior de l'estructura. Per altra banda, les variacions són més notables pel que fa a les dimensions de les sitges. Con-

siderant únicament les més ben conservades observem una oscil·lació entre 160 cm i 250 cm. de fondària per 130 i 190 cm. de diàmetre màxim. Cal ressenyar, però, que són força més abundoses les que es situarien a la banda baixa o mitjana d'aquest arc de mides documentades. En general, doncs, podem afirmar que les sitges de Sant Esteve d'Olius es corresponen a una variant que podríem considerar petita o mitjana en relació al que sabem d'altres agrupacions d'estructures d'aquest tipus en el món ibèric de la costa catalana.

Un grup important de les sitges reomplertes en època medieval tenen una forma i dimensions pràcticament iguals a les reomplertes en època ibèrica. És molt versemblant la hipòtesi que aquestes sitges de morfologia ibèrica i farciment medieval hagin estat reaprofitades com a sitges en època medieval. De fet en la campanya del 2007 es localitza una sitja de morfologia medieval amb la tapadora *in situ* i completament buida el seu interior, fet que va iniciar aquesta experimentació i que demostra que es pot localitzar una sitja anys després i reutilitzar-la. A Olius hi ha un petit nombre d'estructures que clarament es desmarquen d'aquesta tendència general. Es tracta d'aquelles sitges o fosses de tendència més aviat cilíndrica, fons concau i diàmetre màxim gairebé sempre inferior als 100 cm. Aquest model de fossa petita representa el tipus d'estructura de factura pròpiament medieval.

Entre els diferents treballs arqueològics efectuats a Sant Esteve d'Olius en el marc d'un Pla d'Ocupació desenvolupat a l'any 2006 es va procedir a efectuar uns rebaixos en què es va documentar l'E-626, fora muralles, una cubeta circular amb un diàmetre de 1,50 m i una fondària màxima de 0,25 m amb milers de llavors

310

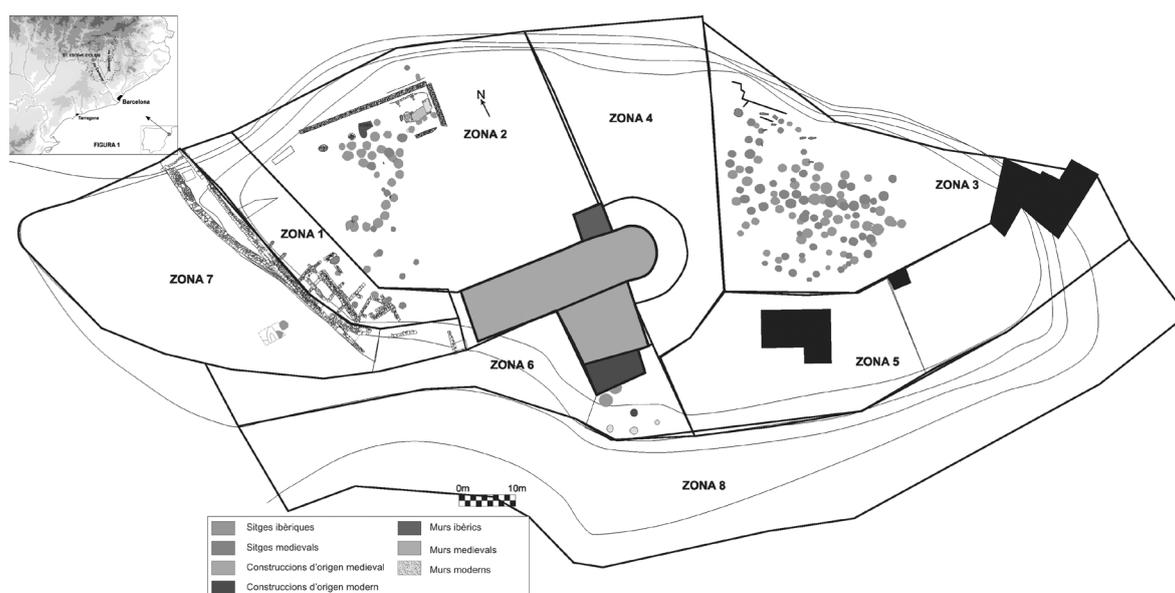


Figura 1. Situació i planta general del jaciment de Sant Esteve d'Olius.

d'ordi vestit. S'han estudiat un total de 5.244 restes en un volum de sediment d'1,5 litres, presentant una densitat excepcionalment alta per cada 10 litres de 34.960 restes. La concentració de l'E-626 ens mostra un conjunt format de manera monoespècífica per un cereal, l'ordi vestit (*Hordeum vulgare*) amb el 98,7% del total de plantes cultivades. Apareixen de forma testimonial altres cereals com el blat nu (*Triticum aestivum/durum*) i la pisana (*Triticum dicoccum*). L'ordi vestit és un dels cereals de més èxit a la conca mediterrània i una de les primeres espècies domesticades al Pròxim Orient durant el neolític (López 2008).

2. EXPERIMENTACIÓ

Aquest treball correspon a la segona part d'una experimentació iniciada el 21 de setembre de 2007 quan l'equip que signa aquest treball va omplir una de les sitges més ben conservades del jaciment de Sant Esteve d'Olius amb 1000 kg d'ordi vestit. Aquesta experimentació es va presentar al segon congrés d'arqueologia experimental celebrat a Ronda el 2009 i ja ha estat posteriorment publicat a les respectives actes (Asensio *et al.* 2011). En aquesta investigació prèvia havíem pogut comprovar que el cereal s'alterava després d'un temps a les parets i a la boca de la sitja per raons diverses: absorció d'humitat, canvis en l'atmosfera intergranular del gra i altres. Però en línies generals es demostrava que la major part del gra es podia conservar sota unes condicions d'absència d'oxigen (O_2) i domini d'una atmosfera alta en diòxid de carboni (CO_2). La respiració del gra provoca l'absorció de l'oxigen i l'emanació del diòxid de carboni. El mateix comportament natural del gra és el que modifica les condicions de l'interior de la sitja, fent que el gas residual inhibeixi la posterior respiració (Reynolds 1988, 86). Només amb un 12% de diòxid de carboni en atmosfera intergranular s'atura el procés de respiració (Reimbert/Reimbert 1962, 120) (Burch 1997, 92), fet que ja es pot produir al cap de dos dies de confinar el gra (Heyde/Burrell 1982, 458).

El final de l'experimentació dels anys 2007 i 2008 va consistir en fer un buidat parcial de la sitja i deixar-hi una cambra d'aire, plantejant noves hipòtesis. Es va tornar a segellar la sitja, deixant un dels tres sensors, el superior, dins de la cambra d'aire. Els altres dos sensors no modifiquen la seva posició quedant-se en el mateix lloc que van ser disposats a l'inici de l'experiment.

2.1. HIPÒTESIS PRÈVIES

La continuació de l'experiment pretén:

– Veure la capacitat de reutilització d'una sitja antiga ben conservada a la qual s'ha practicat un buidat parcial i s'ha deixat una cambra d'aire.

– Construcció de sitges *ex novo* per experimentar el procés de construcció d'un sitja i la seva posterior utilització per a emmagatzemar ordi.

– Trasllat de part del cereal al CEP de Verdú per conèixer la conservació i estat del gran en els processos de trasllat.

– Verificar la reutilització d'estructures de sitges deu o vint segles més tard

– Funcionament del mecanisme de conservació en sitges amb l'ajuda de control científic (estació datalogger, control humitat relativa, temperatura i altres)

Aquesta treballs compten també amb l'ajuda dels estudis comparats de jaciments semblants del món proto-històric i amb l'ajuda també dels estudis etnogràfics de sitges contemporànies com les de Douar Oulad Rahou, districte de Tahanout (Marroc). També s'ha comptat amb la informació dels estudis experimentals anteriors, sobretot els realitzats a la dècada dels setanta i vuitanta a la Gran Bretanya (Reynolds 1979, 1988) i d'estudis posteriors continuadors d'aquests (Garcia 1987, 68; Reynolds 1998; Alcalde/Buxó 1989, 1991).

2.2. PROCÉS

Primera obertura de la sitja, recollida de mostres i buidat parcial

El procés de recerca comença amb la finalització de la primera part de l'experiment, l'obertura de la sitja el 21 de març de 2008 després d'un any i mig d'emmagatzematge d'ordi a l'estructura. El segellat de la sitja havia funcionat molt bé i no es detectava cap aparent via d'aigua, tot i la proximitat de l'església romànica de Sant Esteve i la seva zona de desguàs. L'equip d'investigació ja havia practicat abans de l'experiment una mínima adequació del sector de cara a no tenir problemes amb l'aigua dels teulats de Sant Esteve a causa de la proximitat de la sitja a la zona del frontis de l'església. Es buida, doncs, el contingut de la sitja fins a deixar una cambra d'aire de mig metre. Es recullen cinc litres de mostra d'ordi per a analítiques. El buidat parcial de la sitja permet observar detalls interessants com la capa de gra germinat de 2'5 a 3 cm a tota la paret de l'estructura (Asensio *et al.* 2011, 316) (Fig. 2). Després de fer totes les observacions pertinents, es va tornar segellar la sitja. Les noves variables són ara la cambra d'aire d'un buidat parcial de la sitja i un dels sensors, el superior, que queda dins aquesta cambra d'aire.

Segona obertura de la sitja

Després de vint-i-quatre mesos, el 3 d'abril de 2011, es reobre la sitja una altra vegada per procedir ja a recollir les últimes mostres i fer el buidat definitiu. Primerament es treu el monticle de terra de damunt el segellat de la sitja, acumulació de terra que segurament no calia després d'haver aïllat ja la llosa perfectament, però que



312

Figura 2. Detall d'una de les zones afectades per la humitat a l'interior de la sitja.

complia la funció de capa de seguretat i a més ocultava l'estació datalogger de registre de dades. La capsa on hi ha instal·lat el datalogger està intacta i protegida a l'interior amb perllita.

Un cop retirada la terra apareix la llosa de coberta perfectament segellada amb terra garbellada. S'enretira l'aïllament i les lloses de tancament de la boca de l'estructura. De seguida s'observa per la coloració del gra i per l'olor que desprèn la sitja que l'emmagatzematge no ha funcionat totalment. La gran humitat acumulada a la sitja és molt aparent.

Les primeres mostres que es recullen són a 0'50 m, just acabada la cambra d'aire. El gra està en mal estat perquè és el que ha quedat prop de la zona buidada parcialment. La segones mostres es prenen a partir de 0'60 m. Es tracta de la part central de la sitja on el gra s'ha conservat millor. Es prenen també mostres a 0'80 m, encara en la zona de seguretat central. A partir de 1'70 m el gra apareix totalment moll i fet malbé. La quantitat de gra germinat en aquesta vegada és menor per l'acumulació d'humitat de la sitja, tot i que es pot observar a les parets. Per constatació etnogràfica se sap que en alguns indrets el gra fermentat és apreciat i s'aprofitava. Al nord d'Àfrica el blat fermentat s'utilitza

per a l'elaboració de cuscús o altres plats, i en algunes zones es pot vendre més car que el gra ordinari. A l'Índia es busca expressament la fermentació de l'arròs (Sigaut 1978; Vignet-Zunz 1979).

Tot l'interior de la sitja ha conservat bastant bé el gra, però el gra dipositat al costat sud i sud-est de la sitja apareix malmès i podrit a diferents cotes. Les tasques de buidat es fan feixugues perquè es va destriant el gra bo del gra malmès a la zona de contacte i per les olors i gasos que desprèn aquest gra podrit. La humitat s'acumula també a tot el fons de la sitja, arribant un moment en què es desestima ja l'aprofitament d'aquest gra. Es recullen mostres de tres tipus de gra, del que està en bon estat, del que es troba parcialment malmès i del que està totalment malmès.

El buidat de la sitja, dels prop de 1000 kg d'ordi vestit, dura quatre hores amb la intervenció de relleus de tres persones, una a dins i dues en tasques a l'exterior buidant el gra en sacs.

Trasllat del gra al CEP de Verdú

El mateix dia que es va buidar la sitja d'Olius es va fer el trasllat del gra amb sacs fins a les instal·lacions del

Camp Experimental de la Protohistòria de Verdú. Primerament es va abocar el gra a terra i es va airejar una estona abans de dipositar-lo a la nova sitja. La capacitat d'aquesta sitja, que forma part d'un conjunt de sitges creades de nou per a les experimentacions agrícoles del CEP, té una capacitat de 603 litres, uns 400 kg d'ordi (Fig. 3). Aquest és el volum del gra que es comptabilitza en el moment d'omplir-la. Només el coll de la sitja no es va omplir de gra i es va omplir de palla. A partir del gra contingut a la nova sitja es va poder fer el càlcul de la pèrdua del gra inicial (1000 kg), una pèrdua de més de prop d'un 60% de gra. Actualment aquesta experimentació ha quedat integrada dins d'una recerca més general que també es publica en aquestes mateixes actes del congrés d'arqueologia experimental.¹

3. DESCRIPCIÓ DE LES ANÀLISIS REALITZADES²

Pel que fa a les mostres analitzades de les llavors de la sitja d'Olius els resultats de la darrera fase de l'experimentació contrasten amb els de la primera fase. L'activitat d'aigua del moment inicial de l'assaig era de a_w 0.387.³ Durant la primera obertura de la sitja (15/05/09) es presenten dos tipus de mostra, mostres sense aixafar i aixafades amb morter. Els resultats oscil·laven entre els resultats més alts, corresponents a la mostra 1 més superficial i més propera a la llosa de coberta de a_w 0.804/ a_w 0.774 i els valors mínims corresponents a la mostra 3 més profunda, a_w 0.754/ a_w 0.755.⁴



Figura 3. Aireig del gra abans de guardar-lo a la nova sitja del CEP de Verdú.

1.- L'equip format per N. Alonso, F. Cantero, D. López, G. Prats, A. Palomo, O. López presenten el pòster titulat "La construcció de sitges d'emmagatzematge amb eines de fusta o banya i de ferro al Centre d'Experimentació Protohistòrica de Verdú." al 3er CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGIA EXPERIMENTAL, Banyoles (Girona), 17, 18 y 19 de octubre 2011.

2.- Anàlisis realitzades al Centre d'Assessoria Dr. Ferrer. Laboratori d'anàlisis d'aliments.

3.- Recordem que el valor a_w d'activitat d'aigua s'expressa en valors que van del 0-1. És un paràmetre que correspon a la humitat en equilibri (ERH) i també es pot expressar en percentatges. La humitat relativa (HR) posa en relació la quantitat de vapor d'aigua de l'aire i la quantitat que podria portar completament saturat a la mateixa temperatura. Qualsevol producte porós en contacte amb l'aire perd o absorbeix humitat i es produeix una transferència d'humitat fins que al cap d'un temps els valors d'humitat s'equilibren.

4.- Mesures preses amb aparell AQUA-LAB 4 TE DUO de Decagon Devices.

Les mostres de 2011 (mostres fetes entre el 10-19/04/2011) es mesuren amb la tècnica de punt de rosada, mètode AOAC 978, 19. Com es pot apreciar en els gràfics que s'adjunten (Fig. 4) presenten valors d'activitat d'aigua molt superiors als registrats el 2009, des de a_w 0.882 fins a a_w 0.925. Són valors que ja no asseguren la inhibició de bacteris, llevats i altres microorganismes. Les mostres amb percentatges més alts d'humitat amb valors a partir de 90 corresponen a la crosta, a la zona superior de la sitja i al fons, completament inundat de l'estructura. El gra més ben conservat de la zona central presenta valors lleugerament inferiors per sota de 90. Un gra amb aquesta humitat i afectat per contaminació de fons perd la seva capacitat germinativa.

Dels factors que intervenen en la conservació del gra, com la temperatura, l'oxigen, els nutrients, el pH, els inhibidors naturals i la humitat relativa, potser és aquest últim factor el més important. De manera natural la temperatura de la part superior de la sitja és susceptible de majors fluctuacions derivades dels canvis meteorològics de l'exterior. Per contra, la part central i inferior de la sitja tendeixen a refredar-se a l'hivern, independentment de les variacions exteriors fruit de la permeabilitat tèrmica dels materials amb què s'ha segellat la sitja. La zona, per tant, més sensible és la superior. Així ho veiem a les gràfiques (Fig. 5). La part superior de la sitja és la que presenta també major percentatge d'humitat, amb índexs superior a 90. A partir de 75 % podem trobar una important pro-

COTA (m)	ACTIVITAT D'AIGUA (a_w)	
	aw 2011	aw 2009
0,5	0,925	
0,6	0,876	
0,84	0,898	0,387
1,66	0,882	

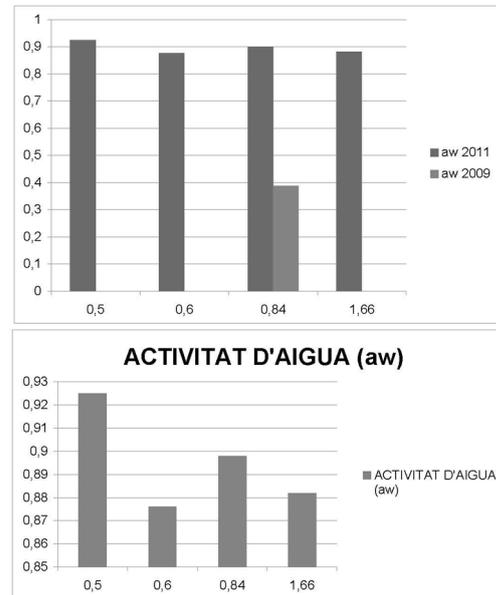


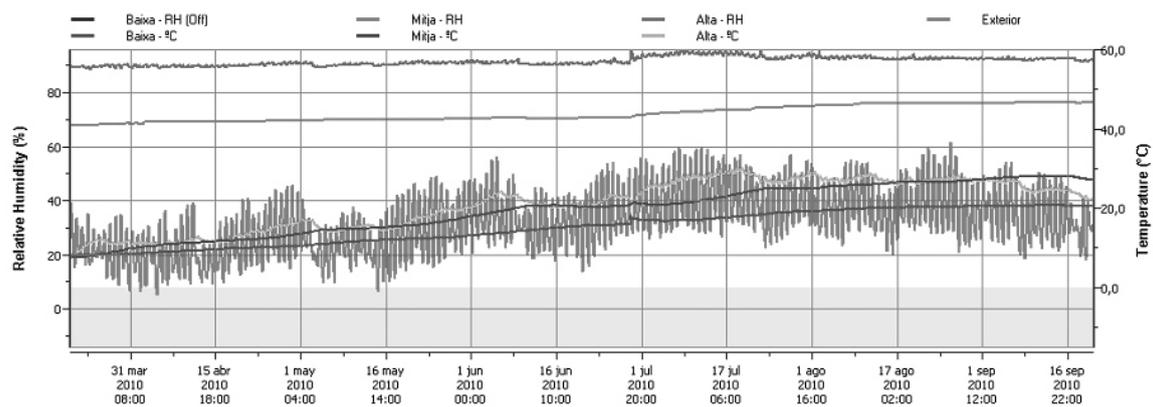
Figura 4. Gràfiques de l'activitat d'aigua.

314

SITJA OLIUS 2010

Inici: 21/03/2010

Final: 21/09/2010



	Baixa RH	Baixa °C	Mitja RH	Mitja °C	Alta RH	Alta °C	Exterior °C
Promig	-	15,1	72	19,6	92	21	16,5
Minim	-	8,1	68	7,6	89	7,3	-1,9
Màxim	-	20,8	76	28,1	97	30	36,6

Figura 5. Gràfiques de control del comportament del gra.

liferació dels fongs i a partir de 90% de bacteris. Els llevats proliferen en l'espai dels dos percentatges esmentats. Les gràfiques marquen per tant un augment constant de la humitat relativa del gra confinat fins al moment de treure'l. La temperatura es mostra sempre més estable, fins i tot després de la primera obertura de la sitja, dada que demostra l'estabilitat del gra. Rarament la temperatura rebassa els 21°C de mitjana. Quan els paràmetres de temperatura es disparen és a partir del traslladat del gra a la nova sitja de Verdú. Aquí es registren temperatures mitjanes de 31'5°C, amb màximes de 41'9°C. És clar que la humitat amb què es va introduir aquest gra a la sitja de Verdú crea uns períodes de fermentació al seu interior. La gràfica del comportament del gra a Verdú mostra perfectament aquests processos, humitats relatives altíssimes i temperatures constants per sobre dels 30°C. A finals d'estiu de 2011 els índexs d'humitat veiem que tenen tendència a baixar, però en un procés que segurament serà irreversible per al gra encara allí emmagatzemat i que només es podrà avaluar amb les noves dades recollides.

4. CONSIDERACIONS FINALS

S'ha pretès fer una experimentació d'emmagatzematge de gra de llarga durada. De fet les referències històriques a la Mediterrània evidencien un temps de conservació habitual d'entre dos i tres anys, que és el temps mitjà que hi solia haver entre una collita bona i una de dolenta (Miret 2005, 324). L'experimentació d'Olius s'origina el setembre de 2007 i continua encara avui a les noves sitges i instal·lacions del Cep de Verdú. L'experimentació ens ha permès veure que les sitges poden ser reutilitzades més d'una vegada si mantenen prou intacta la seva estructura. La reutilització d'una sitja havia de comportar unes tasques de neteja i de sanejament per tal d'eliminar residus, gèrmens, fons i bacteris (Miret 2005, 327). En el nostre cas aquesta tasca també s'ha produït però no ha calgut eliminar residus d'anteriors reompliments per tal com s'ha usat primerament una sitja en desús durant segles i en segon lloc una sitja de nova construcció.

El tancament hermètic d'una sitja és importantíssim per evitar que els agents externs, sobretot l'aigua, l'aire, els insectes i animals, intervinguin a l'interior de la sitja i alterin l'estat de letargia del gra. En el nostre cas, un d'aquests importants factors externs, l'aigua de desguàs del teulat de l'església de Sant Esteve, ha alterat l'interior de la sitja causant la pèrdua d'un 60% de l'ordi emmagatzemat i afegint inestabilitat a la resta del gra, que presenta activitat d'aigua altíssima amb valors de fins a $w_0'92$. Les mateixes pluges poden haver ajudat a l'acumulació d'aigua apareguda a la

base de la sitja (Fig. 6). Les sitges no s'inunden normalment en sentit vertical descendent perquè l'aigua rellisca per les parets de la sitja i la paret germinada protectora (Burch 1997, 100). En el cas de Verdú hi ha filtracions per acumulació d'aigua a la zona, provocades per aportació d'aigua de la pluja que un cop dins la sitja, a causa de la impermeabilitat del terreny, no té sortida i s'acumula al fons de la sitja. La importància de la pròpia estructura sitja i el seu tancament pot ajudar a entendre la desestimació d'una sitja deteriorada. El risc de pèrdua del gra allí dipositat podria fer desestimar una sitja que no oferia prou garanties i elaborar-ne una de nova.

És molt important la pel·lícula de llavors germinades que es forma a la paret de la sitja i a la zona de boca. Aquest revestiment és beneficiós per a la conservació del gra i esmorteix els contrastos entre interior i exterior, a més a més de precintat l'interior de la sitja de possibles agents externs alteradors de l'atmosfera de confinament de la sitja. En tot cas el gra germinat en contacte amb l'aire de les parets no suposa mai una pèrdua major al 2%. També és molt important el segellat superior de la sitja. En el cas d'Olius s'ha fet una impermeabilització sobredimensionada que no ha



Figura 6. Situació de la sitja experimental vora el temple romànic.

impedit l'entrada d'aigua i els contrastos de temperatura i humitat, essent aquesta la zona més sensible d'una sitja.

També volíem experimentar el buidat parcial d'una sitja. Semblar ser que el contingut d'un sitja s'omplia i es buidava de cop. Ara bé, en llocs com el Marroc, hem pogut trobar exemples de sitges que es buiden i omplen parcialment. Aquest fet també està documentat al Pròxim Orient i altres indrets del nord d'Àfrica, tot i que es cobreix amb palla (Ayoub 1985). El buidat parcial de la sitja d'Olius no presenta alteracions aparents en les dades de control recollides i l'augment de percentatge d'humitat és el mateix que marquen la resta des sensors de la sitja. No creiem que sigui aquest el motiu que causarà la pèrdua de part del gran a l'hora del buidatge, com ja s'ha explicat. Segurament l'ompliment total d'una sitja preserva millor el seu contingut ja que es crea menor superfície d'exposició.

En aquest estadi de la investigació també hem pogut veure que el gra abocat inicialment a la sitja d'Olius venia amb uns percentatges normals d'humitats que es tradueixen en una activitat d'aigua de a_w 0.387, unes condicions normals de cara a tenir una bona conservació del gra. Normalment en les condicions mediterrànies el cereal segat es troba entre un 7-12%. Això és molt important i ara ho veiem. Ja les fonts antigues recomanen guardar el gra a les sitges, un cop batut, ventat i garbellat, de la forma més seca i fresca possible. Unes condicions així afavoreixen la seva posterior conservació (Miret 2005, 322). Un altre factor molt important i en el nostre cas no ben assolit és el de la situació de la sitja. El camp de sitges original d'Olius ja està en un lloc elevat, amb forts pendents per evacuar l'aigua i amb un subsòl de microconglomerats cimentats oligocens, margues i arenisques. El factor humà en època medieval distorsiona la nostra sitja amb la construcció d'un nau romànica a pocs metres. Tot i l'arranjament que es va fer de la zona, les condicions de l'indret no han estat les més òptimes per a realitzar aquest experiment.

5. NOVES EXPERIMENTACIONS

Com ja hem anat dient al llarg de l'article, les noves experimentacions sobre conservació de gra es duran a terme al Camp Experimental de la Protohistòria de Verdú, dins un estudi més ambiciós d'agricultura protohistòria i arqueobotànica que forma part del projecte *Arqueologia Experimental al Camp d'Experimentació de la Protohistòria de Verdú (CEP): recerca i servei als centres educatius* finançat pel ajuts a la recerca RecercaCaixa per als anys 2012 i 2013.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALCALDE, G., BUXÓ, R. 1989, Almacenamiento y explotación del trigo espelta, *Boletín Agropecuario* 13, julio-setiembre, 12-14.
- ALCALDE, G., BUXÓ, R. 1991 Experimentació d'emmagatzematge i explotació de *Triticum dicoccum* Sch. a la vall del Llierca (La Garrotxa), *Cypsel* IX, 87-94.
- ASENSIO, D., BELARTE, C., SANMARTÍ, J., SANTA-CANA, J., 1998, Paisatges ibèrics. Tipus d'assentaments i formes d'ocupació del territori a la costa central de Catalunya durant el període ibèric, *Actas del Congreso internacional Los Iberos, principios de occidente, Saguntum-PLAV*, Extra 1, 373-385.
- ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., MORER, J., POU, J. 2001, Tipus d'assentaments i evolució del poblament ibèric a la Catalunya Central (Eix Llobregat-Cardener), a *Territori polític i territori rural durant l'edat del Ferro a la Mediterrània Occidental*, Monografies d'Ullastret 2, 183-201.
- ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., MORER, J., POU, J., CHOREN, J., CALDUCH, N. 2008, L'hàbitat i el camp de sitges ibèric de Sant Esteve d'Olius (Olius, Solsonès): un nucli d'activitats econòmiques especialitzades del segle III aC a la Catalunya Interior, *Tribuna d'arqueologia*, Generalitat de Catalunya, 149-168.
- ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., MORER, J., POU, J., TOUS, D. 2011, Experimentación en el almacenaje en silos en Sant Esteve de Olius (Solsonès, Lleida) in A. Morgado, J. Baena, D. García (ed.), *La investigación experimental aplicada a la arqueología*. Ronda, Malaga, 311-318.
- AYOUB, A. 1985, Les moyens de conservation des produits agricoles dans le Nord-ouest de la Jordanie actuelle, in M. Gast et al., *Les techniques de conservations des graines à long terme* 3.1, 155-169.
- BURCH, J. 1997, *L'emmagatzematge de cereals en sitges d'època ibèrica al nord-est de Catalunya*, Servei de Publicacions de la Universitat de Girona.
- GARCIA, D. 1987, Observations sur la production et commerce des céréales en Languedoc méditerranéen durant l'Age du fer: les formes de stockage des grains, *Revue Archéologique de Narbonnaise* 20, 43-98.
- HEYDE, M. B., BURRELL, N. J. 1982, *Controlled atmosphere storage. Storage of cereal grains and their products*, Ed. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul.
- LÓPEZ, D. 2008, Arqueobotànica de l'ordi vestit (*Hordeum vulgare* L.): El graner fortificat de Sant Esteve d'Olius (Olius, Solsonès) (s. III aC), *Cypsel* 17, 201-218.

- MIRET, J. 2005. Les sitges per emmagatzemar cereals. Algunes reflexions, *Revista d'Arqueologia de Ponent* 15,319-332.
- REYNOLDS, P. J. 1979, A general report of underground grain storage experiments at Butser Ancient Farm Research Project, *Les techniques de conservation des grains a long terme* vol. 1, Editions du CNRS, París, 57-90.
- REYNOLDS, P. J. 1988, *Arqueologia experimental. Una perspectiva de futur*, Ed. Eumo, Barcelona.
- REYNOLDS, P. J. 1998, The experimental storage of grain in simulated mediaeval underground silos, in I. Ollich et al. (ed.), *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda, 1991-1994. Arqueologia Experimental: Aplicació a l'agricultura medieval mediterrània*, Barcelona.
- REIMBERT, M., REIMBERT, A. 1962, *Construcción de silos*, Ed. Aguilar, Madrid.
- SIGAUT, F. 1978, *Les reserves de grains à long terme: techniques de conservation et fonctionnes sociales de l'histoire*, Ed. MSH.
- VIGNET-ZUNZ, J. 1979, Les silos à grains enterrés dans trois populations arabes: Tell Algerien, Cyrenaique et Sud du Lac Tchad, in M. Gast, F. Sigaut (ed.), *Les techniques de conservation des graines à long terme* 1, 215-220.

LA CONSTRUCCIÓN DE SITGES AMB EINES DE FUSTA O BANYA I DE FERRO AL CENTRE D'EXPERIMENTACIÓ PROTOHISTÒRICA DE VERDÚ

Georgina Prats* Natàlia Alonso* Francesc Cantero** Dani López*** Antoni Palomo****
Oriol López***** Alfredo Cano*****

Durante la primera fase de experimentación agrícola en el Centro de Experimentación protohistórica de Verdú se ha llevado a cabo la construcción de seis silos de almacenamiento (truncocónicos, globulares y cilíndricos). Según las herramientas empleadas (picos de cuerno y palos cavadores en madera, y picos de hierro) corresponden a una tecnología asociada al Neolítico/Edad del Bronce y la Edad del Hierro/época ibèrica. Se ha analizado el proceso de excavación de los silos y se ha experimentado sobre el proceso de almacenamiento y de sus capacidades.

Construcción de silos, almacenamiento, picos de cuerno, picos de hierro, palos cavadores de madera.

During the first phase of experimentation on agriculture at the Centre of Protohistoric Experimentation of Verdú the construction of six storage pits (of troncoconical, globular and cylindrical section) has been carried out. The tools employed (pickaxes made of horn and digging sticks in wood, and iron pickaxes) replicate those of the "Neolithic/Bronze Age" and the "Iron/Iberian Age". The process of excavation of the storage pits has been recorded and analyzed, and some first experiments with storage and the calculation of capacities have been carried out.

Construction pits, storage, pickaxes made of horn, iron pickaxes, digging sticks in wood.

319

1. INTRODUCCIÓ A L'ARQUEOLOGIA EXPERIMENTAL EN AGRICULTURA

La finalitat de l'arqueologia experimental és la comprovació de les hipòtesis i les teories que aporta l'evidència arqueològica, així com possibles interpretacions sobre la funció d'un espai, d'un conjunt d'estructures o també de la relació de l'estructura amb el seu contingut, que generalment no són demostrables. Així doncs, l'experiment és un sistema pel qual es pot verificar una hipòtesi, destinada de fet, a entendre i conèixer l'activitat humana¹. Així, l'arqueologia experimental com a eina d'investigació i divulgació, o més adequadament, l'experimentació en Arqueologia com a perspectiva de contrastació d'hipòtesis (Morgado/Baena/García 2011, 21) ha patit

un rellevant progrés al llarg de les últimes dècades. Aquest desenvolupament es deu a les capacitats explicatives i interpretatives, que la seva pràctica té dins de l'anàlisi del registre arqueològic i del comportament de les societats humanes.

El procés experimental té una metodologia rigorosa i utilitza les normes estrictes de la ciència implicada. A diferència de la mera contemplació passiva, l'experimentació intervé de manera activa en l'observació fent possible la seva repetició, aïllament i variant els seus elements d'anàlisi. No obstant, les aplicacions metodològiques de la seva pràctica han estat a vegades mal estructurades i, sovint, desvirtuades. Una vegada s'ha completat l'experiment es fa una comparació dels resultats de la prova i de les dades arqueològiques. Si hi ha

* Grup d'Investigació Prehistòrica, Dpt. Història, Universitat de Lleida HAR2008-05256, SGR2009-198.

** Dpt. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona

*** Mòn Iber Rocs, S. L.

**** Arqueolític. Estudi i difusió de patrimoni/UAB

***** Laboratori d'Arqueobotànica, Universitat Autònoma de Barcelona

***** Col·laborador

1.- <http://www.lesquerda.cat/web/>

correlació, la hipòtesi és vàlida, si no és així, cal rebutjar la hipòtesi inicial. La pròpia experimentació i els seus resultats pot fer que, en cas d'arribar a la segona possibilitat, es puguin formular altres hipòtesis al respecte².

Alguns grans projectes clàssics d'arqueologia experimental porten més de 30 anys treballant en un mateix indret diversos aspectes de l'agricultura, essent els pioners els de la Butser Ancient Farm³ (Reynolds 1988) o de Lejre (Rasmussen/Grønnow 1999). En la recerca experimental i etnogràfica en agricultura els treballs d'Axel Steensberg inicien aquesta línia (1957), que posteriorment continuarà ell mateix i altres autors al nord d'Europa⁴. Pel que fa a Catalunya, i més concretament, les experimentació en sitges, cal destacar els projectes experimentals de la Cova 120 (Sadernes, la Garrotxa) (Alcalde/Buxó 1991), els experiments de l'Esquerda (Roda de Ter, Osona) (Ollich/Rocafiguera/Ocaña 1998; Cubero *et al.* 2008; Miret 2008), i els de Sant Esteve d'Olius (Solsona) (Asensio *et al.* 2011)⁵.

2. CONSIDERACIONS GENERALS AL VOLTANT DEL PROJECTE DEL CENTRE D'EXPERIMENTACIÓ PROTOHISTÒRICA DE VERDÚ

El CEP de Verdú és un projecte iniciat el 2010 en el marc de la redacció i posada en marxa del Pla Director del jaciment ibèric d'Els Estinclells a l'Urgell⁶. Aquest es troba localitzat als terrenys adjacents a l'oest del jaciment (Fig. 1), situat en el promontori més oriental d'una serra allargada i orientada d'est a oest. Té una superfície de 6.000 m², dels quals 2.200 m² estan ocupats pel propi jaciment i uns 3.800 m² pel camp experimental.

Un dels aspectes més innovadors a nivell científic del projecte del CEP és el de desenvolupar una estratègia de recerca que integri en el mateix projecte diverses línies d'arqueologia experimental, centrades en la protohistòria (principalment en el món ibèric), per bé que poden tenir una repercussió en alguns aspectes que va més

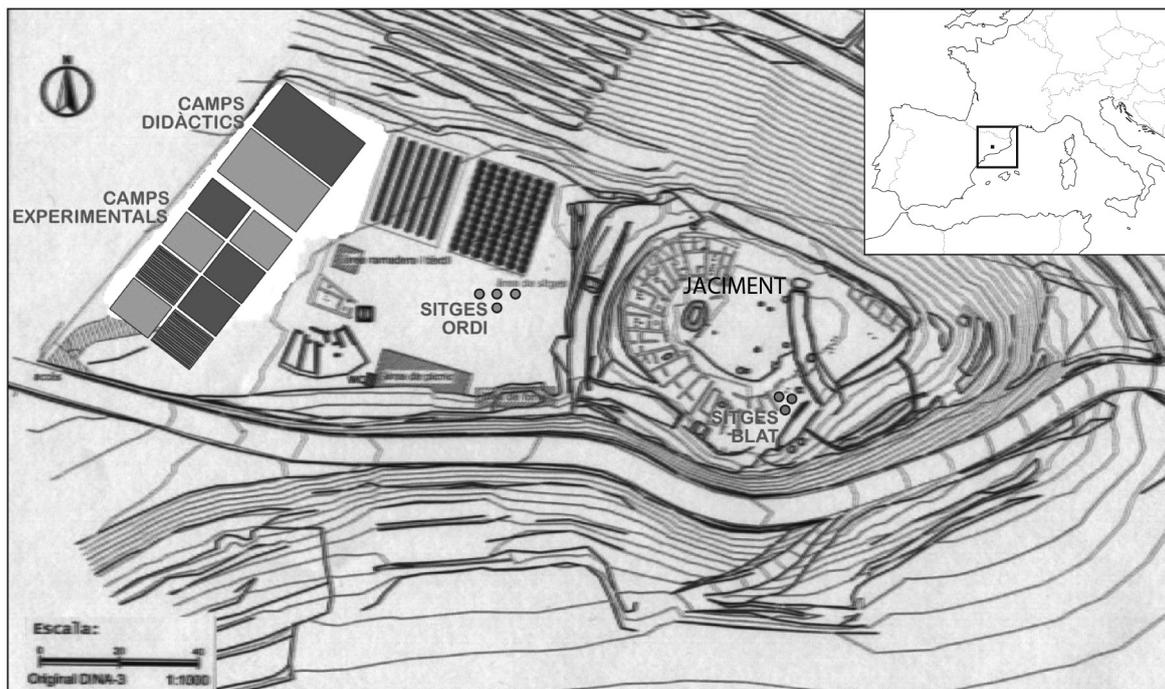


Figura 1. Mapa de situació del jaciment ibèric d'Estinclells (Verdú, l'Urgell, Catalunya). Localització dels camps de conreu experimentals i de les sitges d'emmagatzematge (ordi i blat) en l'àrea d'experimentació agrícola.

2.- <http://www.lesquerda.cat/web/>

3.- Centre de recerca i laboratori a l'aire lliure situat al comtat de Hampshire. Permet visitar i comprovar *in situ* construccions de cabanes rodones de l'edat del Ferro, d'una vil·la romana, camps de cultiu i bestiar antics, tot en procés i en ús actiu (<http://www.buster.org.uk/>).

4.- <http://www.lacetans.org/cepverdu/agricultura.htm>

5.- Per saber més sobre l'experimentació en sitges, veure Miret (2008). Fa una síntesi d'una trentena d'experiments en sitges realitzats per arqueòlegs/es i agrònoms/es en diversos llocs del planeta.

6.- <http://www.lacetans.org/cepverdu/>

enllà d'una cronologia concreta. Concretament l'espai adjacent al jaciment acull diferents àrees de recerca experimental corresponents a sengles línies d'investigació: agrícola (cereals, vinya i olivera), arquitectònica, artesanal (ceràmica i metal·lúrgia) i ramadera i tèxtil.

L'objectiu de la creació del Centre d'Experimentació de la Protohistòria (CEP) rau en l'ús científic i el desenvolupament de la investigació sobre la protohistòria, i al mateix temps possibilitar el seu ús escolar i de divulgació.

3. EL PROJECTE EXPERIMENTAL SOBRE L'AGRICULTURA PROTOHISTÒRICA I L'ARQUEOBOTÀNICA

Les fonts d'informació sobre l'explotació de les plantes per part de les societats del passat i els processos productius que els són associats són molt diverses. La base de l'anàlisi arqueològica són les restes materials recuperades a les excavacions arqueològiques, pel que respecta l'agricultura i l'explotació del vegetals, les macrorestes arqueobotàniques, les eines, les estructures d'emmagatzematge i processat. Tanmateix l'objectiu de la recerca va més enllà d'aquestes restes i comprèn processos de treball, tecnologies, ecologia, etc. Per interpretar les restes arqueobotàniques i arqueològiques en clau socioeconòmica és necessari tenir en compte aquests processos que, com que no són intrínsecs a les restes materials, cal aprendre'ls d'altres fonts d'informació, les quals són bàsiques les aproximacions experimentals i etnoarqueològiques (Alonso/Piqué 2009).

El projecte del CEP de Verdú, tot i plantejar-se a mig termini, és de moment humil i abarca uns 5 anys. L'experimentació sobre la construcció de sitges s'emmarca dins la primera fase d'experimentació, que s'ha dut a terme a finals del 2010 i tot 2011, amb un ajut ACOM específic per aquesta línia d'agricultura. De cara el 2012 i 2013, està prevista la realització de la segona fase d'impuls del projecte. Els objectius generals impliquen una sèrie de tasques i operacions agrícoles, que són les següents:

- Conreu de blat comú i amb ordi vestit, dos dels cereals més comuns en les mostres arqueobotàniques recuperades als jaciments arqueològics de la plana occidental catalana, en diverses parcel·les.
- Treball del sòl: delimitació de cadascun dels camps; llaurades amb arada romana tirada per animals (burros i mules) (documentació del temps emprat, nombre de passades).
- Sembra: s'ha dividit l'àrea de conreu en diverses parcel·les, unes en guaret i les altres sembrades segons tres sistemes: a mates, en línia i a ruix. Es pretén el càlcul del rendiment així com la comparació en isòtops estables amb les restes arqueològiques del jaciment.

Les varietats conreades al CEP són relativament antigues, de la primera meitat del segle XX, (blat xeixa Montjuic i ordi hexàstic Hatif de Grignon) de manera que ens permetrà obtenir unes respostes de les plantes als tractaments com la batuda que s'aproximarà més a les protohistòriques que les actuals.

– Manteniment dels cultius: birbat, documentació i neteja manual de les males herbes.

– Sistema de collita: experimentació amb diversos sistemes de collita: sega amb falç lítica i amb falç de ferro. Segua arran de terra i sega alta; elaboració de les garbes; per a realitzar la sega s'estan reconstruint experimentalment models de falçs protohistòriques conegudes a la zona com les lítiques de Minferri (Juneda, les Garrigues, Lleida) i les metàl·liques del Pla de les Tenalles (Sidamon, Pla d'Urgell, Lleida).

– Processat de la collita: preparació de l'era; batuda: amb trill, trepitjat amb animals, batuda amb pals o donant cops. La batuda suposa diverses operacions consecutives (trillat, ventat, palejat, cribat groller); recollida de mostres del producte i subproducte de cadascuna d'aquestes operacions. Aquestes mostres s'analitzaran posteriorment al laboratori i es contrastaran els resultats experimentals amb restes arqueobotàniques recuperades en jaciments arqueològics d'època protohistòrica de la zona.

– Sistemes d'emmagatzematge: construcció/excavació de les sis sitges, objecte d'aquest article.

– Transformació: mòlta de l'ordi vestit (torrefactat; mòlta amb molí de vaivé, mòlta amb molí rotatiu). Mòlta del blat (mòlta amb molí de vaivé, mòlta amb molí rotatiu) amb les diverses operacions documentades en la mòlta en el projecte etnoarqueològic d'El Souidat (El Kef, Tunísia). Fabricació d'un molí rotatiu (reconstrucció del procés d'extracció de blocs a la pedrera i fabricació de molins amb les tècniques tradicionals).

– Plantació d'un camp de vinya i inici de les premsades experimentals al recinte reconstruït.

4. LA CONSTRUCCIÓ DE LES SITGES D'EMMAGATZEMATGE EXPERIMENTALS

Com acabem d'esmentar, un dels àmbits del projecte és l'experimentació en l'emmagatzematge i conservació dels productes cerealístics. Alguns dels objectius principals de la construcció i excavació de fosses tipus sitja són: l'emmagatzematge del cereal collit als terrenys experimentals adjacents, i l'experimentació amb les pròpies estructures de diverses morfologies. Per exemple, investigar sobre les diferents formes d'emmagatzematge a través de diversos productes agrícoles, intentar fer més precisions sobre com funciona el mecanisme de conservació, per exemple en funció de la morfologia de les sitges, estudiar les dinàmiques d'amortització i el procés de deteriorament un cop abandonades, etc.

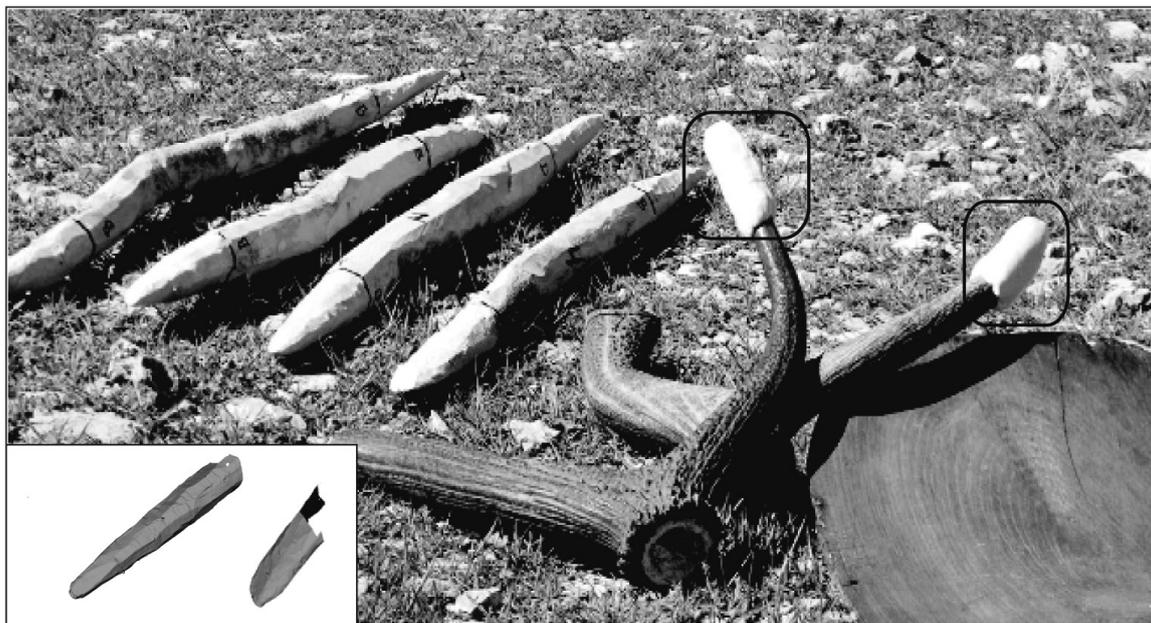


Figura 2. Reproduccions dels pals cavadors i pics en banya fets servir en l'excavació de les sitges del "neolític/bronze". A dalt a la dreta, podem veure els motlles de silicona i resina col·locats en els pics abans de la seva utilització i, a baix a l'esquerra, la reconstrucció digital en 3D d'algunes puntes dels pals cavadors.

Hem considerat idoni la posada en pràctica del projecte al mateix moment que s'està realitzant un treball d'investigació sobre aquesta temàtica. L'experimentació sobre el volum d'aquestes sitges s'ha comparat amb els resultats volumètrics fruit de les metodologies de càlcul que coneixem, i que fem servir per calcular el volum de les estructures tipus sitja arqueològiques (Prats 2011). El que s'ha pretès és la contrastació dels resultats volumètrics de les sis sitges experimentals, fruit de les metodologies emprades actualment, i la capacitat emmagatzemada a partir de l'experimentació realitzada dins el marc d'aquest projecte.

4.1. LES EINES

Per a dur a terme la construcció de les sitges s'han utilitzat pics i eines de ferro⁷, per a les de tecnologia del "ferro/ibèriques", i reproduccions de pals cavadors en fusta de boix (4) recuperades al poblat neolític de la Draga (Banyoles) (Bosch/Chinchilla/Tarrús 2006), i pics en banya similars als recuperats en alguns jaciments arqueològics⁸ (3), per a les de tecnologia del "neolític/bronze" (Fig. 2). L'anàlisi dels pals apuntats, per un extrem, i bisellats, per l'altre, es fa a partir de la

experimentació i posterior anàlisi traceològic, per tal d'entendre la forma en que aquests van ser fabricats i posteriorment utilitzats (en el marc d'un programa experimental més ampli –veure Bosch/Chinchilla/Tarrús 2011, 101-109).

El procés de fabricació dels quatre pals cavadors es basa en l'etnografia i en els coneixements actuals que es tenen del neolític al nord-est peninsular. Aquest procés de fabricació s'ha diferenciat en tres accions: l'esberlat amb falques i percutors, el formatejat amb aixa i l'acabat amb una pedra sorrenca.

Amb aquesta experimentació s'ha aconseguit una col·lecció de referència important tant de traces tecnològiques com funcionals. L'estudi i caracterització d'aquestes marques en les eines de fusta ha de permetre reconèixer-les en el registre arqueològic. Tenint en compte que la fusta arqueològica es conserva en unes condicions d'humitat molt concretes i amb un grau de fragilitat important (cosa que restringeix la manipulació), s'han desenvolupat diferents metodologies per a poder analitzar aquestes marques en el registre arqueològic: a través de motlles de silicona i resina, i/o de reconstrucció digital 3D a través d'un escàner (Fig. 2).

7.- De moment de ferro acerat però en una pròxima experimentació està previst fer-les amb eines de ferro dolç.

8.- Vegeu per exemple els pics de banya del jaciment de Carsac (Carcassona, França) (Guilaine *et al.* 1986) o de l'Abric del Husos (Àlava) (Rodanés 1987).

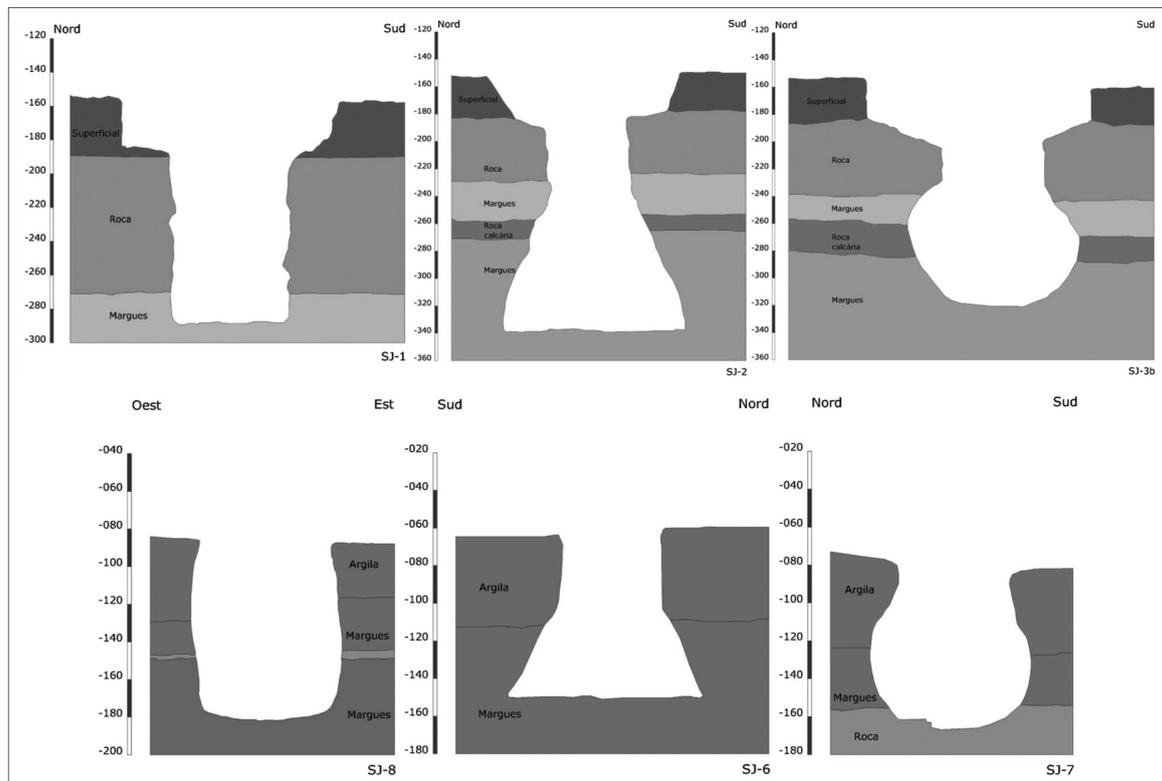


Figura 3. Es mostra una secció de cada sitja amb els diferents sòls geològics (cada color indica un tipus de sòl diferent) on estan excavades. Les imatges de dalt pertanyen a les sitges del “ferro/ibèriques” experimentals, i les de baix a les “neolítiques/bronze”.

4.2. L'EXCAVACIÓ

S'ha dut a terme, doncs, l'excavació de sis sitges d'emmagatzematge representat les tipologies morfològiques més característiques i comuns als jaciments arqueològics de la zona, com Minferri (Juneda, les Garrigues, Lleida), Els Vilars (Arbeca, les Garrigues, Lleida), Els Estincells (Verdú, l'Urgell, Lleida) o Els Missatges (Tàrrrega, l'Urgell, Lleida); troncocòniques (2), globulars (2) i cilíndriques (2) (Fig. 3).

En algun cas, per exemple per les troncocòniques, durant el procés d'excavació, vam tenir com a referència (mesures i dimensions) l'excavació etnoarqueològica de dues sitges al poblet de El Souidat (Tunísia) realitzada per nosaltres mateixos (Fig. 4). L'estructura escollida com a referència és de secció troncocònica, fons pla i excavada a la roca natural. Aquesta sitja va ser amortitzada fa aproximadament uns deu anys i havia contingut tant civada, com blat i ordi –els cereals més habituals–. S'hi van documentar tres unitats estratigràfiques (UE-3, retall, UE-4 i UE-5, reompliments), i fragmentada a l'interior, la pedra tapadora que amb anterioritat segellava la sitja.

L'objectiu de la construcció experimental al CEP era observar el procés de construcció i veure la seva dificul-

tat, el temps que es tardava per cada tipus de sitja, les eines necessàries per fer-les, entre d'altres, per després experimentar amb elles (fer-ne difusió, treballar temes de capacitat amb cereal, amortitzar les fosses per estudiar-ne els processos de formació, etc.).

En primer lloc, es va dur a terme l'excavació de les sitges que hem anomenat “ferro/ibèriques” (Fig. 5). Principalment aquesta denominació radica pel mode de construcció amb que estan fetes; tecnologia de l'edat del ferro. Així doncs, a mitjans d'octubre de 2010 es van realitzar tres sitges, una de cada tipologia, a partir de les següents eines: un pic, una pala, un recollidor, un cabàs, un pistolet, una catalana, un parpal, una piqueta i un carro (per sitja). El lloc on estan excavades es troba junt a les àrees habilitades pel conreu, a fora el jaciment (Fig. 1).

A diferència de les “neolítiques/bronze”, en aquestes vam excavar al sòl un quadre de 1,40 m. de costat i 30 cm. de profunditat, abans de començar a delimitar i excavar la boca de les estructures. Havent arribat a la roca mare es va fer l'obertura amb pic, es va seguir fent el coll i baixant la sitja gràcies al pistolet i al parpal (ja que la roca era realment dura), i es va acabar treballant amb piqueta i eina més petita per anar obrint les parets

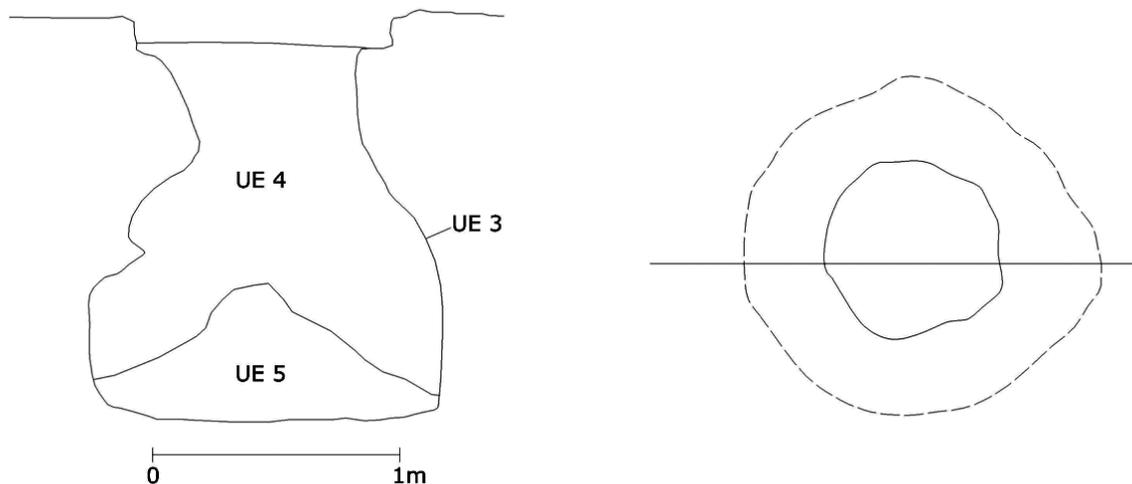


Figura 4. Secció i planta d'una de les sitges excavades a El Soudat (El Kef, Tunísia).

324

de les sitges. L'equip va estar format per sis persones, quatre homes i dues dones, dos per sitja. Aquestes s'anaven alternant; una dins l'estructura, treballant la sitja des de l'interior, i l'altra, a l'exterior per tal de recollir la terra i facilitar eines a la persona que estava a dins.

Durant el mes d'abril de 2011 es van iniciar els treballs de construcció de les sitges amb tecnologia del bronze; les anomenades "neolítiques/bronze" (Fig. 5). Les eines que van ser utilitzades són les següents: un pic de banya, un pal cavador de boix i un cistell de vímet (per cada sitja). Es va escollir un indret de margues naturals per tal de facilitar l'excavació d'aquestes,

degut a la duresa de la roca natural on estan excavades les primeres. No obstant, l'esforç físic va ser molt major que en les del "ferro/ibèriques". L'obertura d'aquestes no va requerir treure el superficial, i es va fer directament a la marga a través dels pals cavadors i dels pics. De totes maneres, els pals es van utilitzar més per anar baixant el cos de les fosses, i els pics per obrir-les tot treballant les parets de la troncocònica i globular. Per cada sitja hi van treballar dues persones (en total tres dones i tres homes), de la mateixa manera que les anteriors; una a dins la sitja excavant i l'altra a l'exterior ajudant-la proporcionant-li eines i a l'extracció de terra.

	Sitges	Tipologia	Planta	Coll*	Fons	Ø Boca*	Ø Base*	Ø Màx.*	Fondària*	Persones	Temps	Eines emprades	Capacitat**
"ferro/ibèriques"	SJ-1	cilíndrica	circular	-	pla	90	80	84	120	3 H	8 h.	Pic/pala/recollidor/cabaç/pistole t/catalana/parpal/piqueta/carro	380 litres
	SJ-2	troncocònica	circular	recte (60)	pla	70	150	162	179	2D 1H	18,15 h.	Pic/pala/recollidor/cabaç/pistole t/catalana/parpal/piqueta/carro	998 litres
	SJ-3	globular	circular	recte (25)	còncav	84	50	140	140	3 H	14 h.	Pic/pala/recollidor/cabaç/pistole t/catalana/parpal/piqueta/carro	603 litres
"neolític/bronze"	SJ-6	troncocònica	circular	recte (40)	pla	50	100	102	92	2 D	16,10 h.	Pal 3/Banya 2/recollidor lític/cistell vímet	230 litres
	SJ-7	globular	circular	exasat (10)	còncav	58	50	84	90	2 H	13,25 h.	Pal 1/Banya 3/recollidor lític/cistell vímet	250 litres
	SJ-8	cilíndrica	ovalada	-	pla	70	65	74	96	1D 1H	12,15 h.	Pal 2 i 4/Banya 1/recollidor lític/cistell vímet	280 litres

Figura 5. En la taula que ens precedeix es poden apreciar les diverses sitges excavades, la seva morfologia, les dimensions, el nombre de persones que van participar en la construcció de cadascuna (H: home; D: dona), la durada de temps que es va tardar en realitzar-les, les eines emprades en fer-ho i la capacitat de cada una. * en cm ** capacitat resultant de l'emmagatzematge experimental amb blat xeixa i ordi vestit.

9.- Una quartera és una mesura antiga, de diferent capacitat segons què s'havia de mesurar i també segons el territori on s'aplicava.

4.3. REOMPLIMENT, SEGELLAT I MONITORITZACIÓ DE LES SITGES

Durant el mes d'abril de 2011 va tenir lloc l'experimentació en l'emmagatzematge d'ordi vestit d'una de les sitges protohistòriques. Aquest ordi procedia d'una sitja de l'experimentació d'emmagatzematge al jaciment d'Olius (vegeu Asensio *et al.* en aquest mateix volum), amb la intenció de comprovar la viabilitat d'emmagatzematges successius en sitja en possibles enclaus intermedis entre els productors i els consumidors finals. Una vegada la sitja SJ-3 va ser excavada, es va preparar el cereal que s'emmagatzemaria a dins la sitja, ordi vestit (*Hordeum vulgare*), i una quartera⁹ de 9 litres per poder calcular el volum de gra. Prèviament, se li va posar un llit de palla a la base d'aquesta. A mesura que la sitja s'anava omplint, s'anaven recobrint les parets d'aquesta també amb palla –per augmentar la impermeabilitat i aïllar el gra de la humitat– fins arribar a l'inici de l'alçada del coll de la sitja, moment en què s'acabà de tirar gra. Tot el coll fou omplert de palla. En total s'hi van posar 67 quarteres (603 litres d'ordi vestit).

Per mesurar el comportament del gra i portar un control de les condicions atmosfèriques (temperatura i humitat) de dins cada sitja, es van instal·lar sensors a diferents profunditats de la sitja; al fons (110 cm), a la meitat (60 cm.) i a l'inici, concretament entre la palla situada al coll de la sitja. Seguidament es va procedir al segellament¹⁰ de la fossa. Es va utilitzar una tapa de pedra, altres de més petites per falcar-la bé, i una massa de fang entre aquestes i la tapadora. Tot va ser recobert amb una barreja de fang i palla, i per últim, terra.

Posteriorment, s'ha dut a terme l'emmagatzematge de les cinc sitges experimentals restants amb cereal de conreu ecològic: les dues sitges del "ferro/ibèriques" que quedaven amb ordi vestit, i les tres corresponents al "neolític/bronze" amb blat xeixa (*Triticum aestivum*). De la mateixa manera que s'ha fet amb la sitja anterior, en totes aquestes també s'hi ha posat un tipus de recobriment interior per a una millor conservació: un llit de palla a la base i a les parets. Un cop emmagatzemat el cereal, les estructures han estat segellades amb palla, una capa de fang (argila+aigua) i una capa de fang barrejat amb palla. Aquesta última capa ha estat tapada amb terra i una pedra clavada simbolitzant la fita. De la mateixa manera que amb la sitja SJ-3, s'ha col·locat a l'interior de cada estructura (a uns 50 centímetres aproximadament respecte la boca) un sensor de control d'humitat i temperatura. Per cada sitja s'han calculat en tot moment els litres de gra que s'hi han abocat. El resultat ha estat el següent: SJ-1,

380 l.; SJ-2, 334 l.; SJ-3, 603 l.; SJ-6, 230 l.; SJ-7, 250 l. i SJ-8, 280 l.

5. CONSIDERACIONS FINALS

A l'espera dels resultats de l'emmagatzematge, l'experimentació ha permès documentar i obtenir la seqüència del treball realitzat en la construcció de les sitges.

Per un costat s'ha observat la idoneïtat dels pals de boix per a l'excavació en terreny margós, més productius que els pics de banya. En tots dos casos, i sobre tot en els pals, es va generar un desgast marcat de les superfícies de treball de les eines.

Les marques dels pics i pals utilitzats es poden apreciar en tot el contorn de les estructures, les quals ressalten més o menys segons el sòl natural on estan excavades. Aquestes també s'han pogut documentar en algunes sitges d'emmagatzematge encara presents en els pobles d'El Souidat i de Gouasdia, a El Kef, Tunísia.

En tot moment es va estar calculant el temps de construcció de totes les estructures. Les més costoses tècnicament de construir van ser tant per les sitges "ferro/ibèriques" com per les sitges "neolític/bronze", les de morfologia troncocònica (18,15 hores i 16,10 hores respectivament). Les cilíndriques per la seva banda van ser les primeres en acabar-se (Fig. 5). No oblidar, la importància de les dimensions de cada una de les estructures, i l'espai interior que resta i limita la mobilitat.

Un cop finalitzada aquesta primera fase del projecte experimental en agricultura, que s'ha centrat en la construcció de sitges; està prevista la continuïtat del projecte duent a terme l'excavació d'altres estructures amb ferro dolç, i sobretot l'experimentació en l'emmagatzematge d'aquestes. Alguns dels objectius futurs són: analitzar la conservació de cereals en fosses durant diferents períodes de temps, posar altres tipus de recobriments a les parets, fer diversos sistemes de tancament, treballar sobre la reutilització de les mateixes estructures, etc.

Agraïments

A totes aquelles persones que han participat i col·laborat, al llarg de tots els dies, en l'excavació de les sitges experimentals i en el reompliment d'aquestes. Aquest treball ha estat possible gràcies al projecte ACOM00042 de l'AGAUR.

10.- Les tapes eren de pedra i a vegades es troben en l'interior de les sitges (Bòbila Madurell, Minferri, la Cantorella...). Per un major aïllament de la humitat, al voltant d'aquesta tapa de pedra es posava argila per a segellar-la, com a Mas Boscà, o una barreja d'argila i palla. Altres vegades, per augmentar la impermeabilitat, es recobrien les parets amb palla (Martín 1989, 148) o argila.

6. BIBLIOGRAFIA

ALCALDE, G., BUXÓ, R. 1991, Experimentació d'emmagatzematge i explotació de *Triticum dicoccum* Sch. a la vall del Llierca (la Garrotxa), *Cypselia* IX, 87-94.

ALONSO, N., PIQUÉ, N. 2009, Aportacions i limitacions de l'experimentació en Arqueobotànica: explotació de les plantes i processos productius associats, *Cota Zero* 24, 60-70.

ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., MORER, J., POU, J., TOUS, D. 2011, Experimentación en el almacenaje en silos en Sant Esteve de Olius (Solsonès, Lleida), in A. Morgado, J. Baena, D. García (ed.), *La investigación experimental aplicada a la Arqueología Experimental* (Ronda, Màlaga), 311-318.

BOSCH, A., CHINCHILLA, L., TARRÚS, J. (coord.) 2006, *Els objectes de fusta del poblament neolític de La Draga. Excavacions 1995-2005*, Girona, Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya 6.

BOSCH, A., CHINCHILLA, L., TARRÚS, J. (coord.) 2011, *El poblament lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000-2005*, Girona, Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya 9.

CUBERO, C., OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M. 2008, From the granary to the field; archaeobotany and experimental archaeology at l'Esquerda (Catalonia, Spain), *Vegetation History and Archaeobotany* 17-1, 85-92.

GUILAINE, J. (ed) 1986, *Carsac, une agglomération protohistorique en Languedoc*, Tolosa, Centre d'Anthropologie des Sociétés Rurales.

MARTIN, A. 1989, Las estructuras de los almacenamientos de alimentos en los asentamientos de Catalunya,

Habitats et structures domestiques en Méditerranée occidentale durant la Protohistoire, Préactes du Colloque, Arlés, CNRS, 147-148.

MIRET, J. 2008, L'experimentació sobre sitges tradicionals. Aportacions de l'arqueologia i de l'agronomia, *Revista d'Arqueologia de Ponent* 18, 217-240.

MORGADO, A., BAENA, J., GARCÍA, D. (ed.) 2011, *La investigación experimental aplicada a la Arqueología Experimental* (Ronda, Màlaga).

OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M. (coord.) 1998, *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda, 1991-1994*, Monografies d'Arqueologia Medieval i Postmedieval 3, Barcelona, Universitat de Barcelona.

PRATS, G. 2011, *L'emmagatzematge en sitja: metodologia i experimentació per al seu càlcul. El jaciment de Minferri (Juneda, les Garrigues)*, Treball Final de Màster Inèdit, Departament d'Història, Universitat de Lleida.

RASMUSSEN, M. i., GRØNNOW, B. 1999, The Historical-Archaeological Experimental Centre at Lejre, Denmark: 30 years of experimenting with the past, in P. G. Stone, P. Planel, *The Constructed Past. Experimental archaeology, education and the public*, London, New York, Routledge, 136-145.

REYNOLDS, P. J. 1988, *Arqueologia experimental. Una perspectiva de futur*, Vic, Eumo Editorial.

RODANÉS, J. M. 1987, *La indústria ósea prehistòrica en el Valle del Ebro*, Zaragoza, Diputació General de Aragón, p. 98, L. 17.

<http://www.buster.org.uk/>

<http://www.lacetans.org/cepverdu/agricultura.htm>

<http://www.lesquerda.cat/web/>

NUEVAS VIAS DE INVESTIGACIÓN DEL CULTIVO DE LA VID EN ÉPOCA CLÁSICA. TÉCNICAS DE ESTUDIO, CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE VARIEDADES DE UVA ANTIGUAS PARA SU PLANTACIÓN EN VIÑEDO ROMANO EXPERIMENTAL

Antoni Martín i Oliveras*

*"Hispaniae duo genera eius faciunt, unum oblongo acino,
alterum rotundo; novissimas vindemiant quo dulcior est
coccolobis, hoc melior..."*

*Gaius Plinius Secundus, Naturalis Historia XIV, 30 ***

El programa de recerca del Projecte Cella Vinaria inclou entre d'altres objectius l'excavació, registre i documentació del jaciment vitivinícola romà de Vallmora (Teià-Maresme), la seva situació en el seu context històric i sociocultural, l'estudi interpretatiu de les diferents estructures constructives i productives vitivinícoles documentades i la creació d'un vinya romana experimental en els terrenys adjacents al jaciment. Aquest espai es preveu que constitueixi un autèntic laboratori de recerca experimental que permeti aprofundir en el coneixement de la viticultura antiga. Aquest projecte específic a desenvolupar durant els propers anys, pretén estudiar tots els estadis i els processos de la producció i la comercialització vitivinícola en època romana, des dels seus inicis, amb la preparació del terreny, la plantació dels ceps, la selecció de la varietat o varietats a plantar, fins a la finalització del procés mitjançant la degustació del vi per part del consumidor final. El present article pretén presentar, les diferents qüestions estudiades i les noves vies d'investigació que se'ns obren en arqueologia, pel que fa al cultiu de la vinya en època clàssica i a la caracterització i identificació de varietats de raïm antiga a partir de l'aplicació de les ciències experimentals i de noves tècniques d'anàlisi procedents d'altres disciplines afins.

327

Projecte Cella Vinaria, arqueologia experimental, vinya romana experimental, identificació i caracterització de varietats de raïm antigues, producció de vi romà.

The Research Program of Cella Vinaria Project includes inter alia objectives, the excavation, recording and documentation of Vallmora Roman winemaking centre (Teià-Maresme), the situation in its historical and sociocultural context, the interpretive study of different building rooms and winemaking production structures documented and the creation of a Roman Experimental Vineyard in the land adjacent to the archaeological site, which is expected to be a genuine experimental research lab that allows a deeper understanding of ancient viticulture. This specific project, which will be developed during the next years, wants to study all stages and processes of winemaking production and the trade of wine in Roman times, since its inception, with land preparation, planting the vines, the selection of the grape variety or varieties to plant, until the end of the process, the wine consumption by the people. This paper intends to present in outline, the different issues discussed and the new ways of study and research open to us in archaeology, respect to the vineyard cultivation in classical times and the characterization and identification of ancient grape varieties by the application of the experimental sciences methods and new analytical techniques from other disciplines.

Cella Vinaria Project, Experimental Archaeology, Experimental roman wine, Identification and characterisation of ancient wine varieties, Roman wine production.

* Arqueòlogo, museòlogo y gestor cultural. Director Técnico y Científico del Proyecto *Cella Vinaria* (amartinioliveras@cellavinaria.cat).

** La (uva) *coccolobis* de las *Hispanias* (*Citerior* y *Ulterior*) se distingue por ser de dos tipos: Uno de grano oblongo y el otro (de grano) redondo. Cuanto más tarde se vendimia resulta más dulce y mejor. (Traducción propia del autor).

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la excavación del yacimiento vitivinícola romano de Veral de Vallmora (Teià, Maresme, Barcelona) y con motivo de la implementación del *Proyecto Cella Vinaria*, se ha podido desarrollar un programa de investigación que ha permitido un avance en el conocimiento de la *Arqueología del Vino en Época Romana*; temática la cual tiene múltiples campos de investigación y especialización con enormes posibilidades de estudio (Martín 2011, 493-500; 2012, 101-127) (Fig. 1)¹.

Este artículo pretende analizar algunos de los aspectos que influyen en el primer estadio de la producción vitivinícola de época antigua: El cultivo de la vid. Es decir, en aquellos factores y condicionantes que intervienen en dicho proceso, muchos de los cuales ya eran conocidos y han sido tratados por las fuentes escritas, en especial por los denominados agrónomos latinos: Catón, Varrón, y Columella; a los que habríamos de añadir también Plinio el Viejo.

2. ASPECTOS GEOARQUEOLÓGICOS Y DE ARQUEOLOGÍA DEL PAISAJE

La configuración geomorfológica del terreno, la edafología del suelo y las características del cultivo a desarrollar, constituyen factores importantes que pueden afectar al rendimiento y a la productividad agraria no solo de la vid sino de cualquier otro tipo de cultivo. La

aplicación de métodos de análisis geoarqueológicos, y la aplicación de técnicas de estudio paleoambiental procedentes de la denominada arqueología del paisaje y de la arqueobotánica permite inferir datos respecto del estudio paleoecológico de un yacimiento a nivel microespacial o de la evolución histórica y paleoambiental de un territorio determinado a nivel macroespacial.

La configuración geomorfológica actual de un territorio puede ser muy diferente a la que había en épocas precedentes y estas transformaciones del paisaje pueden ser debidas tanto a causas naturales como por causas antrópicas. Estos procesos acostumbra a dejar trazas en el registro geoarqueológico sobre todo a nivel estratigráfico y sedimentario y estas trazas son susceptibles de ser estudiadas.

La explotación intensiva del viñedo en época romana no es ajena a todos estos factores. Se trataría pues de identificar y documentar todos los factores endógenos y exógenos que pueden influenciar en dicho cultivo y en el desarrollo posterior de la planta, ya sea durante su ciclo vegetativo activo o durante su etapa de reposo latente. La configuración geomorfológica del territorio puede influir en las técnicas de cultivo vitícola que se pueden desarrollar en los sistemas de labranza aplicados, en el marco de plantación seleccionado o en el sistema de poda y de vendimia.

3. ASPECTOS VITÍCOLAS: SISTEMAS DE LABRANZA, MARCO DE PLANTACIÓN Y SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y PODA ANTIGUOS

Por lo que respecta a los sistemas de labrado y de plantación de viñedos en época antigua, tanto las fuentes, Columella (*De agricultura* III, 13, 4 y 9) y Plinio El Viejo (*N.H.* XVII, 171) como los trazos y evidencias arqueológicas conservadas en los yacimientos, nos describen y documentan tres formas de labranza y dos sistemas homónimos de plantación de cepas: uniforme *-pastinatio, depastinatio-* que corresponde al labrado previo efectuado en profundidad antes de la plantación; en fosa o *scrobis exenta*, en *alveus*, sistema de plantación, descrito por Plinio (*N.H.* XVII, 35), que sirve para albergar dos cepas en cada uno de sus extremos (Boissinot 2001, 51, fig. 9); y en trinchera o *sulcus*, mencionado en los textos antiguos por Columella (*De agricultura* II, 2, 27) y Plinio (*N.H.* XVIII, 181), documentado en Francia en cronolo-



Figura 1. Parque Arqueológico *Cella Vinaria*-Viñedo Romano Experimental en *pergula* con las vides pendientes de injerto (Fotografía: Antoni Martín i Oliveras 2011).

1.- El Proyecto para la Creación de un Viñedo Romano Experimental en el Yacimiento Vitivinícola Romano de Vallmora (Teià Maresme), ha contado durante los años 2009-2010 con el apoyo económico de los fondos AGAUR-Agència de Gestió d'Ajuts a les Universitats i a la Recerca del Departament de Innovació, Universitats i Empresa de la Generalitat de Catalunya, como proyecto competitivo seleccionado para su ejecución e investigación. Durante el año 2011 se debería haber renovado la convocatoria de ayudas para el bienio 2011-2012 pero la falta de interés mostrado tanto por parte de los gestores políticos del parque arqueológico como de la empresa patrocinadora del proyecto supuso la ruptura de esta dinámica de ayudas y la imposibilidad de poder continuar con su ejecución material.

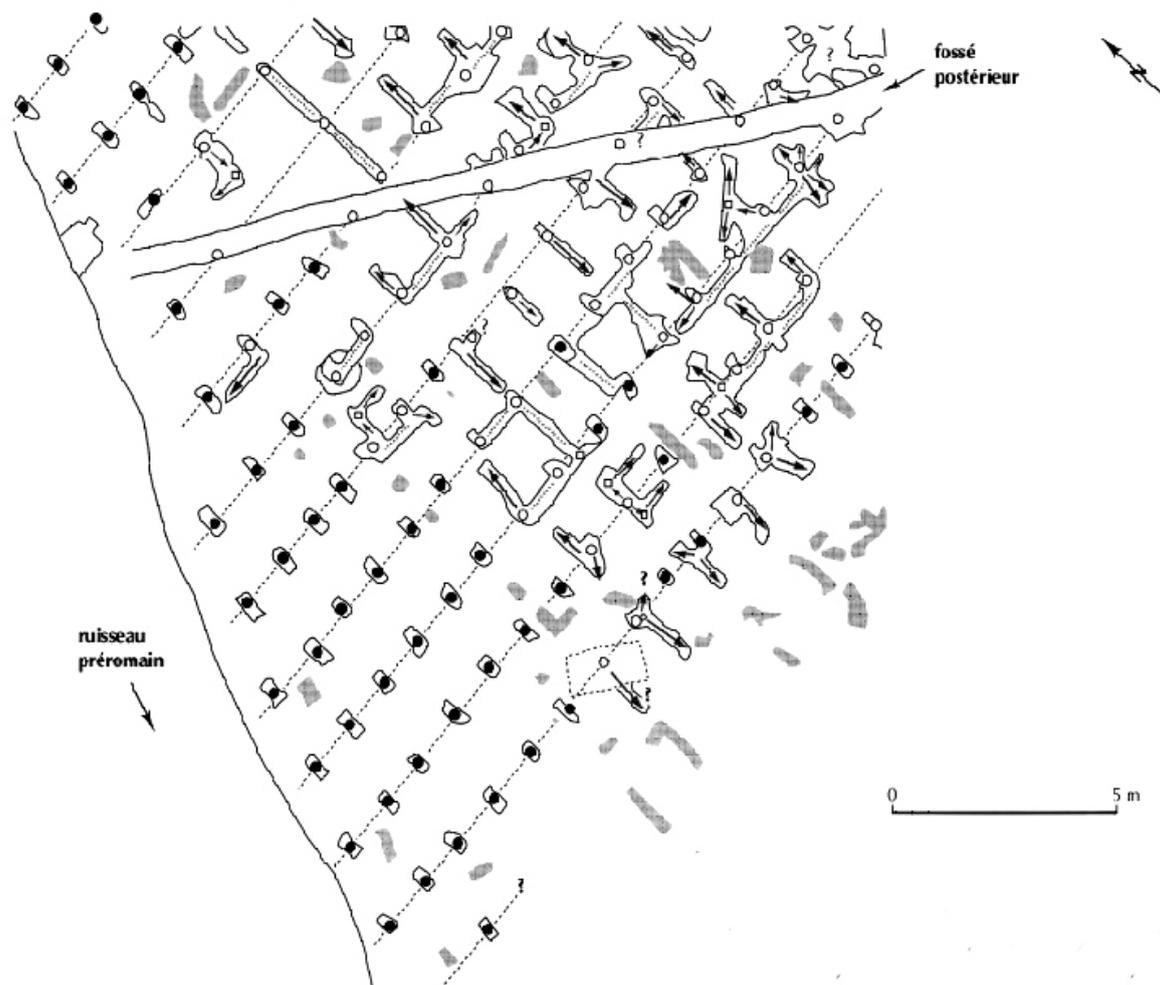


Figura 2. Planta de la excavación de un viñedo antiguo del período helenístico en Saint-Jean-du-Désert (Marsella, Francia). Obsérvese la distribución de las fosas originales y su combinación con las trincheras de mugronado, técnica que permite la duplicación de las vides, supone una reducción del marco y conlleva un aumento de la densidad de plantación (según, Boissinot 2001, 56, fig. 15).

gías bastante antiguas (siglos V-IV a.C.) (Boissinot 2001, 51), que presenta roturas de mayor longitud en forma de líneas continuas que permiten la plantación de varias cepas. Muchas veces *scrobes* y *sulci* van acompañadas de otros trazos perpendiculares, evidencias de una práctica agraria llamada mugronar que tiene por objetivo renovar la viña y que consiste en derivar una cepa vieja a un foso lateral o enterrar un sarmiento de ésta para obtener un nuevo pie (Buffat 2009, 32, fig. 3).

El marco de plantación es la distancia que guardan entre sí las cepas. La densidad de plantación es el número total de cepas distribuidas en la superficie del terreno, siendo la unidad de medida de base para el cálculo de rendimientos en época antigua la *vitis/iugera*. Tanto el marco como la densidad vienen determinados por el sistema de plantación adoptado (*alveus* o *sulcus*) y por la distancia longitudinal y transversal entre cepas. Los marcos de plantación han ido variando a lo largo del tiempo

ya sea para adaptarse a la topografía del terreno y/o a las nuevas necesidades del cultivo. En época antigua las distancias entre cepas eran muy variables dependiendo de los yacimientos y del área estudiada. En cuanto a la densidad de plantación, en algunos yacimientos del sur de Francia, se han documentado densidades muy elevadas superiores a las 10.000-11.000 cepas por hectárea, como el caso de Port Ariane (Lattes, Francia), lo que nos da una ratio de separación entre cepas de menos de un metro cuadrado (3 pies romanos cuadrados) (Boissinot 2001, 45-57; Buffat 2009, 35-37) (Fig. 2). Por sistemas de conducción del viñedo se entiende la configuración en el espacio que adquieren las cepas, así como su disposición en la parcela. Esta disposición viene definida por una serie de relaciones entre el marco y la densidad de plantación, respecto de la altura del tronco y del tipo de poda seleccionado que determinará su configuración aérea y condicionarán la fisiología de las cepas, incidiendo

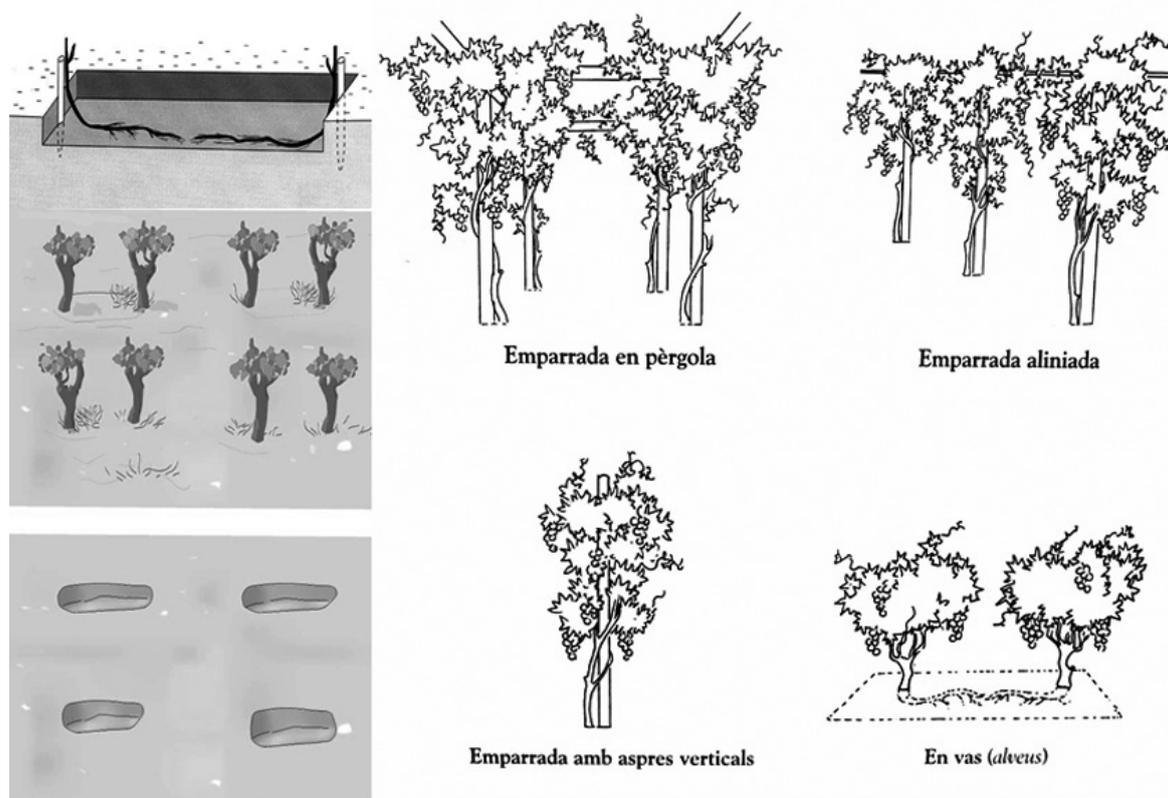


Figura 3. Tipología de sistemas de plantación y conducción de viñedos de época antigua documentados por las fuentes escritas (según Buffat 2009, 31, fig.1 y 2) (Dibujo de F. Riart).

330

decisivamente en la productividad y en la calidad de la vendimia. En época antigua se distinguen cinco tipos o sistemas de conducción genéricos considerados por los agrónomos romanos: exento (plantado en *sulcus*, *scrobis* o *alveus*), emparrado en *pergula*, emparrado con ásperos o rodrigones verticales, emparrado en espaldera o maridado con árboles (Brun 2003, 34-41); de entre los cuáles, el viñedo plantado en *alveus*, es el típico del territorio layetano, un procedimiento, según Columella (*De arboribus* IV, 1-2), ya utilizado por los cartagineses y adoptado en las *Provinciae Hispaniae (Citerior et Ulterior)*, por los pueblos indígenas y los colonos itálicos, consistente en colocar dos cepas en los extremos de una fosa pseudo-rectangular compartida y excavada en el terreno natural, la cual muchas veces se rellenaba con piedras o grava que facilitarían su drenaje (Fig. 3).

Los restos arqueológicos más evidentes para la identificación de paleosuelos de cultivo de vid son la presencia de trazos de cultivo y de soportes de sistemas de conducción, mediante huellas conservadas en el subsuelo en forma de estructuras negativas excavadas en el sustrato natural y agujeros de poste. Además del estudio de su morfología, estas huellas nos pueden servir para calcular la densidad y el marco de plantación de las cepas permitiéndonos hacer aproximaciones primarias

de productividad y rendimientos agrícolas a partir de su configuración espacial.

En Cataluña y en España los estudios arqueológicos de campos de cultivo antiguos son anecdóticos, no así en el sur de Francia donde se han hecho estudios desde los años 90 con cronologías que abarcan desde el siglo VII a.C al siglo VII d.C (Chouquer/Favory 1991; Boissinot 2001, 45-57; Buffat 2009, 29-42; Jung/Compan/Figueiral 2009, 85-97). También se han realizado estudios en Italia, en antiguos campos de los suburbios de Roma (Volpe 2009, 369-381) y en la Gran Bretaña (Brown *et al.* 2001, 745-757), donde se han complementado con analíticas comparativas a partir de muestras de polen de *Vitis vinifera sp. vinifera*, procedentes de estratigrafías de campos de cultivo antiguos localizados en Nene Valley-Wollaston, Northamptonshire y de otras muestras tomadas en viñedos ingleses actuales (Turner/Brown 2004, 117-132).

Finalmente señalar que los viñedos son sometidos a diferentes tipos de poda para favorecer el aumento y la homogeneidad de la fructificación, controlar el crecimiento, mejorar la productividad y la calidad de la uva. El sistema tradicional para vides exentas es la llamada "poda en vaso", que presenta un tronco de unos 35 cm con 3 brazos. Esta altura permite una cierta resis-

tencia a la sequía. En cada brazo se dejan dos pulgares con dos yemas dando una “carga” de 12 yemas/cepa, número óptimo a nivel de productividad. Según A. Tchernia (1986, 127), en época romana las vides de la *-Tarraconensis-* plantadas en *alveus*, se mantenían mediante la “poda en vaso” a una altura entre un pie y medio (44,4 cm) y tres pies romanos (88,8 cm), lo cual aumentaba la productividad y facilitaba las tareas de vendimia, mejorando el rendimiento de la mano de obra, abaratando los costes de producción y por tanto también el precio de venta del vino.

4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA LA CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE VARIEDADES DE UVA ANTIGUAS.

Existen diferentes vías de estudio, líneas de investigación y técnicas de análisis para la caracterización e identificación de variedades de uva, que son susceptibles de ser aplicadas tanto para el estudio de variedades actuales como de época antigua.

La primera vía de estudio de variedades de uva modernas y su posible correspondencia con variedades de uva antigua es el análisis lexicográfico, técnica que permite la identificación de homonimias-sinonimias actuales localizadas dentro de un mismo territorio y el estudio comparativo de éstas respecto de otros (Favà 2003, 167-185).

La segunda vía son los estudios arqueobotánicos y de caracterización de macrorestos vegetales de semillas fosilizadas y restos leñosos carbonizados o mineralizados, los cuales mediante correlaciones carpológicas biométricas han podido distinguir taxonómicamente diferentes grupos de semillas del género *Vitis vinifera*, *Vitis sp. vinifera*, en cuanto a la distinción entre la variedad cultivada, *Vitis vinifera var. sativa* y la variante silvestre, *Vitis vinifera var. sylvestris* (Bouby *et al.* 2010; Figueiral *et al.* 2010, 129-139; Terral *et al.* 2010, 443-455) (Fig. 4).

Otros campos relacionados serían los estudios antracológicos y xilológicos que nos permitirían, distinguir a partir de la estructura de los restos leñosos conservados, diferentes tipologías de vides antiguas susceptibles de ser comparadas con estructuras leñosas de vides actuales así como también poder hacer aproximaciones dendrocronológicas (Figueiral *et al.* 2010, 139-149). Los estudios palinológicos constituyen otra fuente de información para la contrastación de resultados cuantitativos, tanto en lo que respecta a la presencia de concentraciones de polen fosilizado dentro del registro arqueológico, como a su estudio comparativo con los índices de dispersión y de concentración de polen en la actualidad (Gaillard *et al.* 2008, 415-418).

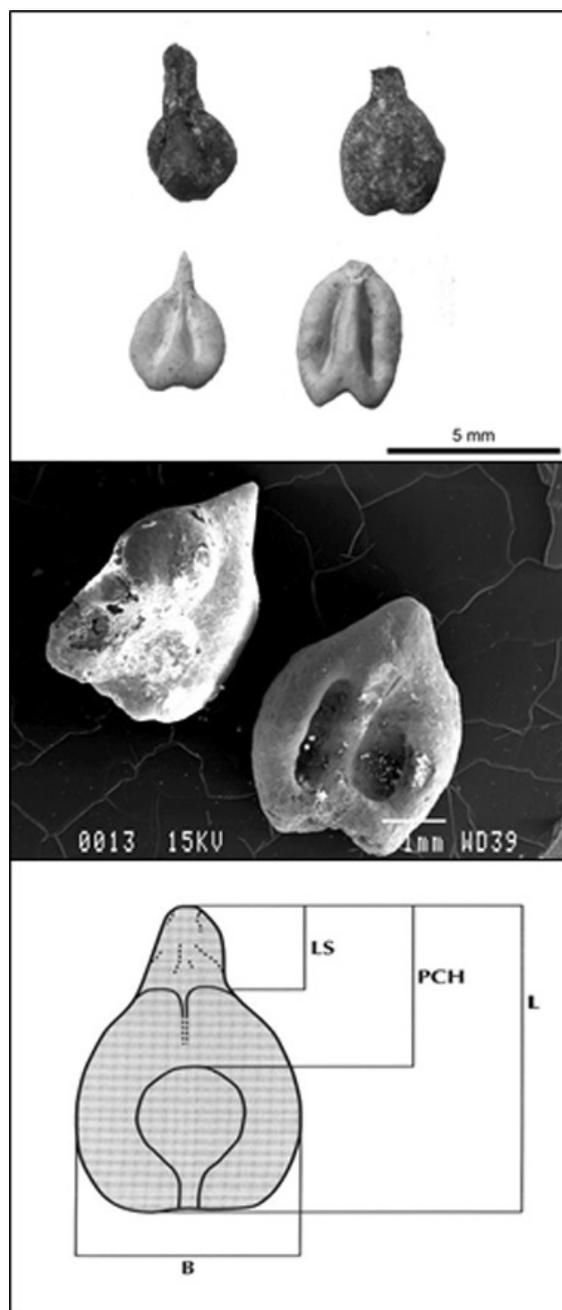


Figura 4. Biometría carpológica comparativa de semillas de vid fosilizadas y de semillas actuales. Observaciones mediante lupa binocular y microscopía electrónica (Fotografías: Daniel López Reyes) y esquema biométrico de parámetros de medición: LS: Longitud del pico, PCH: Posición de la chalaza, L: Longitud total, B: Anchura total (según Bouby/Marinval 2001, 19, fig.1).

La tercera vía es la ampelografía (del griego “*ἄμπελος*”, vino, y “*γράφος*”, escribir), que estudia la clasificación y la descripción botánica de las especies de vid y sus múltiples variedades obtenidas mediante el cruce y la hibridación. En este sentido, destacan dos proyectos



332

Figura 5. Moscatel de Alejandría o Moscatel Romano (fotografía HYPERLINK "<http://www.spanishwine.asia>" www.spanishwine.asia).

de investigación aplicada que se están desarrollando en Italia. Desde 1996 en *Pompeia* (Campania, Italia), bajo la dirección de Annamaria Ciarallo, coordinadora del *Laboratorio di Ricerche Applicate di Pompei* y en colaboración con un productor vitivinícola local *Mastroberardino Azienda Vinicola SPA*, se trabaja en la recuperación de dos viñedos romanos experimentales situados en el *Forum Boarium* y en la casa del *Triclinium di Estivo* II, IX y VI de esta ciudad romana, formalizados a partir de la identificación con moldes de yeso y arcilla de restos de cepas localizadas *in situ*, que fueron sepultadas por la erupción del Vesubio del 79 d.C. Así mediante la correlación ampelográfica e iconográfica de tres variedades antiguas: *vitis hellenica*, *vitis aleogina* y *columbina purpurea*, con tres variedades actuales de la zona: *aglianico*, *sciaccinoso* y *pedirosso* (esta última variedad finalmente fue descartada por inadaptación a la composición del terreno), se ha elaborado un vino romano experimental específico a tal efecto denominado *Villa di Misteri* cuya primera cosecha se produjo en el 2001, comercializándose poco después.

Otro caso de base ampelográfica/ampelométrica combinado con estudios regresivos de ADN a partir de va-

riedades actuales, es el proyecto *Senarum Vineae*, que desde el año 2009 se centra en el estudio de antiguos campos de cultivo del área urbana de Siena (Toscana, Italia) y que recientemente cuenta también con un viñedo experimental llamado *Orto de' Pecci* (Valle di Porta Giustizia, Siena), plantado el pasado mes de marzo de 2012. Este proyecto que se inscribe dentro de los proyectos nacionales *VINUM* y *Archeovino*, pretende demostrar que las modificaciones detectadas en el genoma de las uvas silvestres que se encuentran alrededor de los yacimientos arqueológicos, serían atribuibles a la selección clonal realizada por la intervención antrópica en el paisaje vitivinícola a lo largo del tiempo (Benvenuti/Giannacce/Ciacci 2012).

La correspondencia taxonómica, la caracterización y la identificación molecular de la variedad de uva de la que se producía el antiguo vino layetano citado por las fuentes, y su posible relación morfológica o genética con alguna variedad actual, es uno de los objetivos de nuestro programa de investigación a largo plazo. Las fuentes escritas tanto Plinio el Viejo (*N.H.* XIV, 29-30) como Columella (*De Agricultura* III, 2, 19) hablan que éste se obtiene de una antigua variedad llamada *coccolobis* en *Hispania*, *biturica* en la *Gallia* y *balisca* en *Italia*, la cual, J-P Brun (2004, 264), basándose en Plinio, sitúa como originaria del territorio de la actual Dürres en la región del Epiro en la península balcánica (Albania). El vino producido era de segunda clase y daba un gran rendimiento y envejecía muy bien. O. García (1991, 221), afirma que la actual variedad "moscatel" sería asimilable, heredera o equivalente a la *coccolobis* descrita por las fuentes, atendiendo a su origen mediterráneo, a su antigüedad, especificidad y a sus características organolépticas. Así analizadas las diferentes posibilidades, desde un punto de vista histórico y ampelográfico si tuviéramos que escoger una variedad actual que consideremos más cercana a las variedades cultivadas de época romana, esta no sería otra que la *Muscat* o Moscatel de Alejandría también conocida como Moscatel Romano, la cual se considera una "vid antigua", y los expertos creen que es una variedad vieja que aún existe, no modificada genéticamente (Robinson 1986, 18); ya que desde la antigüedad su cultivo como fruta para el consumo humano (uva y pasas), se ha ido manteniendo durante época visigoda, andalusí, medieval y moderna, hasta nuestros días (Fig. 5).

Todos los estudios anteriores se han visto complementados por los análisis moleculares de ADN como método experimental de caracterización (Manen *et al.* 2003, 721-729; Schlumbaun/Tensen/Jaenicke-Després 2008, 233-244). Por su parte, hoy en día existen bancos de datos que permiten la consulta automatizada de marcadores moleculares: SSR (*Short Sequence Repeat*) o STR (*Short Tandem Repeat*), denominados comúnmente microsatélites, para la identificación de variedades de uva cultivada en un país o territorio concreto (Fig. 6). Este tipo de análisis permite diferentes tipos de aproximaciones.

lunes, 20 de febrero de 2012




Identificación de Variedades de Vid Caracterizadas Mediante Microsatélites

Departamento de Biología Vegetal
Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

■ Portada

■ Listado de variedades

Búsqueda por nombre
Utilice el cuadro de búsqueda siguiente para localizar variedades y sinónimos de su interés. No es necesario introducir el nombre completo.

Moscatel de alejandría

Buscar

Búsqueda alfabética
Seleccione el primer carácter del nombre de las variedades.

#ABCDEFGHIJKLMNÑOP
QRSTUVWXYZ

Búsqueda por D.O.
Seleccione de la lista desplegable la Denominación de Origen para la que desea visualizar sus variedades.

Denominaciones de Origen

Color de la Baya
Haga click sobre el color de la baya para mostrar las variedades coincidentes con la selección.

B - blanca o verde-amarilla
R - rosa o roja
G - gris
N - roja-violeta o azul-negra

Utilización
Haga click sobre el uso a que se destina para mostrar las variedades coincidentes con la selección.

- Uva de mesa
- Uva para vinificación
- Portainjerto

Contactos
Jesús María Ortiz Marcide (email)

Colaboradores



Base de datos actualizada el
lunes, 17 de noviembre de 2008
10:25:46

SIVVEM USU HONEYTE.COM

PORTADA » LISTADO DE VARIEDADES

Listado de Variedades

Opciones de búsqueda aplicadas quitar todos

Nombre: Moscatel de alejandría Alfabético: Ninguno

Color: Ninguno Utilización: Ninguno

Denominación de Origen: Ninguno

Microsatélites: 224 | 228 | 247 | 249 | 175 | 191 | 130 | 146 | 185 | 203 | 245 | 253 quitar

Variedades 1 a 1 de 1 Mostrando página 1 de 1

Moscatel De Alejandría

Color de la baya: B
Origen: África (cabo Zibibb)
Sinónimos: Moscatel de Grano Gordo, Moscatel de Setúbal, Zibibo, Hanepoot, Angliko
Utilización: Vinificación, Uva de mesa
Microsatélites:

VVMD5		VVMD7		VVMD27		VVS2		ZAG62		ZAG79	
Alelo 1	Alelo 2										
224	228	247	249	175	191	130	146	185	203	245	253

A efectos de calibración le ofrecemos como referencia los alelos que hemos obtenido para cuatro cultivares de vid. Introduzca sus alelos para compararlos con los nuestros y así identificar a qué variedad pertenecen. Se mostrarán las coincidencias encontradas en nuestra base de datos que estén dentro de un rango de +/-1

Nombre	VVMD5		VVMD7		VVMD27		VVS2		ZAG62		ZAG79	
	Alelo 1	Alelo 2	Alelo 1	Alelo 2								
Cabernet Sauvignon	228	236	237	237	171	185	136	148	187	193	245	24
Garnacha Tinta	222	236	237	241	191	191	134	142	187	187	255	25
Pinot Noir	224	234	237	241	181	185	134	148	187	193	237	24
Tempranillo	232	232	237	251	179	179	140	142	195	199	245	24
Sus alelos	224	228	247	249	175	191	130	146	185	203	245	25

Buscar por longitud del alelo

41678 visitas recibidas desde el martes, 01 de julio de 2008

Figura 6. Aplicativo del proyecto SIVVEM-Spanish Vitis Microsatellite Database (<http://sivvem.monbyte.com/>).

Entre otras la identificación de cepajes “madres” (*Pedigree reconstruction and genome mapping*), técnica cuya aplicación nos sirve para estrechar el círculo de variedades primigenias que podrían asimilarse con los genotipos de época antigua (Bowers *et al.* 1999; Meredith 2001, 21-25). En este sentido cabe destacar las aportaciones del proyecto *Ancient DNA Grape and Wine Project*, cuyo objetivo principal era realizar estudios, analíticas y elaborar bases de datos que permitieran identificar en origen, las cepas “madres” de *Vitis vinifera L. subsp. Vinifera* en Oriente Medio y su posterior difusión por el Mediterráneo Oriental (McGovern 2004, 35-37; Vouillamoz *et al.* 2006, 144-158). Dicho proyecto también incluía el estudio de material genético antiguo propiamente dicho, mediante el desarrollo y la aplicación de una metodología para la extracción de secuencias moleculares de ADN procedentes de semillas arqueológicas fosilizadas (Arroyo-García *et al.* 2006, 3707-3714; Lefort *et al.* 2001, 20-21).

5. CONCLUSIONES

El estudio de la viticultura y la arqueología del vino en la antigüedad tienen múltiples campos de investigación y especialización con enormes posibilidades de estudio. En este artículo se han tratado algunos aspectos iniciales de la cadena productiva, centrados en el cultivo de la vid, los cuales nos aportan nuevos datos para el conocimiento de la viticultura en época romana.

El objetivo final es conocer el funcionamiento de dicha cadena productiva vitivinícola por lo que respecta a rendimientos agrícolas de las diferentes instalaciones, los cuales nos permitan hacer inferencias de productividad en términos absolutos, pudiéndolos extrapolar al territorio para poder obtener una aproximación fiable del posible tamaño de los predios. A partir de ahí el estudio macroespacial nos permitiría elaborar patrones de asentamientos y crear modelos arqueológicos predictivos para profundizar en el conocimiento, la organización y la evolución de las diferentes explotaciones vitivinícolas romanas a lo largo del tiempo.

6. BIBLIOGRAFÍA

ARROYO-GARCÍA, R., RUIZ-GARCÍA, L., BOLLING, L., OCETE, R. *et al.* 2006, Multiple origins of cultivated grapevine (*Vitis vinifera, L. ssp. sativa*) based on chloroplast DNA polymorphisms, *Molecular Ecology* 15, Londres, Ed. Wiley-Blackwell, 3707-3714.

BENVENUTI, P., GIANNACE, M., CIACCI, A. 2012, Landscape, town planning and old vine: when territory becomes a “brand”, *IX Congrès International des Terroirs Vitivinicoles*, Dijon, Reims (en prensa).

BOISSINOT, Ph. 2001, Archéologie des vignobles antiques du sud de la Gaule, *Gallia* 58, Editions CNRS, Paris, 45-57.

BOUBY, I., TERRAL, J.-F., FIGUEIRAL, I., IVORRA, S. *et al.* 2010, La vigne sauvage (*Vitis vinifera subsp. sylvestris*): une plante cultivée dans les établissements viticoles de la Narbonnaise ?, in C. Delhon, I. Théry Parisot, S. Thiébault (ed.), *Des hommes et des plantes. Exploitation du milieu et gestion des ressources végétales de la préhistoire à nos jours. XXXe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, Antibes, 129-139.

BOWERS, J., BOURSQUOT, J. M., THIS, P., CHU, K., JOHANSSON, H., MEREDITH, C. 1999, Historical genetics: the parentage of Chardonnay, Gamay, and other wine grapes of Northeastern France, *Science* 285, Ed. AAAS, Washington, DC, 1562-1565.

BROWN, A. G., MEADOWS, I., TURNER, S. D., MATTINGLEY, D., 2001, Roman vineyards in Britain: stratigraphic and palynological data from Wollaston in the Nene Valley, England, *Antiquity* 75 (290), Londres, 745-757.

BRUN, J.-P. 2003, *Le vin et l'huile dans la Méditerranée antique. Viticulture, oléiculture et procédés de fabrication*, Ed. Errance, Paris.

BRUN, J.-P. 2004, *Archéologie du vin et de l'huile dans l'Empire romain*, Ed. Errance, Paris.

BUFFAT, L. 2009, El territori pautes d'assentament i models d'explotació econòmica a la Gallia Narbonensis, Urbs i ager. L'explotació vinícola i les seves vinyes, in M. Prevosti, A. Martín i Oliveras (ed.), *El vi Tarraconense i Laietà. Ahir i Avui, Actes del Simposi. Tarragona-Teià*, Ed. Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Serie Documenta núm. 7, Tarragona, 29-42.

CHOUQUER, G., FAVORY, F. 1991, *Les Paysages de l'antiquité. Terres et cadastres de l'occident romain (IV é s. Avant J.C / III é s. Après J.C.)*, Ed. Errance, Paris.

FAVÀ I AGUD, X. 2003, Els Noms dels raïms: estudi lèxic de cent ampelònims catalans, Algunes propostes per al DIEC, *Revista d'Estudis Romànics Vol. 25*, Barcelona, 167-185.

FIGUEIRAL, I., BOUBY, L., BUFFAT, L., PETITOT, H., TERRAL, J.-F. 2010, Archaeobotany, vine, growing and wine producing in Roman Southern France: the site of Gasquino (Béziers, Hérault), *Journal of Archaeological Science* 37, 139-149.

GARCÍA, O. 1991, Ad summam ubertatem vini, *Revista Gerión, Anejos III: Alimenta. Estudios en Homenaje al Dr. Michel Ponsich*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 219-221.

GAILLARD, M. J., SUGITA, S., BUNTING, J., DEARING, J., BITTMANN, F. 2008, Human impact on te-

- restrial ecosystems, pollen calibration and quantitative reconstruction of past land-cover, *Vegetation History and Archaeobotany* 17, Berlin, 415–418.
- JUNG, C., COMPAN, M., FIGUEIRAL, I. 2009**, Les cultures et les pratiques agricoles antiques dans la cité de Béziers : L'exemple de la viticulture et de l'arboriculture sur l'autoroute A75 (Pézenas-Béziers, Hérault), *Studies on The Rural World in The Roman Period 4, The territory and its resources*, Girona, 85-97.
- LEFORT, F., KYVELOS, CH.-J., ZERVOU, M., EDWARDS, K. J., ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. 2001**, Characterisation of new microsatellite loci from *Vitis vinifera* and their conservation in some *Vitis* species and hybrids, *Molecular Ecology Notes* 2, Ed. Blackwell Publishing, Londres, 20–21.
- MANEN, J.-F., BOUVY, L., DAINOKI, O., MARINVAL, P., TURGAY, M., SCHLUMBAUM, A. 2003**, Microsatellites from archaeological *Vitis vinifera* seeds allow a tentative assignment of the geographical origin of ancient cultivars, *Journal of Archaeological Science* 30, Amsterdam, 721–729.
- MARTÍN I OLIVERAS, A. 2011**, Parque Arqueológico *Cella Vinaria* (Teià-Maresme-Barcelona): Un gran laboratorio de Arqueología Experimental, *Actas del II Congreso Internacional de Arqueología Experimental*, celebrado en Ronda (Málaga-España) el 26, 27 y 28, de Noviembre de 2008, Ronda, Málaga, 493-500.
- MARTÍN I OLIVERAS, A. 2013**, Arqueología del Vino en Época Romana: El Proyecto *Cella Vinaria* y el Complejo Vitivinícola de Vallmora (Teià-Maresme-Barcelona). Nuevas Aportaciones a la Investigación, *Revista Anales de Prehistoria y Arqueología* 25-26, 2010-2011-Actas del Coloquio Internacional "De Vino et Olio Hispaniae", Áreas de producción y procesos tecnológicos del vino y del aceite en la Hispania romana, celebrado en el Museo Arqueológico de Murcia el 5 y 7 de Mayo de 2010, Murcia, 101-127.
- McGOVERN, P. E. 2004**, Le premier vin de l'Humanité, J. P. Brun, M. Poux, A. Tcherna (ed.), *Le Vin. Nectar des Dieux. Génie des Hommes*, Ed. InFolio, Gollion, 33-37.
- MEREDITH, C. P. 2001**, Grapevine genetics: probing the past and facing the future, *Agriculturae Conspectus Scientificus* 66, Ed. University of Zagreb, Croatia, 21–25.
- ROBINSON, J. 1986**, *Vines, Grapes and Wines*, Ed. Mitchell Beazley, London.
- SCHLUMBAUM, A., TENSEN, M., JAENICKE-DESPRÉS, V. 2008**, Ancient plant DNA in archaeobotany, *Vegetation History and Archaeobotany* Vol. 17, N° 2, 233-244.
- TCHERNIA, A. 1986**, *Le vin de l'Italie romaine*, Roma.
- TERRAL, J.-F., TABARD, E., BOUVY, L., IVORRA, S. et al. 2010**, Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars, *Annals of Botany* 105, Ed. Oxford Journals, Oxford, 443-455
- TURNER, S. D., BROWN, A. G. 2004**, *Vitis* Pollen dispersal in and from organics vineyards I. Pollen trap and soil pollen data, *Review of Palaeobotany & Palynology* 129, 117-132.
- VOLPE, R. 2009**, Vino, Vigneti ed Anfore in Roma Repubblicana, *Suburbium II: Il suburbio di Roma dalla fine dell'Età monarchica alla nascita del sistema delle ville (V-Il secolo a.C.)*, Collection de l'École française de Rome 419, Roma, 369-381.
- VOUILLAMOZ, J. F., MCGOVERN, P. E., ERGUL, A. et al. 2006**, Genetic characterization and relationships of traditional grape cultivars from Transcaucasia and Anatolia, *Plant Genetic Resources* 4 (2), Ed. Cambridge Journals, Cambridge, 144-158.

LA CREACIÓ D'UN CAMP EXPERIMENTAL PER A LA PROTOHISTÒRIA A LA FORTALESA ILERGETA DELS ESTINCLELLS (VERDÚ, L'URGELL)

Jordi Morer de Llorens* Ramon Cardona Colell** Conxita Ferrer Alvarez**
Cristina Garcia Dalmau** Josep Pou Vallès *** David Asensio Vilaró* Oriol Saula Briansó****

A finales de 2009 nace la idea de crear un campo experimental de la protohistoria (CEP) en un campo anexo al yacimiento ilergeta los Estinclells (Verdú, Urgell); un yacimiento que retrata de forma excepcional la vida de un poblado ibérico del s. III aC. La propuesta tiene como objetivo crear y concentrar en un solo espacio físico las principales líneas de investigación de la arqueología experimental del mundo protohistórico: la construcción, la agricultura y transformación de productos, especialmente la obtención del aceite de oliva, la ganadería y la fabricación de cerámica.

Arqueologia, experimentación, protohistoria.

At the end of 2009 was born the idea of creating an experimental archaeological field of the Protohistoric Period (CEP), attached to the Iberian settlement of Estinclells (Verdú, l'Urgell). This is a one phase settlement that depicts exceptionally the life of an Iberian village of the third century BC. The proposal wants to concentrate on a single physical space the main research lines of the experimental protohistoric archaeology: building, agriculture and product processing, especially extraction of olive oil, livestock and manufacture of pottery.

337

Archaeology, experimentation, protohistory.

1. INTRODUCCIÓ

El poblat dels Estinclells és un assentament ilerget del segle III aC situat a l'actual terme de Verdú, comarca de l'Urgell. Els treballs duts a terme entre els anys 2002 i 2009 han estat realitzats pel Museu Comarcal de l'Urgell i la Secció d'Arqueologia del Centre d'Estudis Lacetans, dins del marc del projecte d'investigació "Economia i evolució del poblament ibèric a les valls dels rius Corb, Ondara i Sió: Excavació del poblament ibèric dels Estinclells, Verdú" (Fig. 1 i 2).

Es tracta d'un poblat murallat, construït pràcticament en un sol moment durant el segle III aC., format per una

bateria de 21 cases principal ininterrompuda i adossada a la muralla per les bandes nord-oest, oest i sud, un únic carrer perimetral i una gran bassa o cisterna en posició central respecte la meitat oest de l'assentament. A l'extrem nord-est del poblat es documenta una segona bateria de 5 cases de menors dimensions. La zona central del poblat es troba lliure de construccions formant un espai obert (Asensio *et al.* 2009).

Es tracta d'un model d'assentament ibèric de petites dimensions de la zona ilergeta on pràcticament la seva excavació està gairebé exhaurida. Aquestes intervencions han estat finançades per la Generalitat de Catalunya, pel Consell Comarcal de l'Urgell, i per l'Ajuntament

* Món Iber Rocs SL

** Centre d'Estudis Lacetans

*** Universitat de Lleida

**** Museu Comarcal de l'Urgell

Secció arqueologia del Centre d'Estudis Lacetans

<http://www.lacetans.org/cepverdu>

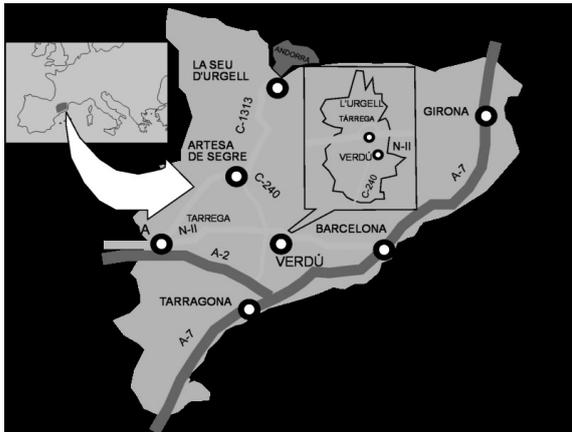


Figura 1. Ubicació de Verdú.

de Verdú. Amb les mateixes fonts de finançament s'han realitzat les tasques de consolidació (Fig. 3).

La proposta de crear un Camp Experimental de la Protohistòria (CEP d'ara en endavant) neix a finals de 2009 quan es comença a plantejar la musealització de la fortalesa. El CEP proposa crear i concentrar en un sol espai físic les principals línies d'arqueologia experimental sobre el món protohistòric peninsular per tal de

permetre donar impuls i difusió a l'experimentació del món ibèric alhora que habilitarà els ponts necessaris per fer-ne també un aprofitament didàctic.

El projecte científic, molt lligat al de difusió, s'encamina a aprofundir en el coneixement d'aspectes que no han pogut desvetllar les excavacions arqueològiques i que tenen a veure amb les activitats que es desenvolupaven al poblat. Es proposa un pla basat en l'experimentació sobre aquells aspectes documentats al mateix jaciment i a d'altres que, tot i no haver estat documentats en el mateix poblat, són part essencial de la cultura ibèrica: la construcció, l'agricultura i transformació de productes, especialment la obtenció de l'oli d'oliva, la ramaderia, la fabricació de ceràmica i altres activitats artesanals.

2. PROJECTE D'ARQUEOLOGIA INTEGRAL. ELS ESTINCLELLS: UN MODEL PROPI

El model proposat és el d'un jaciment que interactuï contínuament amb el públic, amb l'investigador i amb l'administració. Per aconseguir això el jaciment és el centre de tot el projecte i ha d'aconseguir aglutinar tant el diner públic com l'interès de l'investigador i del públic escolar i general. El projecte té la pretensió de ser un complement (al mateix indret) de la visita



Figura 2. Vista aèria del poblat dels Estinclells i l'àrea on es desenvolupa el CEP.



Figura 3. Estructures consolidades del poblat.

des a l'excavació del jaciment, es reproduïx un graner i sitges i també s'hi realitzen altres experimentacions de sedimentació i metal·lúrgiques (Ollich/Rocafiguera 2002, 430-431).

Es planteja un esquema de retroalimentació per guiar la iniciativa que es presenta, fruit d'una intensa tasca de síntesi i difusió dels resultats del procés científic així com de pensar en el paper de l'experimentació en arqueologia i del coneixement científic de la protohistòria. Tot això ha portat a reunir en un sol camp experimental (CEP Verdú) diferents iniciatives que separatament ja es feien i es fan arreu del territori (Sant Esteve d'Olius, Solsonès; Poblat ibèric de Calafell; Forn experimental de Verdú, i altres). En aquesta línia, el projecte del CEP de Verdú pretén fer ús de l'arqueologia experimental com una disciplina polisèmica (Moreno *et al* 2007, 38) que sigui capaç de combinar en un sol projecte l'equilibri de la recerca experimental, amb el sistema educatiu i els valors democràtics de defensa, preservació i promoció del patrimoni cultural.

3. EL VALOR DE L'ARQUEOLOGIA EXPERIMENTAL

L'experimentació en arqueologia és actualment una estratègia d'investigació ben consolidada, la virtua-

del jaciment arqueològic conservat. El resultat serà el d'un complex arqueològic integral, esdevenint un model propi i diferenciat. Per una banda no ha de ser un jaciment més, "sotmès al llenguatge amb què tradicionalment es presenta un jaciment arqueològic, quatre rètols damunt d'un laberint de murs intel·ligibles, sense més ajuda que un petit planell" (Pou *et al.* 1996, 89). Tampoc ha de ser un jaciment que pretengui només preservar les restes físiques del pas del temps. Aquesta és una tasca que s'ha de fer però no ha de ser l'objectiu final que es proposi l'equip d'investigació.

En el desenvolupament d'aquest projecte cal remetre's al model proposat pel professor Peter J. Reynolds de Butser Hill, a Hampshire on al 1972, amb finalitats fonamentalment científiques, utilitzen l'evidència de les excavacions arqueològiques per tal de reproduir controladament estructures i mètodes de treball de les societats prehistòriques a la Buster Ancient Farm. Seguidament, el 1976, va establir una àrea de demostracions amb funcionalitats eminentment didàctiques. Altre referent més proper és el projecte LEAF del jaciment medieval de l'Esquerda a Roda de Ter, iniciat l'any 1990 i també molt influenciat per Reynolds, on es desenvolupa un projecte d'agricultura experimental d'època medieval en una àrea situada al costat del jaciment. En quatre camps de conreu es cultiven les espècies identifica-

litat de la qual ha estat ja prolíxament exposada per diferents autors (Coles 1973; Reynolds 1988, 1989; Bioul 1996). Tanmateix l'experimentació ha estat poc utilitzada en la recerca desenvolupada al nostre país, llevat dels treballs sobre agricultura medieval de l'Esquerda (Ollich *et al.* 1998) o treballs d'experimentació en arquitectura protohistòrica com podria ser el cas de la Ciutadella ibèrica de Calafell (Pou *et al.* 2001) o les reconstruccions de cases del jaciment de Barranc de Gàfols (Morer 2000), on s'han materialitzat diverses propostes reconstructives basades en la documentació obtinguda per les dades aportades en l'excavació del jaciment.

Segons el nostre punt de vista, l'arqueologia experimental neix com un instrument o subdisciplina de l'arqueologia, com un element crític de l'estudi de l'arqueologia, mitjançant la qual es busquen interrogants sobre cultures passades, per estimular novament el procés que va estructurar una hipòtesi arqueològica. Així, l'arqueologia experimental està relacionada amb el procés de comprensió de l'activitat humana, sobretot amb la confirmació o negació de la interpretació de l'activitat humana passada, on mitjançant l'experiment basat en l'evidència recuperada per l'excavació, es permet una millora de les metodologies d'interpretació, d'excavació i anàlisi. Així entenem que l'experiment és el mètode de l'arqueologia experimental. Aquest, en tant que possibilita la repetició de la dada arqueològica, és un mitjà controlat científicament, per tal de determinar si una interpretació arqueològica és viable. És a dir, posarem a prova empírica unes hipòtesis, comparant i observant les correlacions amb els indicis arqueològics, tant en la construcció de l'experiment com en l'anàlisi dels resultats. En aquest sentit cal esmentar que realitzarem dos tipus de pràctiques experimentals. Per una banda l'experiment de laboratori a l'aire lliure amb un control absolut de les dades generades (projecte d'agricultura experimental). Per altra banda l'experiment realitzat mitjançant rèplica el més rigorós possible de l'original (projecte d'arquitectura: les cases 15 i 16; i el projecte d'artesanía: com la reproducció dels forns ceràmics del jaciment d'Hortes de cal Pons).

Òbviament tots els experiments que s'estan realitzant al C.E.P. passen per un procés d'observació i registre (per tal d'aïllar i de no desvirtuar les dades i poder reconduir altres experimentacions de noves hipòtesis) realitzat amb el suport i assessoria de l'empresa SAF¹.

Fruït d'aquesta teorització podríem descriure el procés d'experimentació que es realitza en el C.E.P. com un procés d'aprenentatge on partint d'unes dades originals proveïdes per l'evidència arqueològica, es generen hipòtesis interpretatives que inspiraran l'experiment. Seguidament, aquest experiment generarà altres evidències objectives: dades de l'experimentació, que sotmetrem a un procés de contrastació i correlació amb les dades originàries. A la vegada, fruit d'aquest registre i control de variables es podrà generar un corpus de dades sobre la formació del registre arqueològic

Cal esmentar que altra de les línies de recerca que s'apliquen en el C.E.P. per aprofundir en el coneixement del passat, i com a complement de l'experimentació arqueològica, és el de l'analogia etnogràfica com a mecanisme per a generar hipòtesis reconstructives. Entenem que des de l'analogia etnogràfica és possible la creació d'un corpus de dades aprofitables des de l'òptica de l'arqueologia experimental. Així, des del C.E.P. es pretén potenciar un diàleg controlat (puntual i directe, gens gratuït) entre els dos registres: les dades materials de l'arqueologia i les dades materials de l'etnografia, que ajudaran a la realització de l'experiment, tot registrant les diferents variables.

4. LES DIFERENTS ÀREES EXPERIMENTALS

El projecte CEP Verdú no intervé en la recreació damunt del jaciment, sinó que actua al seu costat, en un gran espai annex al jaciment també de titularitat pública. L'espai annex acull i acollirà les diferents àrees experimentals de recerca (Fig. 4).

Cada àrea pretén ser un laboratori a l'aire lliure per investigar diferents qüestions del passat protohistòric, on cada element integrant és un experiment individual en sí mateix. Creant una estructura de possibilitats que tindrà una gran base validada de dades sobre les diferents experimentacions. L'experimentació de cada àrea parteix o es basa en les evidències arqueològiques de diferents jaciments excavats amb metodologia moderna en el camp de la protohistòria, principalment en el territori català, on òbviament hi tenim més facilitat per a l'obtenció d'aquesta matèria primera que és la dada arqueològica. Serà a partir d'aquesta dada i interpretacions arqueològiques sobretot de la cultura ibèrica, que en el C.E.P. es posaran a prova empírica-

1.- SAF SL. Servei Assessoria de Fertilització (Verdú),

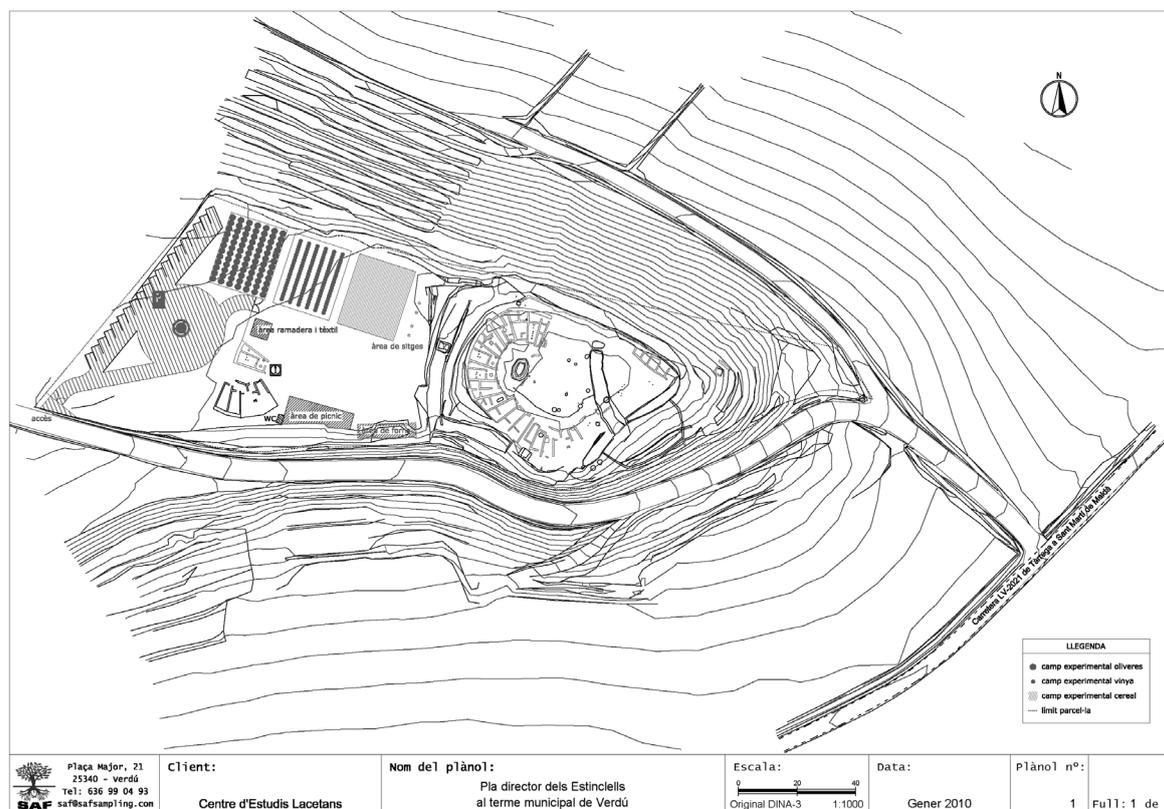


Figura 4. Plànol de situació dels diferents espais experimentals.

ment i controladament aquestes teories i idees extremes de l'observació del registre arqueològic. A partir d'aquestes experimentacions es disposarà de noves dades que caldrà contrastar amb les originals, extraient noves consideracions històriques.

La prioritat de la recerca vindrà marcada per les necessitats de la investigació ibèrica a nivell mediterrani i també per les pròpies incògnites del jaciment dels Estinclells. En aquest sentit algunes de les àrees de treball ja són actives, com les experimentacions que s'estan duent actualment sobre agricultura antiga dirigides per una equip de la Universitat de Lleida o la restitució experimental d'alguns dels edificis del jaciment a càrrec de la Secció d'Arqueologia del Centre d'Estudis Lacetans juntament amb Món Iber Rocs SL. El mateix Centre d'Estudis Lacetans i Ibercalafell fa tres anys que investiguen sobre el procés de creació de la ceràmica ibèrica. Les àrees experimentals projectades són les següents:

4.1. ARQUITECTURA

En aquesta àrea l'evidència arqueològica on s'inspira l'experimentació seran les dades extretes del jaciment de els Estinclells de Verdú². Es realitzarà la restitució de les cases 15 i 16 a partir dels mateixos materials documentats a l'excavació del jaciment i emprant tècniques d'arqueologia experimental. Per complementar la informació s'usen dades d'altres jaciments i un estudi etnogràfic realitzat pels mateixos membres de l'equip al nord d'Àfrica, a la zona de l'Atlas i Antiatles magrebí, entre els anys 2008-2009. L'especificitat d'aquestes cases és que alberguen les restes en molt bon estat d'un taller de premsat d'oli i raïm. Aquest projecte ja està iniciat i està previst acabar-lo d'executar en el bienni 2012 – 2013, dins el projecte concedit d'ajuts a la recerca RecerCaixa 2011³.

2.- Sobre aquest apartat ens remetem a altre article d'aquesta reunió on s'explica el projecte de reconstrucció experimental d'aquests recintes en el C.E.P.

3.- El projecte es titula "El patrimoni artístic i cultural com a motor de desenvolupament social i econòmic. Arqueologia Experimental al Camp d'Experimentació de la Protohistòria de Verdú (CEP): recerca i servei als centres educatius"

4.2. ARTESANIA

Aquest projecte pretén reproduir i registrar la reproducció d'un forn ceràmic d'època ibèrica i la seva posada en funcionament, per tal d'investigar i aprofundir en el coneixement de l'elaboració de la ceràmica ibèrica i els processos de fabricació. L'evidència arqueològica que basarà aquesta experimentació serà les dades obtingudes al recentment excavat assentament de producció ceràmic ibèric d'Hortes de Cal Pons al terme municipal de Pontons, a l'alt Penedès. Es tracta d'un assentament especialitzat en la producció de ceràmica ibèrica, especialment àmfora, on s'ha localitzat ara per ara, un total de 6 estructures de forns ceràmics que presenten cambres de cocció de planta circular sobre una cambra de combustió de planta el·líptica amb pilastra central que suporta una graella refeta en diverses ocasions. Aquest projecte ja està iniciat i està previst acabar-lo d'executar en el bienni 2012–2013, dins el projecte RecerCaixa 2011. Altrament també hi afegiríem les dades extretes de la restitució experimental del forn de la Casa Grande (Alcalà de Xúquer, Albacete). Aquesta experimentació s'està realitzant en terrenys del ceramista Enric Orobitg al mateix poble de Verdú.⁴

4.3. AGRICULTURA

342

La proposta en agricultura i arqueobotànica experimental contempla diverses línies de recerca, per un costat el conreu de diverses espècies, principalment cereals (blat comú i ordi vestit) en un primer termini, i vinya i olivera en un futur proper. El conreu dels cereals està reservat a l'àrea occidental del CEP i està estructurat en dues àrees, una dedicada a l'experimentació pròpiament científica i l'altra al projecte didàctic. L'ordi vestit i el blat comú/dur són els cereals principals en les mostres arqueobotàniques de la plana occidental catalana. Les varietats conreades al CEP són relativament antigues, de la primera meitat del segle XX (blat xeixa Montjuïc i ordi hexàstic Hatif de Grignon) de manera que permetrà obtenir respostes de les plantes, de conèixer els tractaments com la batuda o l'espellofat que s'aproximarà més a les protohistòriques que a les actuals, encara que amb totes les reserves. Per un altre costat s'està duent a terme una experimentació sobre la construcció de sitges de diverses morfologies i amb diverses eines de fusta i metàl·liques, i sobre la seva utilització i amortització.

4.4. METAL·LÚRGIA

Es tracta de reproduir la cadena operativa d'extracció i producció de ferro a partir dels rebutjos o escòries ca-

racterístics que es troben a les excavacions. El projecte ha d'aclarir els sistemes de reducció i reconstruir tota la cadena operativa siderúrgica. Altres temes seran la tècnica del temprat del ferro i l'estudi d'eines del camp i armament. Aquest projecte, ara per ara i per raons econòmiques, està previst a més llarg termini.

4.5. TÈXTIL

Reproducció de les condicions necessàries per obtenir teixits de llana semblants als existents en època ibèrica. La idea és poder estudiar i restituir el procés de tintat de teixits i fibres. Cal saber com s'obtenien i preparaven les filatures, com s'eliminaven les impureses, com es feia el procés d'ensimatge o lubricació (interacció amb els derivats grassos de la premsa). Aquest projecte, ara per ara i per raons econòmiques, està previst a més llarg termini.

5. L'ESPAI FÍSIC DEL CEP

5.1. ACCESSOS I SENYALITZACIÓ

L'accés principal es produeix des de la carretera LV-2021 que uneix Tàrraga i Sant Martí de Maldà. El tossal s'ubica dins de la partida dels Estinclells entre el quilòmetre 7 i 8 d'aquesta carretera i a uns 5 quilòmetres de la vila de Verdú.

5.2. APARCAMENT I RECEPCIÓ DE VISITANTS

L'actual proposta d'aparcament es troba a l'entrada del jaciment. Aquí el projecte reserva una àrea de 1.200m² per a l'aparcament i la recepció de visitants.

5.3. RECEPCIÓ DE VISITANTS

L'edifici de recepció de visitants està previst a l'interior del recinte arqueològic i experimental, just al costat de l'aparcament. L'originalitat de l'edifici de recepció és que serà la casa 1 del jaciment restituïda a la zona experimental. Passats els tres anys previstos d'experimentació arqueològica en aquest edifici incorporarà sistemes energètics sostenibles.

5.4. PROPOSTA DE RECORREGUTS I PUNTS DE PARADA

(Fig. 5 i 6)

Un cop traspasada l'àrea de recepció, l'usuari ha d'iniciar la visita del conjunt arqueològic. Aquest estarà for-

4.- Sobre aquest projecte de reconstrucció del forn de la Casa Grande ens remetem a l'article que es presenta en aquesta reunió.

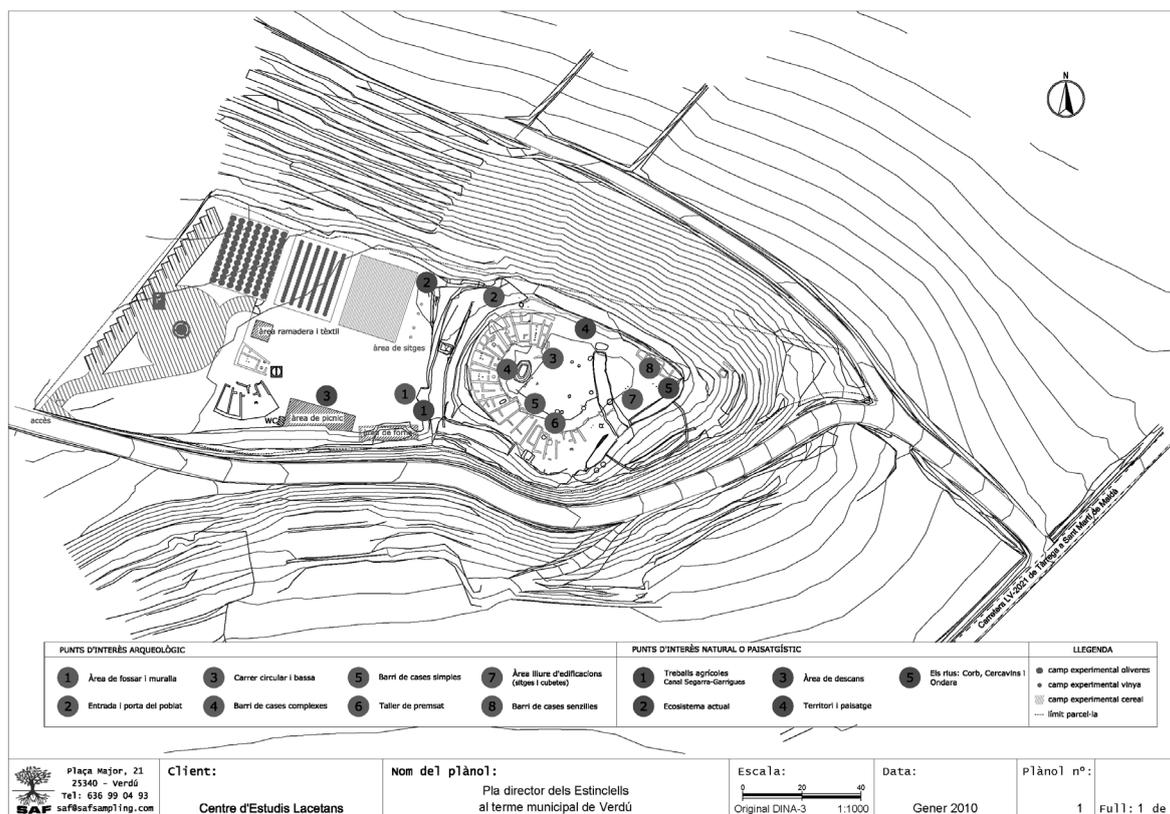


Figura 5. Plànol de situació dels punts d'interès arqueològic i paisatgístic.

mat per dues àrees principals, en primer lloc el Camp d'Experimentació de la Protohistòria, i al fons el jaciment ibèric dels Estinclells.

5.5. ORDENACIÓ DEL CEP (CAMP D'EXPERIMENTACIÓ DE LA PROTOHISTÒRIA)

L'adequació i reorganització de tot aquest espai de 6.000 m² va en funció dels usos experimentals establerts per aquesta zona. Es proposa crear diferents àrees de treball experimental amb una zona central lliure per a usos generals i de pas, que a més a més no perjudiqui la vista frontal del jaciment arqueològic.

5.6. ADEQUACIÓ DE LA VISITA I PUNTS D'INTERÈS

El recorregut del camí s'estableix en funció de la ubicació de les diferents restes i punts d'interès per l'usuari de l'equipament. Al llarg del recorregut es marcaran aquestes parades, que es proposa que siguin de dos tipus, segons el plànol de recorreguts i punts de parada. En vermell, els punts d'interès arqueològic, en relació a la visita de la fortalesa ibèrica dels Estinclells. En verd, punts d'interès natural o paisatgístic.

5.7. PUNTS D'INTERÈS ARQUEOLÒGIC.

1. ÀREA DE FOSSAR I MURALLA.
2. ENTRADA I PORTA DEL POBLAT.
3. CARRER CIRCULAR I BASSA.
4. BARRI DE CASES COMPLEXES.
5. BARRI DE CASES SIMPLES.
6. TALLER DE PREMSAT.
7. ÀREA LLIURE EDIFICACIONS. SITGES I CUBETES.
8. BARRI CASES SENZILLES.

5.8. PUNTS D'INTERÈS NATURAL O PAISATGÍSTIC.

1. TREBALLS AGRÍCOLES. CANAL SEGARRA-GARRIGUES.
2. ECOSISTEMA ACTUAL.
3. ÀREA DE DESCANS.
4. EL TERRITORI I PAISATGE.
5. ELS RIUS CORB-XERCAVINS-ONDARA.

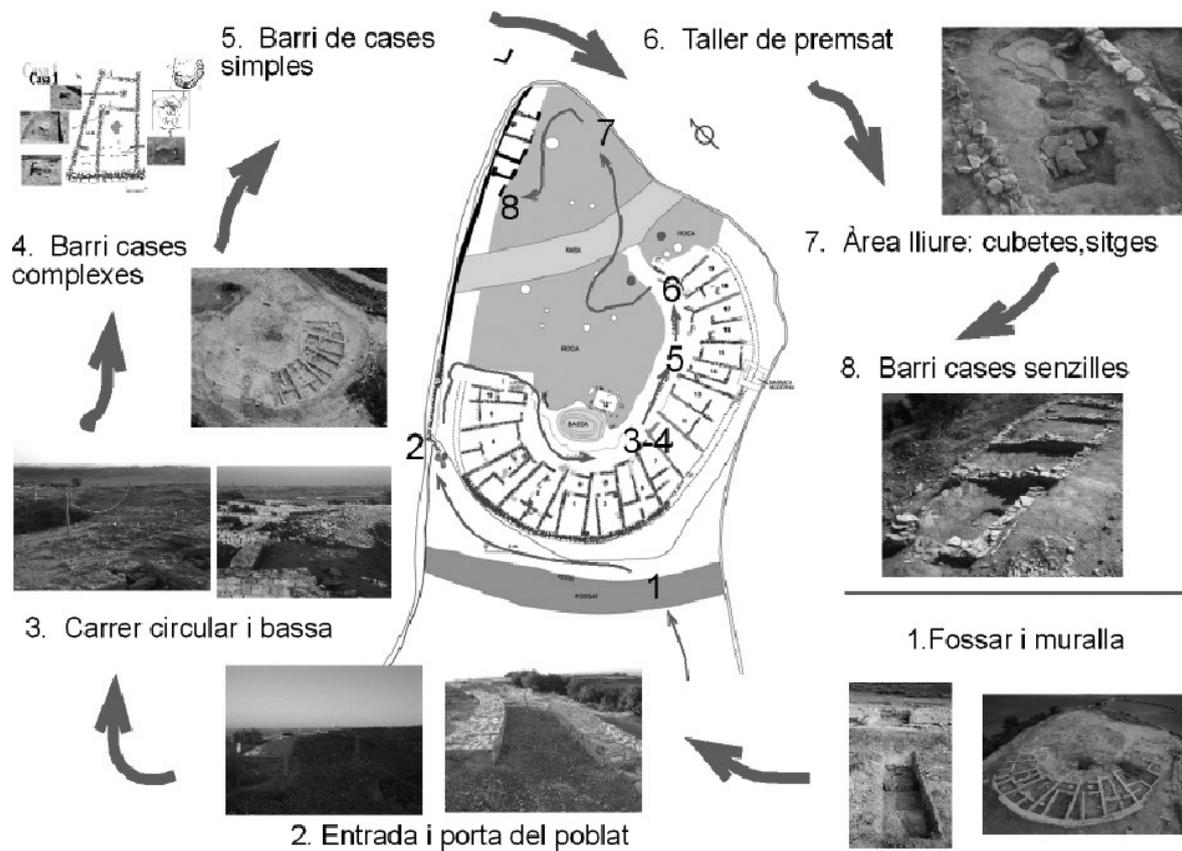


Figura 6. Punts d'interès de l'interior del jaciment dels Estinclells.

6. INTERACCIÓ AMB L'ENTORN

El caràcter integral del projecte farà que hi hagi una interrelació constant entre les diferents àrees de recerca, de tal manera que les especialitzacions pròpies de cada recerca puguin tenir una repercussió més gran, tal com succeeix en qualsevol model social.

La relació i repercussió al municipi i l'entorn s'estableix a partir de la col·laboració amb empreses privades i entitats del poble:

- SAF SL. Servei Assessoria de Fertilització (Verdú). Empresa pionera en serveis al sector agropecuari, de diagnòstic i d'actuació a tot tipus d'explotacions agropecuàries. La col·laboració iniciada amb aquesta empresa ha servit per monitoritzar algunes de les experimentacions iniciades.
- LAB-FERRER. Laboratori i assessoria (Cervera). Empresa dedicada a l'anàlisi d'aliments i assessoria. El projecte CEP ja utilitza tecnologia d'aquesta empresa i està previst aplicar sofisticats sistemes de control a diverses de les experimentacions que es faran en un futur.
- Fundació Tekhnikos (Verdú). Aquesta fundació desenvolupa mitjans tècnics, programes i serveis, amb

l'objectiu doble d'oferir propostes pròpies i d'acollir projectes aliens en l'àmbit del que avui es coneix com a societat del coneixement. La col·laboració amb aquesta entitat es produirà a través del seu programa PLANETARIUM, que aprofitarà la instal·lació futura del seu Planetari per difondre "El Cel dels ibers" i tot el projecte CEP dels Estinclells.

- Centre d'Interpretació de l'Escola Rural (Verdú). El Centre d'Interpretació de l'Escola Rural pretén potenciar els principis educatius que han fet de l'escola rural una escola integradora, arrelada al territori i dinamitzadora de la cultura als pobles, però adaptant-la dins el marc de la societat actual i les noves tecnologies. La consecució d'aquest projecte, ja aprovat, portarà a establir uns lligams segurs amb el CEP.

- Taller Obert d'Enric Orbitg (Verdú). El Taller Obert és una proposta educativa existent a Verdú des de fa uns anys de caràcter interdisciplinari adreçat a alumnat de tots els cicles amb l'objectiu de desenvolupar la creativitat i la màgia del món de la ceràmica. La col·laboració del CEP i el Taller Obert ja va començar el 2009 quan es va decidir realitzar una rèplica experimental del forn de la Casa Grande (Alcala de Júcar).

- **Museu Comarcal de l'Urgell (Tàrraga).** Des del Museu Comarcal de l'Urgell s'ha programat activitats didàctiques, entre les quals s'ofereix un quadern didàctic sobre el món ibèric "Descobreix l'Urgell Ibèric" i una visita guiada al jaciment ibèric dels Estinclells de Verdú.

- **Altres entitats**

Hi ha altres entitats a Verdú amb les quals es podran establir col·laboracions puntuals o contínues com són: Cal Talaveró. Centre d'Art, Associació de Terrissers i Ceramistes El Vilar, Associació Dones Argila, Associació Cultural Xercavins i altres.

7. BIBLIOGRAFIA

ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., GARCIA, C., MORER, J., POU, J., SAULA, O. 2009, L'arquitectura domèstica en el nucli fortificat ilergeta del Estinclells (Verdú, Urgell) segle III aC, *L'espai domèstic i l'organització de la societat a la protohistòria de la mediterrània occidental (Ier Mil·leni aC)*, Actes de la IV Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 6 al 9 de març de 2007), Arqueomediterrània 11, 125-142.

BIOUL, B. 1996, Archéologie expérimentale ou expérimentation archéologique?, *Revivre le passé grâce à l'archéologie, Dossiers de l'Archéologie* 216, 3-5.

COLES, J. 1973, *Archaeology by Experiment*, Londres.

MORENO, F., SÁNCHEZ M., TERROBA, J., ALFONSO, J. A., MARTÍNEZ, G., MORGADO, A., MORENO, J. C. 2007, Un proyecto integral de arqueología experimental: El poblado de la Algaba (Ronda, Màlaga), *Arqueología Experimental en la Península Ibérica: Investigación, didáctica y patrimonio*, Santander, Asociación Española de Arqueología Experimental, 37-44.

MORER DE LLORENS, J. 2000, L'experimentació en arquitectura protohistòrica: Les cases del Barranc de Gàfols, Memòria de Llicenciatura codirigida per Dr. Joan Sanmartí i Dra. M^a Carme Belarte, Departament de Prehistòria, H^a Antiga i Arqueologia de la Universitat de Barcelona (Tesina inèdita).

OLLIICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M. (coord.) 1998, *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda*, 1991-1994, Barcelona, Monografies d'Arqueologia Medieval i Postmedieval 3.

OLLIICH, I., ROCAFIGUERA, M., 2002, L'Esquerda: de la sembra a l'emmagatzematge, experimentació arqueològica sobre tècniques agrícoles medievals, *Actes de la VI Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, 429-436.

POU, J., SANMARTÍ, J., SANTACANA, J. 1996, Hipòtesis constructives i experimentació a la ciutadella ibèrica de Calafell, *Miscel·lània Penedesenca* XXIV, 87-106.

POU, J., SANTACANA, J., MORER, J., ASENSIO, D., SANMARTÍ, J. 2001, El projecte d'interpretació arquitectònica de la Ciutadella ibèrica de Calafell (Baix Penedès), *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània*, Actes de la 1^o Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 20, 21, 22 de gener de 2000), Arqueomediterrània 6, 95-116.

REYNOLDS, P. J. 1988, *L'arqueologia experimental. Una perspectiva de futur*, Vic, Eumo.

REYNOLDS, P. J. 1989, L'experiment en arqueologia i l'antiga granja Butser, *Tribuna d'Arqueologia* 1988-1989, 131-138.

L'ESQUERDA, 20 ANYS DE CONREU EXPERIMENTAL

Imma Ollich Montserrat de Rocafiguera Maria Ocaña Carme Cubero

El proyecto LEAF, dedicado a la arqueología experimental, se desarrolla en unos terrenos junto al yacimiento arqueológico de l'Esquerda (Roda de Ter, Barcelona) desde el año 1991. De todos los experimentos que se llevan a cabo destaca el del cultivo de especies antiguas identificadas arqueológicamente en el yacimiento. Se reproduce el sistema de rotación trienal (cereal - barbecho - leguminosas) de otoño y de primavera, la rotación bienal (cereal - barbecho), y la producción en terreno abonado y sin abonar. Hoy, después de 20 años de cosechas, los resultados se pueden empezar a considerar significativos, y aportan informaciones importantes sobre el rendimiento de las cosechas,

La Esquerda, agricultura experimental, Edad Media.

The LEAF project, devoted to experimental archaeology research, is developed since 1991, in a field next to the archaeological site of L'Esquerda (Roda de Ter, Osona). Among all the experiments carried there, the growing of ancient species, archaeologically registered in the site, is the most important one. We reproduce there the three-field rotation system (cereals- fallow-beans) in winter and spring sown, the two-field system (cereals-fallow), and cerealistic production in manured and non-manured soil. Nowadays, after 20 years of crops, the results can be considered significant, and supply some important informations about crop yields, the process of soil depletion, and the total link between agriculture and climatology in the Middle Ages.

L'Esquerda, experimental agriculture, Middle Ages.

1. INTRODUCCIÓ: ANTECEDENTS ARQUEOLÒGICS

L'Esquerda és un jaciment arqueològic situat a la comarca d'Osona, prop de la vila de Roda de Ter, al Municipi de les Masies de Roda. Ocupa una península de 12 Ha, espadada sobre el riu Ter, en un dels darrers meandres que aquest configura entre la plana de Vic i les Guilleries. Aquest espai, proveït d'unes evidents defenses naturals, només és accessible pel nord, on s'hi troben les diferents fortificacions.

En aquest indret tan particular s'hi documenta ocupació humana des de finals de l'edat del bronze fins a la fi de l'edat mitjana. Fins ara, les etapes més ben conegudes del jaciment són el període ibèric ple, amb un *oppidum* fortificat, amb una potent muralla i torres massisses, que perviurà des de mitjan segle V aC fins a inicis del segle II aC; i el poblat baix medieval entorn

de l'església romànica de Sant Pere (Ollich/Rocafiguera 2000). Recentment, però, s'ha ampliat el coneixement a d'altres moments històrics: un possible horitzó ibèric antic (Rocafiguera/Ollich/Ocaña 2012), un camp de sitges alt-medieval, les restes d'una torre carolíngia, pertanyent a l'entramat defensiu de la primera frontera del Ter, i un assentament alt-medieval entorn d'una església preromànica. Aquesta llarga seqüència d'ocupació, de gairebé 2500 anys és un dels elements més importants d'aquest jaciment arqueològic.

A la campanya de 1986, al poblat baix-medieval, es van localitzar les restes d'una estructura singular. Es tractava d'un edifici quadrat de 5 m de costat, fet amb sòcol de pedra i on s'intuïa una paret de tàpia. La cara interna dels murs estava tota ella arrebossada amb guix, cosa que va fer que es reservés la totalitat de la terra i s'hi realitzessin anàlisis paleocarpològiques. Després d'un nivell d'enderroc de la coberta, i dels murs de tàpia,



Figura 1. El jaciment de l'Esquerda (Roda de Ter, Osona). A primer terme, l'ÀREA de recerca experimental.

348

hi va aparèixer un nivell combustionat, amb restes de compartiments vegetals arrebossats d'argila. A la base de la roca s'hi van documentar un seguit de forats de pal que donaven lloc als diversos compartiments, separats amb un entramat vegetal i argila. El terra també presentava marques d'haver estat enlluït (Ollich/Cubero 1990).

Les anàlisis paleocarpològiques del sediment combustionat van evidenciar que es tractava d'un graner. Entre les restes individualitzades hi destacava la presència de cereals, de lleguminoses, algunes restes de raïm i diverses plantes adventícies. (Ollich *et al.* 2012).

La identificació d'aquest graner medieval del segle XIII i de tot el seu contingut va fer que des de l'Esquerda s'entrés en contacte amb l'equip de la Butser Ancient Farm (Petersfield, Anglaterra), i amb el seu director, el Dr. Peter J. Reynolds, que havia dissenyat una nova metodologia d'anàlisi de les evidències arqueològiques, que ell va anomenar arqueologia experimental

(Reynolds 1988). En estreta col·laboració amb el Dr. Reynolds i el seu equip, es va iniciar el projecte LEAF de recerca experimental a l'Esquerda, l'any 1990.

2. L'ÀREA DE RECERCA EXPERIMENTAL DE L'ESQUERDA

L'àrea de recerca experimental de l'Esquerda (ÀREA) es troba al costat del jaciment, en un camp de conreu d'uns 4800 m² que l'Ajuntament de Roda de Ter va cedir a la Fundació Privada l'Esquerda amb el fi que es pogués fer servir per a la recerca experimental. En aquest espai s'hi porta a terme el projecte LEAF de recerca experimental, finançat a través de projectes DGICYT del Ministerio de Educación y Cultura¹. L'espai també té la funció de museu a l'aire lliure, i s'hi realitzen activitats per a la difusió del coneixement generat per la recerca experimental. Des de l'any 2009 forma part de la xarxa internacional EXARC.

1.- Fins a l'actualitat, s'han dut a terme 5 projectes sobre Arqueologia Experimental que compten amb l'aprovació i el finançament de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica, del Ministerio de Educación y Ciencia: PB90-0430, PB94-0842, PB98-1241, HUM2004-5280/HIST, HAR2008-00871/HIST. Els membres de l'equip investigador són: Imma Ollich, David Serrat, M. Ángeles del Rincón, Joan S. Mestres, Manuel Riu (+), Irene Llop, Peter J. Reynolds (+), Christine E. Shaw, Joan A. Adell, Oriol Amblàs, Consol Blanch, Antoni Caballé, Carme Cubero, Pau Espona, Anna Gutiérrez, Jordi Martí, Maria Ocaña, i Montserrat de Rocafiguera. En són col·laboradors, Fina Blancafort (+), Albert Pratdesaba i M.Àngels Pujol.

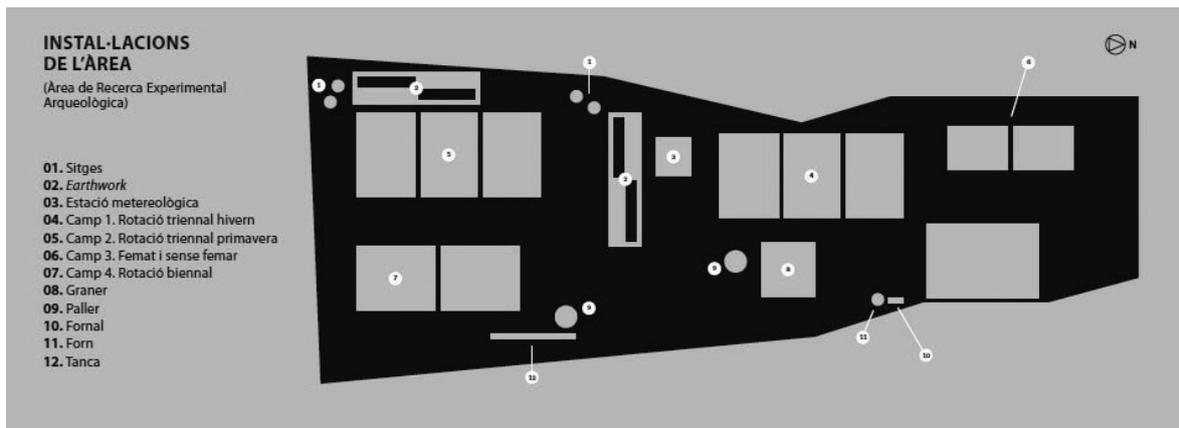


Figura 2. L'àrea de recerca experimental de l'Esquerda. Distribució dels camps de conreu i dels altres experiments.

A l'ÀREA s'hi desenvolupen diversos projectes de recerca: a partir del primer, de caràcter agrícola, s'han desenvolupat programes de construcció i emmagatzematge, de tècniques de treball de la terra, i de fabricació i d'ús d'instrumental associat al treball del camp. Paral·lelament també s'hi porten a terme estudis sobre erosió i sedimentació, i sobre les traces arqueològiques de construccions vinculades al món agrari fetes amb materials peribles, com les tanques, pallers i sitges entre d'altres (Ollich et al. 2012).

3. EL PROJECTE AGRÍCOLA

Entre tots els experiments portats a terme a l'ÀREA de l'Esquerda, l'estudi agrícola és sens dubte el més important. El projecte va iniciar-se el 1991, amb la qual cosa es compta ja amb les dades de 20 anys ininterromputs de collites. Els experiments es realitzen en 4 camps. El camp 1, de tres fulles, es dedica a la rotació triennal (cereal-lleguminoses-guaret) en conreu de tardor; el camp 2, també de tres fulles, es dedica igualment a la rotació triennal (cereal-lleguminoses-guaret) en conreu de primavera. El camp 3, en conreu de tardor i de primavera, està dedicat a l'estudi comparatiu del creixement dels cereals en terra femada i no femada. Finalment, el camp 4, de dues fulles, en conreu de tardor, està dedicat a la rotació biennal (cereal - guaret).

Les espècies cultivades a l'Esquerda són: pel que fa als cereals, el *Triticum dicoccum* (espelta bessona), el *Triticum monococcum* (espelta petita), l'*Hordeum vulgare* (ordi vestit), el *Triticum spelta* (espelta), i el *Secale*

cereale (sègol). En un primer moment es va cultivar també el mill (*Panicum miliaceum*), que no es va fer servir per a la sistemàtica dels experiments. Les lleguminoses són les faves (*Vicia faba major*) i els favons (*Vicia faba minor*), i en algun moment puntual s'han conreat les veces (*Vicia sativa*). Totes aquestes espècies es localitzen carbonitzades al sediment del graner de l'Esquerda. La major part de les llavors sembrades procedeixen dels conreus de la Butser Ancient Farm, i van ser obtingudes pel Dr. Reynolds de diferents àrees residuals on encara es cultivaven aquestes espècies antigues. Per exemple, el *Triticum dicoccum* prové d'uns camps de Síria i l'*Hordeum vulgare* de les illes Shetland al nord d'Escòcia.

El *Triticum dicoccum* i l'*Hordeum vulgare* són els cereals cultivats en els camps 1, 2 i 4. Tanmateix, a partir del 2005, la paulatina extinció de l'ordi va fer que fos substituït pel *Triticum monococcum*. Al camp 3 es cultiven el sègol i l'espelta. Durant tot el procés agrícola se segueix un protocol de manera que l'experiment resulti sistemàtic. Aquest és similar al de la Butser Ancient Farm, cosa que en permet la comparació de resultats.

El procés de llaura dels camps s'ha realitzat puntualment de manera experimental, fent servir una arada antiga tirada per una euga. A partir de l'estudi del grau de penetració de l'arada en el sòl, i del procés de tombat de la terra, es realitza generalment amb mitjans mecànics. La sembra a l'Edat Mitjana és documentada a partir de dues tècniques: la sembra a *voleia*, en la qual un sembrador escampa la llavor que cau al damunt del camp, i la sembra en *restos* o solcs, en la qual es caven petits recs separats entre ells uns 30 cm

2.- Al mas *Cal Xiquet* d'Arbúcies, als anys 30 i 40 del nostre segle, el cereal encara se sembrava a solcs per tal d'estalviar una llavor molt preuada i molt escassa. Informació oral proporcionada per M. Àngels Auledes, CCV (1922 -2012), filla del mas.



Figura 3. El graner i els camps experimentals de l'Esquerda.

350

on es diposita la llavor i es cobreixen. A l'Esquerda la sembra es realitza per aquest darrer mètode, que permet estalviar llavor, i que es troba documentat encara en els masos pobres de Catalunya fins a la postguerra civil¹, i que d'altra banda facilita el treball de la sembra a persones no experimentades i afavoreix el control sistemàtic de la collita.

Durant tot el procés de creixement i abans de la sega, es realitzen controls setmanals de les collites i es fa un seguiment de la meteorologia. Abans de la collita es fan estudis de les males herbes i es mesuren les alçades de les tiges (una mostra de 500 per als camps de rotació triennal, més grans, i de 300, per a la resta).

La sega es fa pel sistema tradicional, amb falç i lligant les garbes. Prèviament, de cada camp se n'extreuen 5 o 3 mostres d'1 m² a l'atzar, que serviran per a l'estudi agrícola. La resta de cereal es porta a l'era on es bat amb batolles de fusta, es venta, es garbella i s'emmagatzema. A l'Esquerda s'utilitza el cereal obtingut com a llavor per a les collites següents, a excepció d'alguns intercanvis puntuals amb la Butser Ancient Farm.

4. METODOLOGIA D'ANÀLISI

Abans de passar al comentari dels resultats agrícoles, cal fer algunes consideracions sobre els criteris que se segueixen per a l'obtenció de les dades. Cal dir que aquests deriven de la metodologia ja desenvolupada a la Butser Ancient Farm (Reynolds/Shaw 1999).

Pel que fa al procés de sembra, cada any es calcula la quantitat de llavor sembrada. S'ha constatat que, a més de ser una quantitat molt irregular degut a la diversitat de persones a l'hora de realitzar la sembra i a la manca d'experiència, hi ha una tendència molt elevada a sobresemar el sòl. Els autors antics, com ara Plini el Vell, a la seva Història Natural, proposen, per a la sembra *a voleia* una quantitat de 150 Kg de llavor per Ha. Per a la sembra *en restos*, es proposa una mesura d'uns 75 kg/Ha. Aquesta quantitat, ja utilitzada per Reynolds en les primeres anàlisis a l'Esquerda (Reynolds 1997), és la que s'ha fet servir per fer el càlcul de rendiments.

El control del creixement es fa de manera qualitativa durant tot el procés, i de manera estadística durant la maduració del cereal. Pel que fa a la collita, se segueixen separatament 5 o 3 parcel·les d'un metre quadrat, segons el camp. De cada una d'aquestes mostres les espigues es compten, es pesen i se'n fa l'anàlisi de detall.

Un primer nivell de resultats són les dades generals de rendiment de les collites. Actualment el rendiment del blat es mesura en Tm/Ha, unitat que es fa servir sobretot a partir de la revolució industrial, quan l'element crític per al rendiment de les collites és el sòl. A l'antiguitat, en canvi, el recurs crític era la llavor, i a la documentació antiga els rendiments es mesuren a tant per u, és a dir, la quantitat de llavor obtinguda per cada llavor sembrada (Salrach 2009, 84). A l'Esquerda les dades de rendiment s'obtenen a partir dels resultats de les mostres de metre quadrat segades separatament, comptades i pesades. A partir d'aquí es realitza una anàlisi més

acurada sobre la qualitat de la llavor. Totes aquestes informacions s'acumulen en una base de dades que, en el futur, permetrà obtenir resultats molt més precisos.

5. RESULTATS

En aquest apartat presentem els resultats de les collites experimentals a l'Esquerda durant el període 1993-2010. Cal dir que les dades de la primera collita (1991-1992) no s'hi han tingut en compte, d'una banda, pel fet que els camps havien estat utilitzats per al conreu convencional fins a la collita anterior, i per tant el factor de creixement podria estar alterat pels nutrients químics, i de l'altra, perquè en aquesta primera collita es

va experimentar amb espècies diferents (mill, veves), que es van desestimar en les collites posteriors.

A la figura 4 es presenten els resultats de la collita dels cereals per espècies. A nivell global, s'observa clarament que unes són molt més rendibles que altres. Entre les de major rendibilitat global s'hi observen el *Triticum dicoccum* i el *Secale cereale*, mentre que s'han demostrat molt poc rendibles l'*Hordeum vulgare*, especialment en collita de tardor, i el sègol i espelta en collita de primavera.

Una anàlisi més detallada dels resultats per espècies i per anys ens permet observar clarament el rendiment molt irregular de cada camp, i les diferències de comportament de cada espècie ateses les matei-

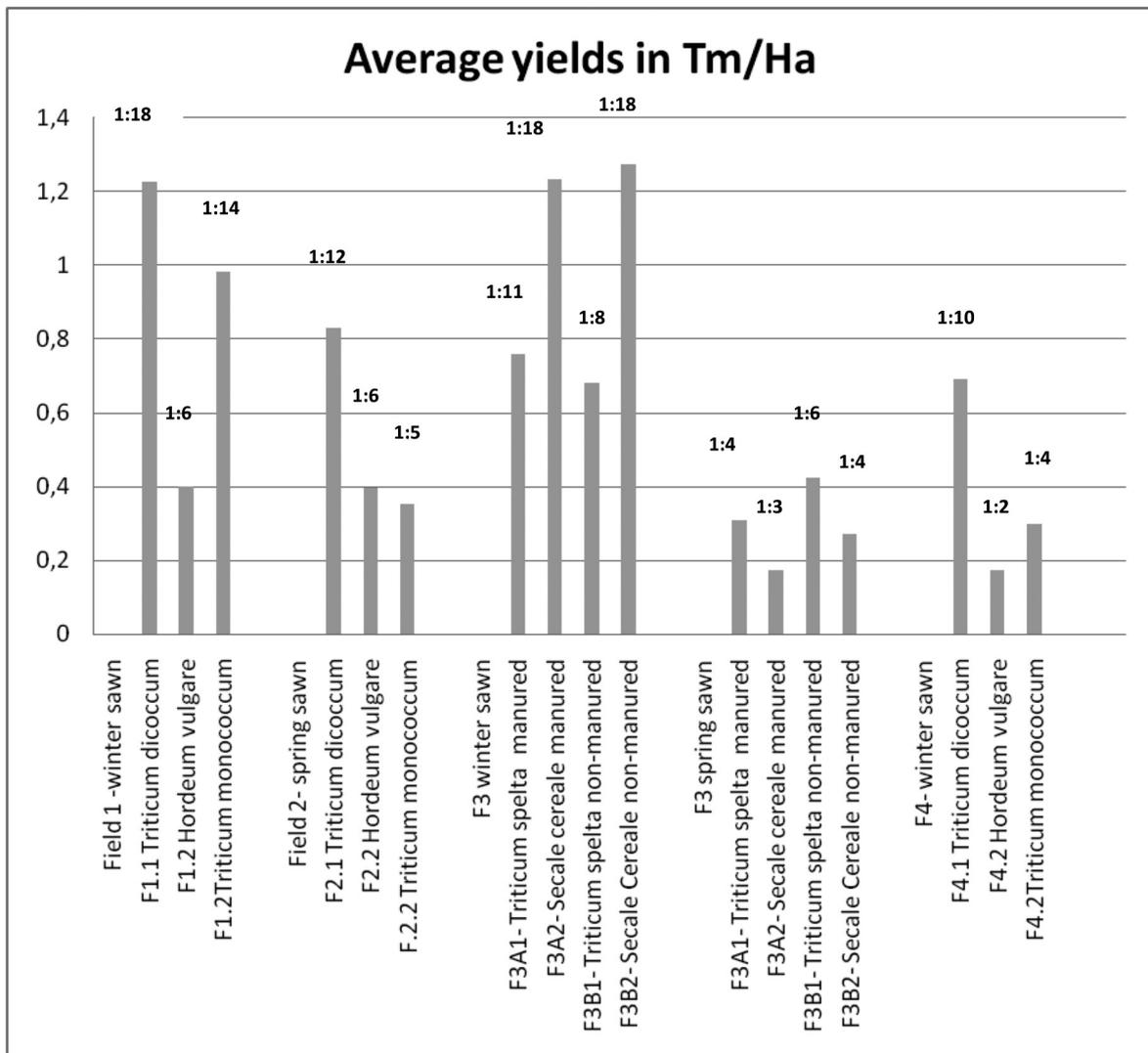


Figura 4. L'Esquerda: Rendiments globals del cereal per espècies.

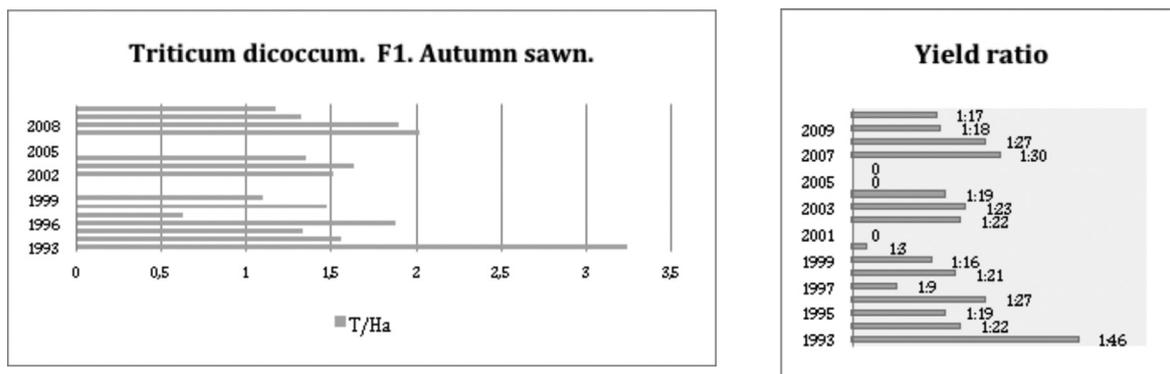


Figura 5. L'Esquerda: Rendiment del Camp 1 A (*Triticum dicoccum*).

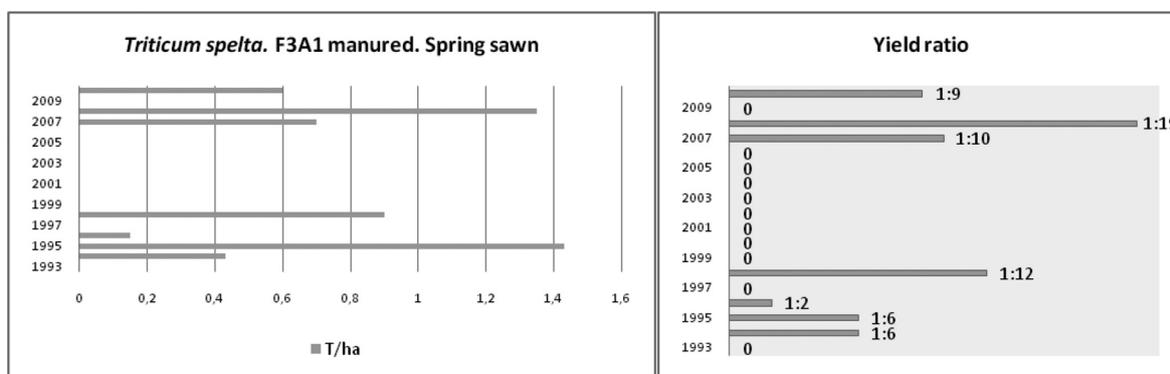


Figura 6. L'Esquerda: Rendiment del camp 3A1 de primavera (*Secale cereale*).

xes condicions meteorològiques, cosa que justifica l'alternança de conreus de primavera i d'hivern i la diversificació de les espècies. Les figures 5 i 6 són un exemple.

6. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

Els resultats obtinguts després de 20 anys de conreus experimentals a l'Esquerda permeten donar una primera visió de l'agricultura medieval des de l'òptica de l'arqueologia, i contrastar aquestes dades a partir del registre documental.

El primer que cal destacar és que el rendiment, tant a nivell global com encara més per espècies, és extremadament irregular. Les causes, de totes maneres, no són altres que els factors meteorològics. En tots aquests anys no s'ha produït cap situació excepcional que expliqui un rendiment nul de la collita (com per exemple la dels anys 2005 i 2006 en què no es va collir res de cap dels camps) més enllà de la manca o l'excés de pluges, i d'alguna calamarsada abans

de la sega. Per espècies, es constata que en totes s'han produït episodis de collita nul·la, cosa que explica clarament la necessitat del policultiu i les sembrades de primavera (les sembrades de març dels documents medievals), que, tot i ser menys rendibles, són una assegurança en cas de fallida de la collita de tardor.

En segon lloc, cal destacar que en 20 anys, la terra no ha donat encara símptomes evidents d'esgotament, mentre que la llavor sembla que ha experimentat una certa reducció del seu volum. Caldrà estudiar més acuradament les causes de l'esgotament fins a la total desaparició de la llavor de l'*Hordeum vulgare*, que no sembla correspondre amb el comportament que té aquest cereal a la Plana de Vic.

Finalment, cal assumir que, a nivell de rendiments, les dades produïdes experimentalment donen, a l'Esquerda, uns resultats millors que les que proporcionen les fonts documentals, no sols les procedents d'inventaris, sinó també les que esmenten els tractadistes clàssics. Per exemple, Columel·la acceptava com a bona collita aquella que produïa l'1:4 (4 per 1)

(Columela, 3.3). Sembla clar que les collites d'1:20 no es van aconseguir sistemàticament fins a la Revolució Industrial, i que a Catalunya, a l'edat mitjana, el rendiment de les collites no passava d'un 1:3 o d'un 1:4 (Freedman 1993, 64). Tot i així, cal tenir en compte que la Bíblia –simbòlicament– parla de collites que donen 1:30; 1:60 i 1:100 (Mt. 13,8) mesures que, de manera excepcional, es devien haver vist algunes vegades.

Tot i que calen més cicles llargs de collites, i dades d'altres llocs per poder tenir uns resultats més fiables, el que sembla quedar clar és que el rendiment de les collites en èpoques antigues és molt variable d'un lloc i d'un temps per l'altre. Per tant, els rendiments puntuals devien costar de controlar, cosa que explicaria els resultats tan baixos citats pels textos escrits, obtinguts bàsicament a partir del recapte d'impostos, que no tindrien en compte les collites excepcionals. Aquestes en canvi, són molt més explicables des del registre arqueològic. S'han trobat sovint camps de sitges, o fins i tot sitges soles, abandonades al mig d'un camp, que permetrien emmagatzemar, conservar i amagar aquests excedents puntuals. D'altra banda, és lògic que els episodis de males collites, que també es donen a nivell experimental, deixessin molta més empremta en la literatura, atès el dramatisme de les situacions (fams, pestes, epidèmies) que provocaven. I finalment, cal tenir també en compte els incidents d'índole humana (incendis, lluites, saqueig de graners), que podien delmar dràsticament la collita, i que no han estat tinguts en compte dins del registre experimental, i que en canvi serien registrats en els documents. En definitiva, l'arqueologia experimental proporciona una nova perspectiva, no gens menyspreable, per aprofundir en el coneixement dels sistemes de subsistència a l'antiguitat i a l'edat mitjana.

7. BIBLIOGRAFIA

- COLUMELA, LUCIO JUNIO MODERATO. *Los doce Libros de Agricultura* [Trad. C.J. Castro], Barcelona, Iberia, 1959. 2v. 243 i 221 p. (Obras Maestras).
- COMET, G. 1992, *Le paysan et son outil. Essai d'histoire technique des céréales (France, VIIIè- XVè siècle)*. École Française de Rome, Palais Farnèse 165, Perugia.
- CUBERO, C. 1994, Anàlisi paleocarpològica, *L'oppidum ibèric de l'Esquerda. Campanyes de 1981-1991. Les Masies de Roda de Ter. Osona*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 75.
- CUBERO, C. 2000, Aprovechamiento de los recursos forestales en el yacimiento ibérico de L'Esquerda (Roda de Ter, Osona Barcelona), *Els productes alimentaris d'origen vegetal a l'edat del ferro de l'Europa Occidental: de la producció al consum*, Sèrie Monogràfica del MAC-Girona 18, 251-259.
- CUBERO, C. i OLLICH, I. 2008, La madera y las fibras vegetales en la vida cotidiana medieval. El ejemplo de la habitación 34 de l'Esquerda (Masies de Roda-Roda de Ter, Barcelona), *AAVV Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometria*, 180-189.
- CUBERO, C., OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M. 2008, From the granary to the field: archaeobotany and experimental archaeology at l'Esquerda (Catalonia, Spain), *Vegetation History and Archaeobotany* vol. 17, n. 1 (january 2008), 85-92.
- CUBERO, C. 2011, Woody plant resources in the medieval site of l'Esquerda (Roda de Ter, Barcelona, Spain), *Saguntum Extra*, 171-172.
- FREEDMAN, PAUL H. 1993, *Els orígens de la servitud pagesa a la Catalunya medieval*, Vic, Eumo Editorial (Referències 15).
- OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M. 1990, Les etapes de poblament al jaciment de l'Esquerda. Les Masies de Roda de Ter, Osona (segle VIII aC – segle XIV dC), *Tribuna d'Arqueologia* 1989-1990, Barcelona, Generalitat de Catalunya, 101-110.
- OLLICH, I., CUBERO, C. 1990, El graner de l'Esquerda: un conjunt tecnològic agrari a la Catalunya Medieval, *La Vida Medieval a les dues vessants del Pirineu* (1r i 2n curs d'arqueologia d'Andorra), Andorra 1990, 33-47.
- OLLICH, I., CUBERO, C. 1992, Paleocarpologia i agricultura a l'Edat Mitjana: l'excavació i estudi d'un graner medieval a Catalunya, *III Congreso de Arqueologia Medieval Española* II, Universidad de Oviedo, 73-85.
- OLLICH, I., REYNOLDS, P. J., ROCAFIGUERA, M. 1993, Agricultura medieval i arqueologia experimental: el projecte de l'Esquerda, *IV Congrès d'Arqueologia Medieval Espanyola* (Alacant, 1993), 701-709.
- OLLICH, I., REYNOLDS, P. J., OCAÑA, M., ROCAFIGUERA, M. 1996, Experimentació arqueològica sobre sistemes de conreus medievals. Primers resultats del projecte de l'Esquerda, *XIV Jornades d'Estudis històrics locals.- La Mediterrània, àrea de convergència de sistemes alimentaris (s.V-XVIII)* (Palma de Mallorca, 1996), 153-168.
- OLLICH, I. (coord.), BLANCAFORT, F., CABALLÉ, A., COSTA, R., ESPONA, P., MARTÍ, J., OCAÑA, M., REYNOLDS, P. J., RINCÓN, M. A., RIU, M., ROCAFIGUERA, M., SERRAT, D. 1998, *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda 1991-1994*, Universitat de Barcelona, Monografies d'arqueologia medieval i post-medieval n. 3, Barcelona.
- OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., 2000, El poblat ibèric i medieval de l'Esquerda (Les Masies de Roda, Osona). De l'excavació a l'experimentació arqueològica, *Tribuna d'Arqueologia 2000-2001*, Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, 115-133.

OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M. 2002, L'Esquerda: de la sembra a l'emmagatzematge. Experimentació arqueològica sobre tècniques agrícoles medievals, *VI Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica (Universitat de Vic, octubre 2000)*, IEC, 429-436.

OLLICH, I. 2002, Research and Teaching in Experimental Mediaeval Archaeology. L'Esquerda, a project about agriculture, tools and construction in Mediaeval Ages, *IV European Symposium for teachers of medieval archaeology (Sevilla, november 1999)*, Universidad de Sevilla-Universidad de Córdoba, 23-29.

OLLICH, I. 2006, El graner, les sitges i els camps experimentals de l'Esquerda. Una recerca sobre les condicions de vida a l'Edat Mitjana, comunicació invitada a *V Congrés sobre Sistemes Agraris, Organització Social i Poder Local, Condicions de vida al món rural (Alguaire, 14-15-16 abril 2005)*, Universitat de Lleida-Institut d'Estudis Ilerdencs, Lleida 2006, 67-77.

OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M., CUBERO, C., AMBLÀS, O. 2012, Experimental Archaeology at L'Esquerda – Crops, Storage, Metalcraft and Earthworks in Mediaeval and Ancient Times, in I. Ollich (ed.), *Archaeology. New approaches in Theory and Techniques*, Rijeka, In-Tech, 205-228.

OLLICH, I., CUBERO, C., OCAÑA, M., ROCAFIGUERA, M. 2012, en premsa, Arqueobotànica i arqueologia experimental. 20 anys de recerca agrícola a l'Esquerda (Roda de Ter, Osona), *Tribuna d'Arqueologia 2011-2012*, Generalitat de Catalunya.

PLINY THE ELDER- *Natural History* XVIII, LV.- Loeb Classical Library.

ROCAFIGUERA, M., OLLICH, I., OCAÑA, M. 2012, en premsa, L'Esquerda abans del període ibèric ple: del bronze final a l'ibèric antic. Primeres hipòtesis, *XV Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. La transició Bronze Final 1a Edat del Ferro en el Pirineu Oriental (Puigcerdà, 17-19 de Novembre de 2011)*.

RENFREW, J. 1973, *Palaeoethnobotany. The prehistoric food plants of the Near East and Europe*, London.

REYNOLDS, P. J. 1988, *Arqueologia experimental, una perspectiva de futur*, Vic, Eumo Editorial.

REYNOLDS, P. J. 1997, Mediaeval cereal yields in Catalonia & England: An empirical challenge, *Acta Historica et Archaeologica Mediaevalia* 18, Universitat de Barcelona, 497- 507.

REYNOLDS, P. J., SHAW, C. 1999, The third Harvest of the first millennium AD in the Plana de Vic, *Actes del Congrés Internacional Gerbert d'Orlhac i el seu Temps. Catalunya i Europa a la fi del primer mil·lenni* (Vic-Ripoll, 10-13 novembre 1999), Eumo Editorial, Documents 31, Vic, 339-352.

SALRACH, J. M. 2000, *Catalunya a la fi del primer mil·lenni*. Vic, Eumo Editorial/Pagès editors, Biblioteca d'Història de Catalunya 4.

SALRACH, J. M. 2009, *La fam al món. Passat i present*, Vic, Eumo Editorial.

EXPERIMENTACIÓ SOBRE LA CONSTRUCCIÓ I LA CREMA D'UN PALLER¹

Imma Ollich* Montserrat de Rocafiguera** Maria Ocaña** David Serrat* Carme Cubero**
Joan S. Mestres* Oriol Amblàs** Pau Espona**

Los pajares son estructuras totalmente orgánicas y perecederas que forman parte del paisaje de cualquier sociedad agraria cerealista, aunque la mecanización los ha hecho desaparecer de nuestros campos. En el marco del proyecto de arqueología experimental que se lleva a cabo en el ÀREA de la Esquerda, se han construido estas estructuras con un doble objetivo. En primer lugar, como parte indispensable del proceso de almacenamiento agrícola y en segundo lugar, para reconocer las evidencias de estas estructuras en un suelo arqueológico. Por ello, dos de los pajares construidos, uno de heno y el otro de paja, se han abandonado con al finalidad de registrar el proceso de degradación. Un tercer pajar se ha incendiado, para estudiar el proceso de combustión, y las evidencias arqueológicas que quedan en el suelo.

La Esquerda, pajar, agricultura experimental, almacenamiento agrícola.

Haystacks are organic and perishable structures which take part of any cereal agrarian landscape, even though mechanisation has made them disappear from our fields. Inside the experimental archaeology project developed in the ÀREA of l'Esquerda, some of these structures have been built with a double purpose: first, as a necessary part of the agrarian storage project; second, to recognise the evidences of these structures in the archaeological soil. So, two haystacks –one made with hay and the other with straw– have been abandoned and the degradation process has been under control. The third one has been burnt in order to study the combustion process and the archaeological evidences remaining in the soil.

355

L'Esquerda, haystacks, experimental agriculture, agrarian storage.

1. INTRODUCCIÓ

La imatge dels pallers retallant-se enmig dels camps gairebé ha desaparegut del paisatge agrari català, substituïda per un seguit de bales de palla circulars o quadrangulars. Tanmateix, era el més freqüent de veure no fa pas tants anys. La ràpida mecanització del camp a la segona meitat del segle XX ha fet que els pallers hagin passat de ser elements essencials de l'economia rural agropecuària, a ser només una imatge bucòlica recollida per la tradició etnogràfica.

El paller era essencial a l'agricultura preindustrial: un cop efectuada la sega a mà i lligades les garbes, es traslladaven a l'era, on s'efectuava el procés de batre per tal de separar el gra de la palla. A partir d'aquí, s'emmagatzemava el gra en graners, sitges i altres sistemes d'estocatge, mentre que la palla s'acumulava en pallers i pallisses. Prop del mas hi havia uns quants pallers, segons els camps que es conreaven. La palla servia bàsicament per l'aliment dels animals a l'hivern (actualment substituïda per pinso), tot i que en temps passats també es feia servir per a la construcció, sola o barrejada amb

* Universitat de Barcelona

** Fundació Privada l'Esquerda

1.- Aquest experiment s'emmarca en el Projecte de Recerca de la Universitat de Barcelona i la Fundació Privada l'Esquerda, aprovat i finançat pel Ministerio de Economía y Competitividad (Dirección General de Investigación, Proyectos I+D+I): HAR2008-00871/HIST: Arqueologia Experimental. Etnoarqueologia aplicada al proceso agrícola medieval, i que s'ha desenvolupat a l'ÀREA Experimental de l'Esquerda durant el trienni 2009-2011.

Equip investigador: Imma Ollich, Peter J. Reynolds (+), David Serrat, M.Àngeles del Rincón, Joan S. Mestres, Manuel Riu (+), Christine E. Shaw, Joan A. Adell, Oriol Amblàs, Consol Blanch, Antoni Caballé, Carme Cubero, Pau Espona, Anna Gutiérrez, Jordi Martí, Maria Ocaña, Montserrat de Rocafiguera. Col·laboradors: M.Àngels Pujol, Albert Pratdesaba, Antoni Pujol.

tàpia, com ara cobertes d'estables, parets mitgeres o per fer màrfeques i jaços per dormir. Tanmateix, el seu ús principal era el de farratge pel bestiar.

Al paller s'acumulava la palla a l'aire lliure, entorn d'un pal central i ben apretada perquè s'aguantés i suportés la climatologia. De fet, un paller és una estructura perible, totalment temporal. El seu ús es feia al llarg d'una estació, sobretot a l'hivern, quan no hi havia aliment per als animals i calia aprofitar la palla acumulada com a farratge. Per tant, el més corrent era fer-los a l'estiu, un cop s'havia segat, batut i emmagatzemat el gra, entre juliol i agost, segons la temporada agrícola. I es feia servir durant tot l'hivern, fins que a la primavera el bestiar podia pasturar altre cop l'herba nova. Per tant, les evidències arqueològiques que pot deixar una estructura semblant són mínimes: un forat de pal i restes de palla i llavors. A nivell d'arqueologia, només podem intentar identificar-ne les restes en dos casos: 1) o bé el paller es va abandonar i podrir, amb la qual cosa les restes de les llavors barrejades amb la palla poden localitzar-se enmig del sediment acumulat amb el temps; 2) o bé el paller es va cremar per algun accident, i es conserven algunes restes carbonitzades de llavors i de palla.

El plantejament de construir un paller experimental va sortir a partir de certes evidències arqueològiques localitzades en alguns jaciments. En concret, forats de pal aïllats, que no semblaven formar part d'una estructura més gran. Una possible interpretació era que es tractés de pals de paller. Durant la campanya d'excavació del 1986 al poblat medieval de l'Esquerda es va localitzar un d'aquests forats excavats a la roca mare molt a prop del graner medieval i de la zona que va ser interpretada com un conjunt tecnològic agrari format per un graner, l'era, un trull i un possible paller (Ollich/Cubero 1990). Aquest cas constitueix una excepció, si pensem que molts pellers estaven construïts sobre terra i no sobre roca, de manera que pot ser molt difícil –si no impossible– localitzar-ne les seves restes, tant del forat de pal central com de restes de palla podrides o carbonitzades. D'aquí va sorgir la idea de construir un paller experimental i controlar-ne tot el procés, des de la construcció fins a la seva destrucció per abandonament o crema, per tal d'obtenir un seguit de dades experimentals. Aquestes dades són les que podrien donar als arqueòlegs una pauta a l'hora d'interpretar correctament els forats de pal aïllats trobats en jaciments arqueològics.

El procés de fabricació d'un paller és molt simple, si bé cal una tècnica i una experiència prèvies totalment necessàries per tal que l'estructura s'aguanti bé. En aquest aspecte, l'aplicació de l'etnoarqueologia ha estat bàsica en aquest projecte, ja que ha permès recuperar tècniques gairebé oblidades. Per això vam contactar amb pagesos de la comarca, que ens van

explicar sistemes i maneres de fer un paller. No tan sols ens interessava recuperar la tècnica i el mètode de construcció d'aquestes estructures d'estocatge, sinó també controlar-ne i analitzar-ne el procés de destrucció i les restes que deixarien al subsòl, per poder procedir a una comparació amb vestigis arqueològics semblants.

La vida d'un paller és molt curta, en general una sola estació de l'any, des que es construeix a l'estiu després de la collita fins al seu ús durant l'hivern, l'estació on manca l'aliment dels prats per al bestiar. Un paller en ús normal, amb una reutilització continuada, deixaria molt pocs indicis al subsòl, en tot cas només un forat de pal amb restes de llavors i palla al seu entorn, que aviat s'enduria el vent. Tot i així, com hem dit abans, cal considerar dos casos, en realitat excepcions, que sí que proporcionarien alguna resta per estudiar: com en qualsevol altra estructura arqueològica, es tracta de l'abandonament i de l'incendi. Si el paller va ser abandonat –per la causa que fos– començaria un procés de deteriorament i putrefacció que afectaria tota l'estructura fins la seva desaparició final. En el segon cas, un incendi fortuït o provocat, el paller també desapareixeria, però deixaria un tipus molt concret d'indicis, com ara cendres i carbons procedents del pal central i restes de llavors i palla carbonitzades, barrejades amb el sediment acumulat “a posteriori”.

Els experiments sobre estocatge de palla duts a terme a l'ÀREA (Àrea de Recerca Experimental Arqueològica) de l'Esquerda (Ollich *et al.* 2012) formen part d'aquest plantejament: dos pellers construïts amb l'objectiu de ser abandonats (experiment de llarga durada), i un altre que s'ha construït per analitzar el procés i les restes d'una combustió provocada (experiment de curta durada).



Figura 1. Procés de construcció del paller 3 a l'ÀREA de l'Esquerda, amb el paller 2 al fons (juliol 2010).

**2. EXPERIMENT D'ABANDONAMENT/
DEGRADACIÓ: ELS PALLERS 1 I 2**

El primer paller (de fenc) i el segon (de palla) van ser construïts per l'equip del projecte de l'Esquerda, sota la direcció del Dr. Peter John Reynolds entre els anys 1992 i 1995. La metodologia emprada en aquest experiment de llarga durada va ser deixar-los a sol i serena, sense cap mena d'actuació ni manteniment, i controlar sistemàticament el seu comportament i deteriorament fins a la seva destrucció total. Un cop degradat el paller, comença el pas següent: efectuar una excavació per esbrinar quines restes n'han quedat i quins indicis a nivell de sediment, de palla i de llavors es poden recuperar al cap de molts anys.

El paller 2, al cap de 17 anys, segueix en procés de descomposició davant del graner, però la seva alçada inicial de 3 m s'ha reduït a una tercera part (0,95 m). En aquest cas, la humitat ha actuat sobretot pel cantó N, enfonsant la palla, i el procés de putrefacció ha tingut lloc sobretot per dins, entorn del pal central, cosa que ha provocat un gran buit al seu interior. Aquest buit és aprofitat per ratolins i petites bestioles que hi tenen el cau, restes que es van barrejant amb les del graner.

El paller 1, més petit i construït amb fenc, havia desaparegut completament de la vista al cap de 19 anys

(1992/2011), aixafat completament i cobert per males herbes. Per això en aquest moment se'n va realitzar l'excavació per tal de comprovar-ne les evidències.

Com es pot veure a la fig.2, sota la capa de terra vegetal i material acumulat, hi havia les restes del paller: una zona diferenciada, que manté el diàmetre inicial. Les restes de fenc s'han podrit totalment, però són clarament identificables els troncs inicials col·locats entorn del pal central, sobretot al cantó NE, cosa que indica que la humitat hi ha tingut molt a veure. Els troncs radials orientats cap el S i W, en canvi, han desaparegut. També s'han identificat restes del pal central i del forat on s'encastava. Les anàlisis carpològiques i de sediment han revelat restes de males herbes i copròlits de petits rosegadors.

**3. EXPERIMENT DE CONSTRUCCIÓ:
EL PALLER 3**

El tercer paller es va plantejar amb un objectiu diferent: analitzar les restes d'un paller incendiat. Cal pensar que aquesta possibilitat era força freqüent pels llamps, i també dins el context de guerres i lluites locals en temps antics. El paller 3 es va construir el juliol del 2010, amb l'ajuda de l'Antoni Pujol, pagès del Lluçanès,

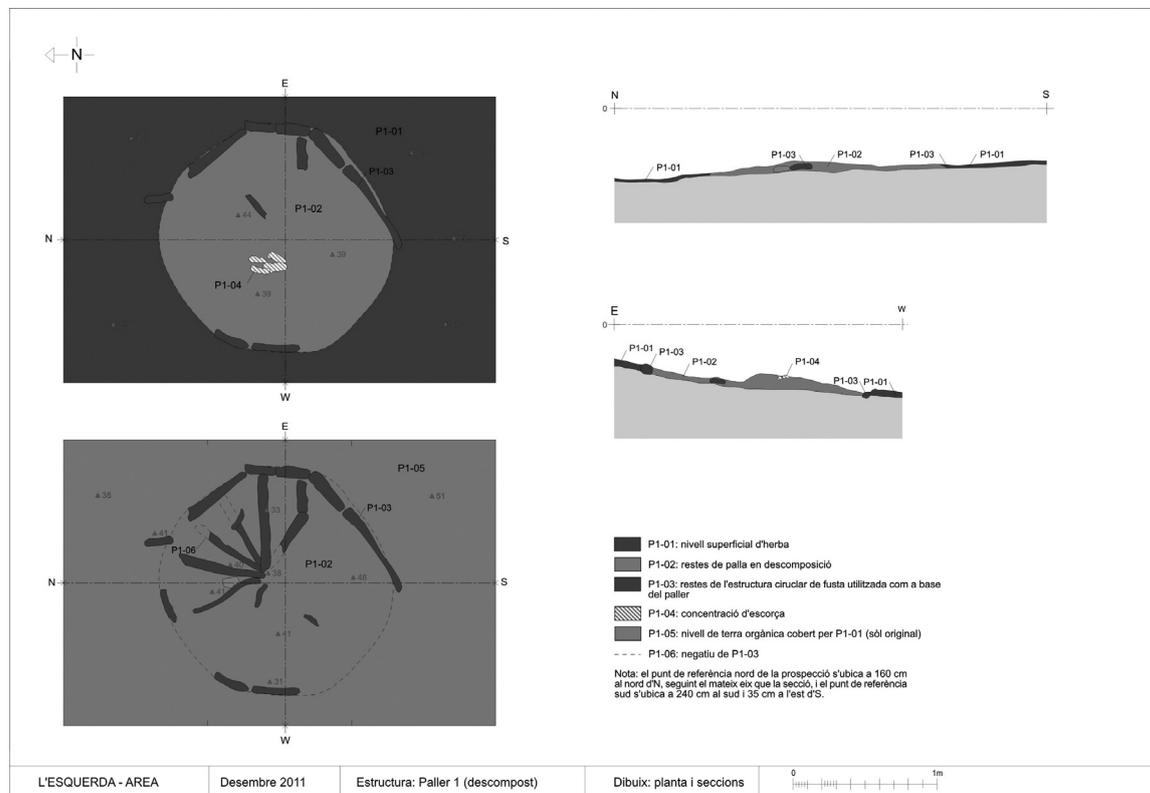
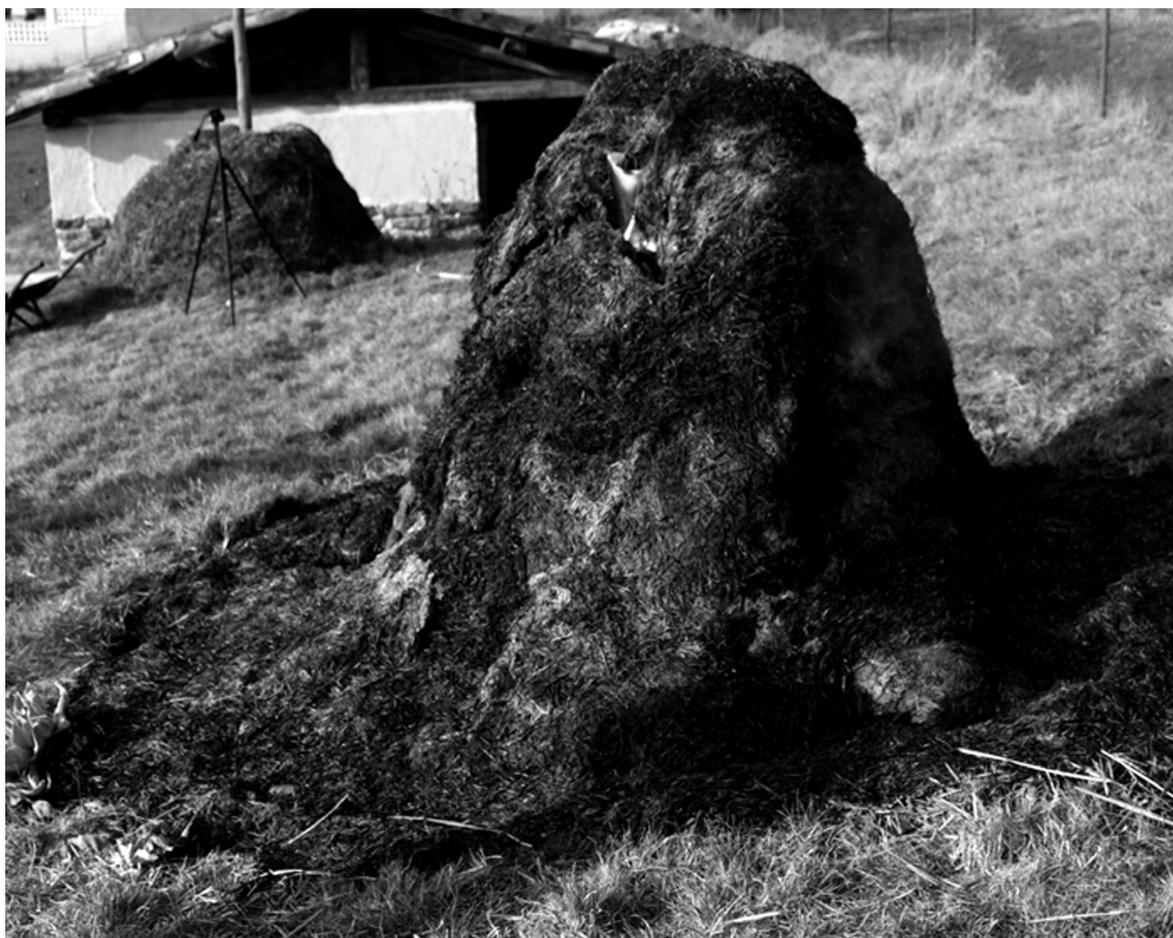


Figura 2. Excavació i dades del paller 1, de fenc (novembre 2011).



358

Figura 3. Procés de combustió del paller 3 (febrer 2011).

que n'havia construït de jove i encara recorda la manera tradicional de fer-los.

La tècnica utilitzada ha estat la col·locació d'un tronc de fusta de pi, de 3,20 m de llarg, introduint-lo en un forat de 45 cm de fondària, fet prèviament amb l'ajuda d'una rella o pala fanga, i falcant-lo bé amb terra i pedres. Al seu entorn es va preparar la terra aplanant-la en un diàmetre aproximat d'uns 3 m. En el cas dels pallers 1 i 2 s'havien col·locat uns quants troncs radials per actuar com aïllant. En canvi, el paller 3 s'ha construït directament sobre el terra.

La col·locació de la palla es va fer manualment, deslligant les garbes i agrupant-les entorn del pal de paller de manera circular, alhora que es va anar aixafant amb el propi pes de les persones que construïen el paller, que giraven al seu voltant. Es va anar pujant en cercles, mentre el palleraire s'ajudava amb una forca de fusta d'1,5 m per posar bé la palla i d'un rascle per pentinar-la. El paller consta de dues parts: la inferior o base, recta i cònica, i la superior o caputxa, que cobreix la

primera de manera que esquitlla la pluja. Un cop acabat i ben raspallat, es va tapar bé amb terra el lloc central (retorn o acabament), on la palla s'ajunta amb el pal i pot quedar algun forat, que permetria l'entrada de l'aigua al llarg del pal i provocaria la seva podridura. La petita peça o olleta de ceràmica que de vegades corona el pal de paller té el mateix objectiu de protegir-lo de l'aigua i dels llamps.

Per al paller núm. 3 l'alçada aconseguida va ser d'uns 2,50 m, amb un diàmetre inicial de base d'uns 3 m. El pal de paller sobresortia de 25 a 30 cm.

4. EXPERIMENT DE COMBUSTIÓ: EL PALLER 3

Al cap de 7 mesos de ser construït, es va calar foc al paller 3. La idea era reproduir les condicions d'un incendi, per accident o atac, i veure quines restes en quedaven.



Figura 4. Restes cremades del paller 3.

El dia 26 de febrer del 2011, un dia sense vent, i amb els controls necessaris, a les 10 del matí es va prendre foc al paller amb palla encesa pel cantó N, per la banda exterior, a mitja alçada. Les flames van agafar ràpidament enfilant-se per la palla externa, fins a llepar el pal superior. Després d'una flamarada viva amunt, les flames es van estendre per la resta del paller, cremant en somort i agafant un to fosc. El pal continuava cremant, i el forat es va eixamplar servint de xemeneia. Tot i que l'exterior va agafar un to negre fumat, sovint sortien flames des de l'interior, pels costats i pel forat del pal, cosa que palesava que el foc fort era a l'interior del paller, al voltant del pal. En realitat, el paller actuava i cremava com un forn. La seva alçada va anar disminuint i, al cap de 6 hores, el capdamunt del pal central –completament cremat– es va trencar i va caure cap el pendent oest, arrossegant la petita olla que va anar a parar al mig dels camps. El paller va continuar cremant lentament per dins.

Al vespre encara cremava en somort, fins que abans de mitjanit havia reduït en més de la meitat la seva alçada inicial i semblava apagar-se ell sol. Cap a les 12 es va tornar a abrandar i va seguir cremant fort per dins durant més de dues hores fins a consumir completament la part interior, entorn del pal central. La combustió no va parar fins a la matinada del dia següent. L'estructura

s'havia reduït a només un munt de cendres i carbons entre 50 i 70 cm d'alçada, i el foc no va sobrepassar mai els límits del diàmetre inicial del paller.

La primera conclusió és que un paller crema per dins, seguint el pal central, cosa que provoca una combustió interna semblant a un forn: foc controlat o somort i de llarga durada. En total, de 20 a 25 hores de combustió. Sense vent el foc no s'expansiona, sinó que queda dins els límits del propi paller.

5. L'EXCAVACIÓ DELS PALLERS EXPERIMENTALS: PRIMERS RESULTATS

Pel novembre del 2011, al cap de 9 mesos de la crema del paller experimental, es va dur a terme una excavació, per tal d'obtenir unes primeres dades. L'excavació es va efectuar seguint totalment les normes arqueològiques. Es va actuar només sobre la meitat del paller, de manera que l'altra meitat es podrà excavar d'aquí un temps, quan les restes s'hagin compactat més. Abans de l'excavació es va efectuar una prospecció amb georadar¹, per tal de comprovar-ne la lectura de la zona i les dades obtingudes. Els resultats van ser positius, com es pot comprovar a la figura 5. Al cap de nou mesos de la combustió, i totalment cobertes pel sòl

1.- Prospecció amb georadar realitzada per Roger Sala, de SOT Prospeccions Arqueològiques, a qui agraïm la seva col·laboració en l'experiment.

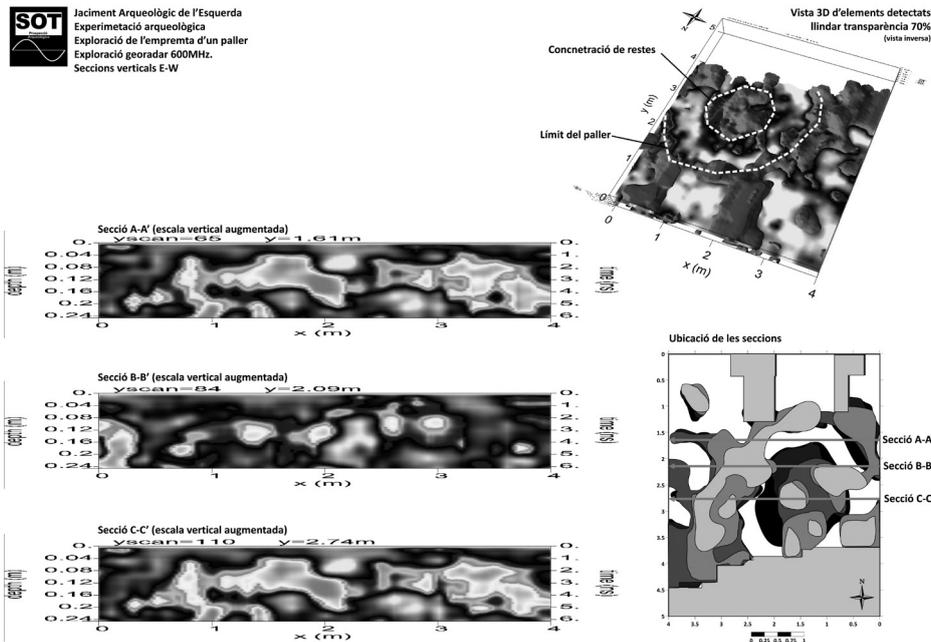


Figura 5. Exploració amb georadar sobre les restes del paller 3 (novembre 2011).

360

vegetal, les empremtes deixades pel paller cremat van ser totalment identificables pel georadar, detectant dos cercles concèntrics amb una acumulació de restes molt intensa a l'interior.

L'excavació sobre les restes del paller cremat va proporcionar un seguit d'informació que es podrà comparar amb les dades arqueològiques. En primer lloc, la zona

cremada, que no depassa gaire els límits inicials del paller. En lloc d'expandir-se, el paller va anar cremant en somort com un forn, formant fins i tot una mena de solc circular al seu entorn, de 10 a 20 cm de fons.

Com a elements aïllats, només s'ha localitzat, carbonitzada, la part superior del pal que es va partir en ple procés de combustió, a una distància aproximada d'un

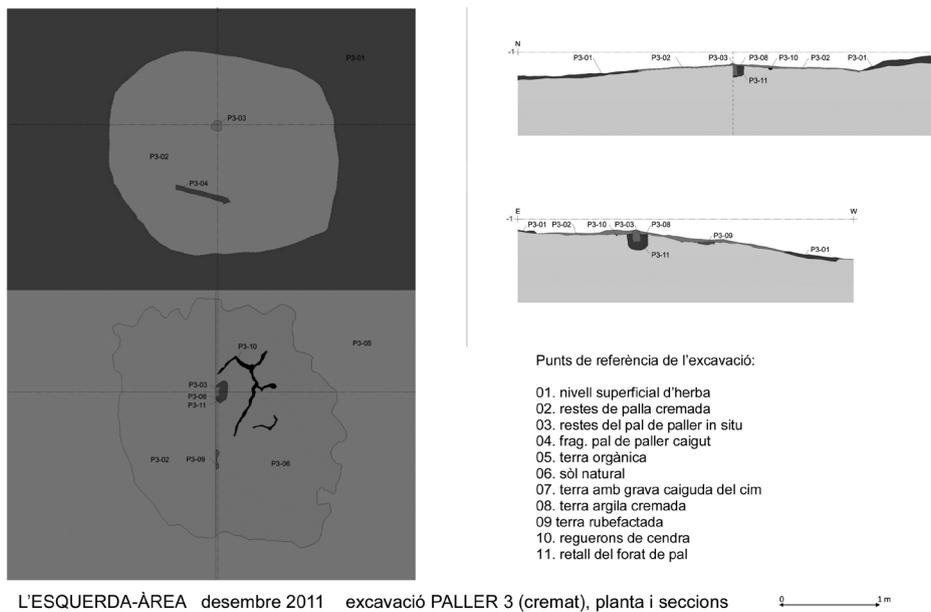


Figura 6. Excavació i dades del paller 3, de palla (novembre 2011).

metre del forat on estava encastat. També hi ha restes d'argila cremada i de tovots, que corresponen a la terra argilosa col·locada dalt de tot del paller, per tapar el forat del pal i evitar intrusions d'aigua. La terra argila s'ha combustionat totalment i ha quedat cuita com en un forn. Ja hem comentat que l'olleta de ceràmica que cobria el pal va anar a parar més de 5 m lluny del paller en trencar-se el pal central.

Tot el paller estava totalment carbonitzat, amb restes de palla i de llavors entremig. Es van prendre mostres per fer una anàlisi carpològica i antracològica, per tal de comprovar els percentatges de presència de llavors de cereals, i identificar carbons. Aquestes dades experimentals es podran contrastar amb les obtingudes a jaciments arqueològics i comparar-ne els resultats.

PALLER núm.	Material	Situació	Data construcció	Data final	Temps actiu	Procés	Mesures inicials	Mesures finals (2012)	Característiques	Estat actual de l'experiment (juny 2012)
1	fenc	prop camp 4	1992, juny	2012, finalitzat	20 anys	degradació	Alçada pal: 2 m Alçada paller: 1,80 m Diàmetre: 2 m	Alçada: 20 cm Diàmetre: 1,80 m	Plataforma de troncs radials	No visible Finalitzat: excavat totalment novembre 2011
2	palla	davant graner	1995, juliol	2012, actiu	17 anys	degradació	Alçada pal: 3 m Alçada paller: 2,80 m Diàmetre: 2 m	Alçada: 0,95 m Diàmetre: 1,80 m	Plataforma de troncs radials	Visible en curs: força degradat
3	palla	davant camp 1C	2010, juliol	2011 febrer: cremat novembre: excavat 1/2	7 mesos	combustió	Alçada pal: 2,80-3,20 m Alçada paller: 2,50 m Diàmetre: 3 m Volum: 6 m ³ Pes palla: 600 kg	Alçada: 10-20 cm Diàmetre: 3 m	Sense plataforma	No visible en curs: excavat, meitat N novembre 2011

Figura 7. Principals dades obtingudes al llarg dels anys en els experiments descrits.

En el moment actual, a l'ÀREA de l'Esquerda queda per acabar d'excavar la meitat del paller 3, que es realitzarà un cop estigui totalment compactat el sediment. També continua en procés de degradació el paller 2, construït fa 17 anys davant del graner i abandonat al seu aire. Un cop hagi desaparegut, es procedirà a la seva excavació igual com s'ha fet amb el paller 1. L'objectiu final és comptar amb un conjunt de dades, obtingudes experimentalment, que permetin confirmar de manera segura la presència de pellers en jaciments arqueològics.

6. BIBLIOGRAFIA

CUBERO, C., OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M. 2008, From the granary to the field: archaeobotany and experimental archaeology at l'Esquerda (Catalonia, Spain), Springer Verlag, Heidelberg, *Vegetation History and Archaeobotany* 17-1 (january 2008), 85-92.

OCAÑA, M. 1998, *El món agrari i els cicles agrícoles a la Catalunya Vella (s. IX-XIII)*, Universitat de Barcelona, Documenta 1.

OLLICH, I., CUBERO, C. 1989, Paleocarpologia i agricultura a l'Edat Mitjana: l'excavació i estudi d'un graner medieval a Catalunya, *III Congreso de Arqueología Medieval Española (Oviedo, marzo 1989)*, Universidad de Oviedo, Actas, 73-85.

OLLICH, I., CUBERO, C. 1990, El graner de l'Esquerda: un conjunt tecnològic agrari a la Catalunya Medieval, *La Vida Medieval a les dues vessants del Pirineu (1r i 2n curs d'arqueologia d'Andorra)*, Andorra, 33-47.

OLLICH, I., REYNOLDS, P. J., ROCAFIGUERA, M. 1993, Agricultura medieval i arqueologia experimental: el projecte de l'Esquerda, *IV Congrés d'Arqueologia Medieval Espanyola (Alacant, 1993)*, Universitat d'Alacant, Actes, 701-709.

OLLICH, I., REYNOLDS, P. J., OCAÑA, M., ROCAFIGUERA, M. 1996, Experimentació arqueològica sobre sistemes de conreus medievals. Primers resultats del projecte de l'Esquerda, *XIV Jornades d'Estudis històrics locals, La Mediterrània, àrea de convergència de sistemes alimentaris (s.V-XVIII)*, Palma de Mallorca, 153-168.

OLLICH, I., REYNOLDS, P. J., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA M. 1997, L'Esquerda. Ecology, environment, and agricultural productivity, in *Medieval Europe Brugge 1997, An International Conference of Medieval and Later Archaeology (1st-4th october 1997)* (pre-printed papers).

OLLICH, I. 1998, El paller de l'Esquerda, in Ollich, I. et al. 1998, *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda, 1991-1994*, Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Departament d'Història Medieval, Paleografia i Diplomàtica, Monografies d'Arqueologia Medieval i Postmedieval 3, 140-141.

- COSTA, R., ESPONA, P., MARTÍ, J., OCAÑA, M., REYNOLDS, P. J., RINCÓN, M. A., RIU, M., ROCAFIGUERA, M., SERRAT, D. 1998, *Experimentació arqueològica sobre conreus medievals a l'Esquerda, 1991-1994*, Barcelona, Publicacions Universitat de Barcelona, Departament d'Història Medieval, Paleografia i Diplomàtica, Monografies d'Arqueologia Medieval i Postmedieval 3.
- OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M. 2000a, L'Esquerda: de la sembra a l'emmagatzematge: Experimentació arqueològica sobre tècniques agrícoles medievals, *IV Jornades d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Vic, Octubre 2000*.
- OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M. 2000b, El poblat ibèric i medieval de l'Esquerda (Les Masies de Roda, Osona). De l'excavació a l'experimentació arqueològica, *Tribuna d'Arqueologia 1999-2000*, Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, 115-133.
- OLLICH, I. 2002, Research and Teaching in Experimental Mediaeval Archaeology. L'Esquerda, a project about agriculture, tools and construction in Mediaeval Ages, *IV European Symposium for Teachers of Medieval Archaeology (Sevilla, november 1999)*, Universidad de Sevilla-Universidad de Córdoba, 23-29.
- OLLICH, I. 2005, El graner, les sitges i els camps experimentals de l'Esquerda, *Congrés Condicions de vida al món rural (Alguaire, 14-15-16 abril 2005)*, Universitat de Lleida, 299-346.
- OLLICH, I., ROCAFIGUERA, M., OCAÑA, M., CUBERO, C., AMBLÀS, O. 2012, Experimental Archaeology at L'Esquerda. Crops, Storage, Metalcraft and Earthworks in Mediaeval and Ancient Times, in I. Ollich-Castanyer (ed.), *Archaeology. New Approaches in Methodology and Techniques*, Intech Publ., Univ. Rijeka (Croàcia), 205-228.
(<http://www.intechopen.com/books/archaeology-new-approaches-in-theory-and-techniques>).
- REYNOLDS, P. J. 1997, Mediaeval cereal yields in Catalonia & England: An empirical challenge, *Acta Historica et Archaeologica Medievalia* 18, Universitat de Barcelona, 497- 507.
- REYNOLDS, P. J., SHAW, C. 1999, The third Harvest of the first millennium AD in the Plana de Vic, *Actes del Congrés Internacional Gerbert d'Orlhac i el seu Temps. Catalunya i Europa a la fi del primer mil.lenni (Vic-Ripoll, 10-13 novembre 1999)*, Vic, Eumo Editorial, Documents 31, 339-352.

LA SIDERURGIA EN EL MUNDO IBÉRICO. PRIMEROS DATOS A PARTIR DE LA EXPERIMENTACIÓN ARQUEOLÓGICA

José Miguel Gallego Cañamero*

Presentem els resultats de tres interpretacions de forns de reducció directa ibèrics, recreats de manera experimental, que han servit per aproximar-nos a la comprensió de la praxi i la dinàmica d'aquestes estructures. Les conclusions exposades en el present article, centrat exclusivament en forns d'alimentació assistida mitjançant manxes manuals de diversa tipologia, representen només una aproximació empírica i no defineixen resultats teòrics determinants.

Siderúrgia ibèrica, arqueologia experimental, forns de reducció directa, armes de ferro.

We present the results of three interpretations of Iberian bloomery furnaces, recreated experimentally, that have served to approach to the practice and understanding of the dynamics of these structures. The findings presented in this article focusing exclusively on power-assisted furnaces by manual bellows of various types, represent only an empirical and doesn't define theoretical results determinants.

Iberian metallurgic, experimental archaeology, bloomery furnaces, iron weapons.

363

1. INTRODUCCIÓN

Resulta sorprendente que el estudio de la obtención de hierro y de la elaboración de armas con este metal durante época ibérica haya sido tradicionalmente una asignatura pendiente de la arqueología española desde la perspectiva de la experimentación. Efectivamente, la producción de hierro para someterlo después a trabajo de forja para darle forma de arma y finalmente proceder a su manipulación empírica no ha sido un objetivo de los investigadores hasta fechas muy recientes. Excluyendo algunos intentos inéditos llevados a cabo a principios de la década de los años noventa del siglo pasado por parte del profesor Ph. Andrieux (Gallego en prensa) y algunos otros realizados posteriormente bajo la supervisión del profesor S. Rovira (Burillo/ Rovira 2005), nadie más se había internado en el terreno de la reproducción experimental del proceso productivo de hierro en bajos hornos de reducción directa durante la protohistoria de la Península Ibérica.

Con la intención de arrojar algo de luz sobre la materia, en el año 2009 iniciamos un proyecto autofinanciado denominado “*De la mina a la fragua: La siderurgia en el mundo ibérico*”, cuya finalidad es la documentación, la recreación y la experimentación de todo el proceso de fabricación de armas de hierro durante época ibérica. Para ello, nos propusimos investigar cada uno de los segmentos que intervienen en el proceso, así como también de los elementos periféricos. Este proyecto incluye, además, el diseño y la construcción, bajo los parámetros de la arqueología experimental, de un espacio artesanal dedicado integralmente a la producción y trabajo del hierro durante época ibérica que pretende llegar a ser el primer espacio destinado a la didáctica y la difusión del sistema productivo de hierro construido en la Península Ibérica, tomando como referentes ejemplos europeos como la *Butser Ancient Farm*.

En el presente artículo presentamos los resultados de las tres primeras interpretaciones de hornos de reducción directa ibéricos que hemos recreado de manera

* ARTIFEX, conservación y recreación del patrimonio arqueológico.

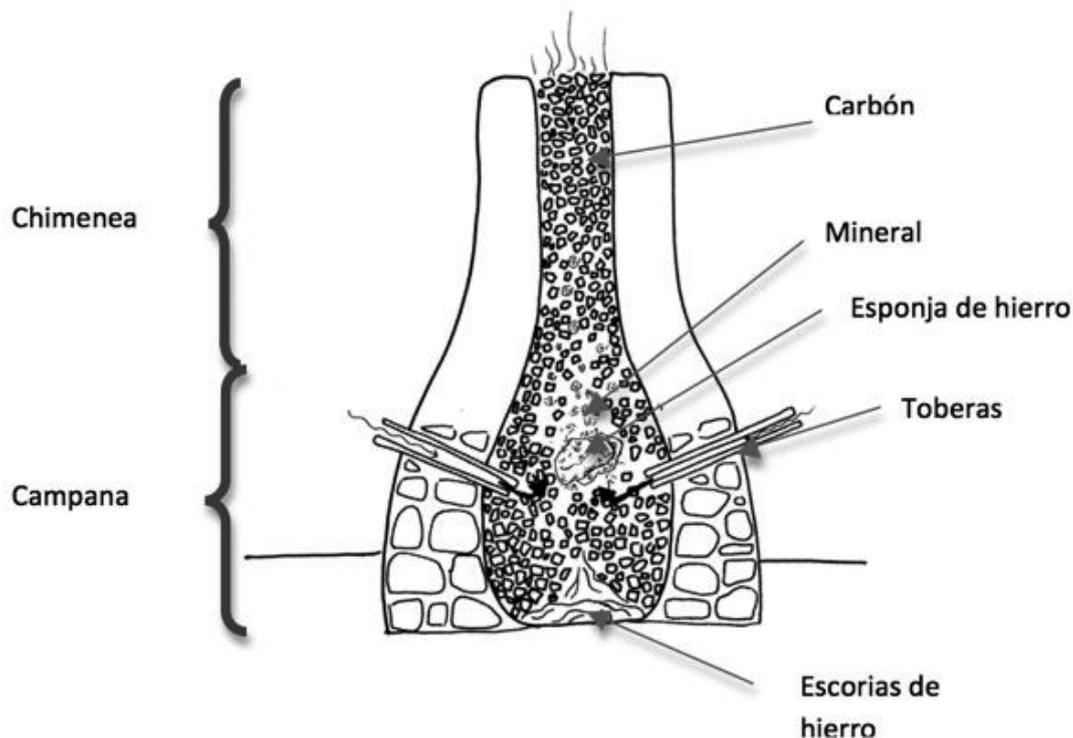


Figura 1. Sección ideal de un horno de reducción directa.

364

experimental, los cuales nos han servido, sobretodo, para aproximarnos a la comprensión de la praxis y la dinámica de éstas estructuras. En ese sentido, las conclusiones aquí expuestas constituyen sólo una aproximación y será necesario continuar con futuras experimentaciones para llegar a resultados más determinantes, sobretodo en lo que respecta a la relación entre el tamaño de los hornos y los sistemas de alimentación de aire, que en este caso, fueron alimentados artificialmente mediante fuelles de diferentes tipologías. Cabe señalar que cuando iniciamos el proyecto, nuestro conocimiento del proceso de reducción directa se reducía a la lectura de algunos artículos publicados por especialistas de diferentes puntos de Europa, al estudio de la etnografía africana y, afortunadamente, a la observación directa de los intentos llevados a cabo por el profesor S. Rovira en el yacimiento celtibérico de Segeda durante el verano de 2005.

A modo de resumen, explicaremos brevemente en qué consiste el proceso de reducción directa. En este proceso se somete el mineral de hierro a una reacción química a la que solamente se puede acceder mediante temperaturas muy elevadas. A partir de los 700 °C, los óxidos de hierro comienzan a reducirse, es decir, el mineral absorbe el monóxido de carbono (CO) que libera el carbón vegetal liberando a su vez dióxido de carbono (CO₂), aislando así el hierro (Fe). No obstante, esta tem-

peratura es aún muy inferior a la temperatura que se necesita alcanzar para que los componentes residuales del mineral se separen del hierro, alrededor de los 1200 °C aproximadamente. Llegados a este punto, el metal férrico se separa químicamente de los demás elementos presentes en el mineral originando las denominadas lupias, una masa informe en la que se encuentran mezclados núcleos de metal, escoria y restos de carbón.

1.1. LOS HORNOS

El primero y tercer hornos aquí descritos fueron construidos en una finca particular próxima a la ciudad de Terrassa, ubicada en una ladera de la Serra de Les Martines, perteneciente a la Cordillera Pre-litoral, abierta hacia el gran plano de la comarca del Vallès Occidental con orientación hacia el N (UTM: X417821.0/ Y4599407.3).

El segundo horno, en cambio, fue construido en la Población de Ainet de Besan (UTM: X360305.5/ Y4711153.4), en el marco de las *1^{es} Jornades de Recerca i Desenvolupament de la Vall Ferrera* organizadas en colaboración entre el *Parc Natural de l'Alt Pirineu* y l'*Ecomuseu de les Valls d'Àneu* durante el año 2010. La Vall Ferrera es un territorio pirenaico de alta montaña dominado por el Bosque de Virós en el que se ha podido documentar una intensa actividad minera, carbonera y siderúrgica entre los ss. III y VII d. C. (Forés/Gassiot/Oltra 2003).



Figura 2. Horno de reducción directa experimental PRELU.

Horno #1 (PRELU)

Construido en una pendiente orientada al N, nunca llegó a ser encendido, aunque sirvió para entender los aspectos técnicos mínimamente necesarios para el correcto funcionamiento de este tipo de estructuras, como el grosor de las paredes, las dimensiones de la cubeta y la altura de la chimenea. Sobre una base circular de bloques de cuarzo, piedra sedimentaria y caliza (80 cm Ø interno) se construyeron unas paredes que oscilaban entre los 30 cm (en la zona de la cubeta) y los 13 cm en la boca utilizando para ello tierra arcillosa (procedente de una zona geológica de aluvión miocénico) con nódulos calcáreos y tallos de trigo (*Triticum dicocum*) que dieron 145 cm de altura (40 cm excavados y 105 cm aéreos) y un diámetro interno de boca de más de 30 cm. Sus enormes dimensiones hubieran requerido, probablemente, una gran cantidad de carbón vegetal durante un proceso de reducción extremadamente prolongado, razón por la cual decidimos desmontarlo y construir otro horno en la misma ubicación.

Horno #2 (LU)

Durante las “1^{es} Jornades de Recerca i Desenvolupament de la Vall Ferrera”, celebradas simultáneamente en los municipios de Alins y Ainet de Besan, en la Vall Ferrera (Pallars Sobirà, Lleida), organizamos

una demostración pública de una reducción directa de mineral de hierro. Construimos un horno evitando los errores técnicos cometidos con el anterior. Sus dimensiones quedaron en 120 cm. de altura (20 cm. excavados y 100 cm. aéreos). Las paredes del horno (25 cm en la cubeta y 13 cm en la boca) se construyeron sobre una base de piedra granítica. La tierra, con abundancia de bloques graníticos, se mezcló con tallos de trigo (*Triticum dicocum*) como desengrasante de la argamasa, quedando 50 cm Ø interno en la cubeta y 20 cm Ø interno en la boca. Toda la superficie interna y externa del horno fue recubierta con una capa refractaria de 1 cm. de grosor compuesta por arcilla local depurada (80%), estiércol de asno (*Equus africanus asinus*) (10%) y cenizas de pino rojo (*Pinus sylvestris*) procedentes de la pira en la que se tostó el mineral. En cuanto a la ventilación del horno, en este caso empleamos el sistema de inyección asistida basado en las piezas de insuflación de “tipo ibérico” o de “Y”, documentadas en diferentes yacimientos ibéricos del litoral mediterráneo de la Península Ibérica (Molist *et al.* 2005). La inyección se realizó mediante dos fuelles de plato inspirados en tipos africanos con unos 6 l. de volumen c/u. Una tobera recta de “tipo emporitano” (Molist *et al.* 2005) refractaria de 80 cm de longitud y 3 cm Ø interno conducía el aire al interior del horno. La altura de la tobera quedó fijada a 30 cm

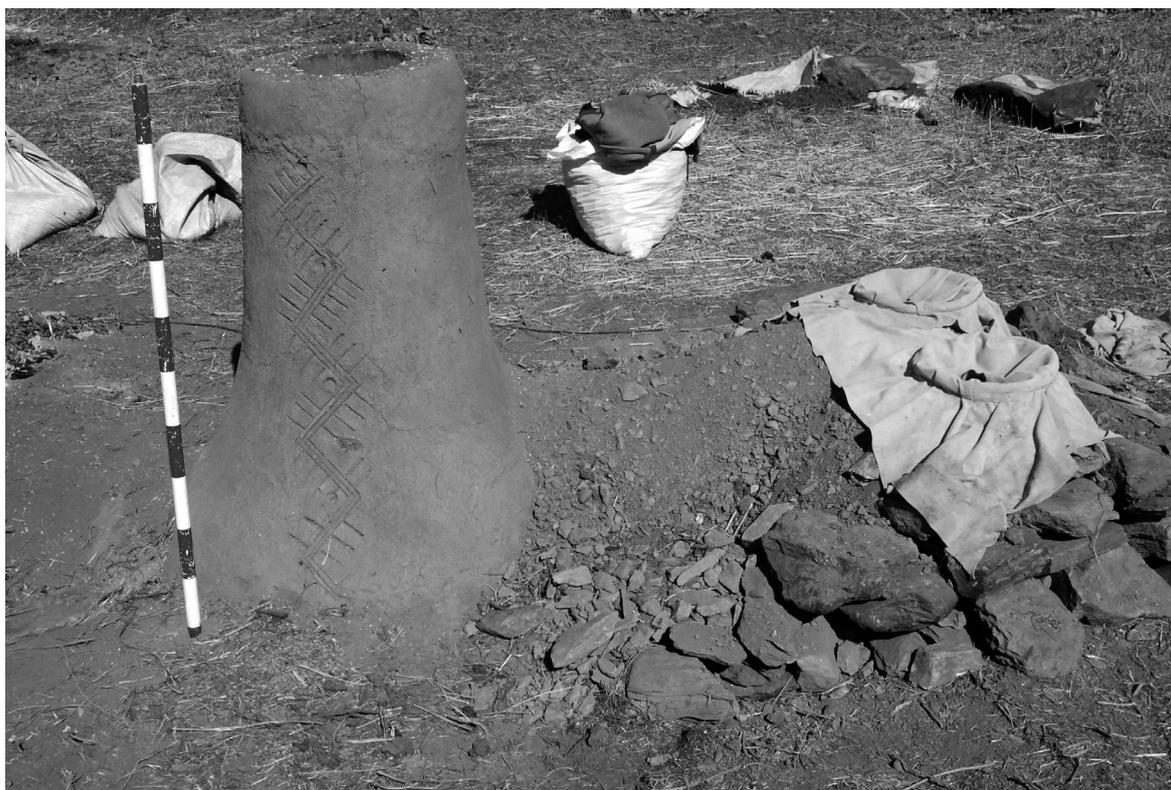


Figura 3. Horno de reducción directa experimental LU.

366

desde el fondo del horno entrado en 20 cm con una inclinación de 30°. El mineral utilizado fueron 11 kg. de goethita con trazas de limonita procedente del Pic de la Màtiga (Alins, Pallars Sobirà), previamente deshidratado mediante combustión durante varias horas. Encendido a las diez de la mañana, se precalentó durante cuatro horas momento a partir del cual se inició su alimentación exclusivamente con carbón de pino blanco (*Pinus halepensis*). Tras un problema con el sistema manual de inyección después de varias horas de correcto funcionamiento, se recurrió a la colocación de un ventilador eléctrico, momento a partir del cual dimos por finalizada la parte experimental. El horno se abrió a las dos de la madrugada y se obtuvo una lúpia de unos 4 kg.

Horno #3 (ELSEKON)

Ubicado sobre la fosa excavada para el horno #1 (PRELU), se construyó siguiendo una técnica muy similar a la del horno #2. Una base de piedra calcárea y sedimentaria unidas con argamasa (40 cm de altura) soportaba la estructura de 129 cm de altura (57 cm

excavados, 72 cm aéreos) construida principalmente en tierra arcillosa de aluvión miocénico con presencia de nódulos calcáreos (80%) y fibras de estiércol de équido (20%) dejando una cubeta de 50 cm Ø y una chimenea de 19 cm Ø. En la base, el grosor de las paredes oscilaba en torno a los 30 cm. mientras que en la zona de la chimenea tenía 14 cm. Tanto el interior como el exterior del horno se recubrieron con una capa refractaria de 1'5 cm de grosor compuesta por arcilla tamizada (75%), estiércol seco de caballo (*Equus ferus caballus*) (20%) y cenizas de pino blanco (*Pinus halepensis*) (5%). El sistema inicial de ventilación constaba de dos fuelles de "tipo acordeón", uno a cada lado de horno (E-O), conectados directamente a la toberas y, finalmente, sustituidos por una única entrada desde el N con pieza de insuflación de tipo ibérico. Encendido en precalentamiento a las cinco de la tarde se alimentó a partir de las 18.40h con carbón de acebuche (*Olea sylvestris*) y de pino blanco (*Pinus halepensis*) que nosotros mismos preparamos en una carbonera¹. El mineral empleado fueron 17 kg. de goethita con trazas de limonita procedente del Pic de

1.- Figura entre nuestros objetivos, como se ha comentado en las líneas superiores, estudiar en el futuro los procesos periféricos involucrados en la producción de hierro. La obtención de carbón, por tanto, queda como uno de los temas pendientes.



Figura 4. Horno de reducción directa experimental ELSEKON.

367

la Màniga (Alins, Pallars Sobirà), previamente deshidratado mediante una combustión de varias horas. De nuevo, tras un problema con el sistema de inyección manual de aire, se sustituyó por uno eléctrico y se obtuvieron aproximadamente 12 kg. de material escoriáceo semi-fundido y 4 kg. de mineral picado cuando fue finalmente abierto, a las cuatro de la madrugada.

2. CONCLUSIONES

Aunque los principios físicos y químicos que intervienen en el proceso de la reducción del mineral de hierro son sencillos y fácilmente comprensibles, su aplicación dista mucho de serlo, dado que requiere de una serie de conocimientos específicos, que en la Antigüedad se transmitirían probablemente de forma hereditaria, y que hoy en día se han perdido. En nuestro caso, esta problemática se incrementa notablemente por la sencilla razón de que partimos de un nivel de experiencia cero. A pesar de todo ello, y aunque somos plenamente conscientes de que nos falta aún mucho camino por recorrer, estas tres experimentaciones nos han permitido deducir una serie de factores que intervienen de forma determinante en la reducción del mineral y que, sumadas, pueden conducir al éxito en futuros intentos.

2.1. ASPECTOS TÉCNICOS Y CONSTRUCTIVOS

Para empezar, la construcción del horno requiere de unos materiales y de unas técnicas adecuadas para hacerlo al mismo tiempo resistente y aislante, evitando así la aparición de fisuras por las que puede producirse una fuga de temperatura y afectar la integridad estructural del mismo.

Es muy importante el tipo de desengrasante que se utilice en la construcción. La fibra vegetal debe proceder de una cosecha reciente, dado que sus propiedades de dureza y rigidez aún no se han visto alteradas por la humedad, dotando así de una óptima resistencia termodinámica a la estructura de la construcción. La distribución irregular de las mismas en la argamasa ejerce una fuerte resistencia a la contracción como resultado de las altas temperaturas. En este sentido, cabe señalar también que el secado de la estructura fornaria debe hacerse de forma natural, bajo la acción solar, y no con llama viva, cosa que origina la aparición de grietas que podrían llegar a ser estructurales a partir de los 800 °C. Antes de la primera carga de carbón para dar inicio al ciclo de la reducción, será necesario precalentar el horno durante algunas horas, sin las toberas colocadas. De esta forma podremos observar el comportamiento del mismo frente a un ascenso rápido de la temperatura (en

precalentamiento, un horno puede pasar de los 25 °C a los 800 °C en menos de diez minutos) y aseguraremos la evaporación del agua acumulada en el interior de las paredes del horno.

Paralelamente, hemos observado que la aplicación de una capa de material refractario de aproximadamente 1'5 cm. de grosor, tanto en el interior como en el exterior de la estructura homogeneiza morfológicamente el horno impidiendo el atasco de material, y permite la ascensión de aire caliente de forma fluida y dinámica dado que reduce la porosidad de la pared y con ello el fregamiento. De esta forma se puede acelerar considerablemente el aumento de la temperatura del horno y, además, se evita la aparición de fisuras en las paredes de la estructura de combustión.

2.2. SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE

En cuanto al sistema de inyección de aire mediante fuelles, se trata, según hemos podido deducir, del elemento más importante del conjunto. En efecto, constituyen "los pulmones" del horno y su correcto funcionamiento es absolutamente determinante para incrementar la temperatura en el interior del horno y, por lo tanto, tener éxito en el proceso de reducción del hierro. Con este sistema se gestiona a voluntad el volumen de aire que se introduce en el horno, y por lo tanto, el proceso de reducción es perfectamente controlable. No obstante, cabe señalar que las posibilidades que ofrece el sistema de "tiro libre", no deben ser menospreciadas, razón por la cual será objeto de estudio en un futuro próximo.

Arqueológicamente, el conjunto de datos de los que disponemos para conocer el proceso de reducción durante la Antigüedad corresponde a estructuras de combustión como las excavadas en el yacimiento ibérico de Les Guàrdies (El Vendrell, Tarragona) (Morer/ Rigo 1999), esencialmente hornos de reducción y de post-reducción (o fraguas), piezas de insuflación (o toberas de tipo "Y") y toberas cilíndricas y finalmente, restos de material férrico y escoriáceo (Sermeels 1997). Tomando como referente algunas de las piezas de insuflación de tipo ibérico halladas en algunos yacimientos ibéricos septentrionales (Molist *et al.* 2005, 179-188) (Olèrdola, Castellet de Banyoles y Olius), fueron construidas sendas réplicas para ser utilizadas en los hornos LU y ELSEKON respectivamente. La presencia de estas piezas en el sistema de inyección de aire responde a un principio fundamental y necesario para ventilar adecuadamente el interior del horno, pero también para evitar la absorción de aire caliente y brasas. Las piezas de insuflación de "tipo ibérico" (o de tipo "Y"), actúan como válvulas de contención, permitiendo el flujo del aire sólo en dirección al horno. Ello se consigue mediante la fusión de las dos bocas en una sola salida, impidiendo así que el fuelle que no trabaja absorba el contenido del

horno. El vértice de éstas piezas queda insertado en una tobera cilíndrica, la cual, a su vez, queda insertada en el horno. Esto podría explicar la escasa alteración térmica de las piezas en "Y" ibéricas. No obstante, nosotros tenemos algunas dudas respecto la utilización de estos mecanismos en los hornos de reducción directa y las concebimos más adecuadas para los trabajos en hornos de post-reducción, siguiendo, probablemente, el mismo esquema que hemos expuesto. Es recomendable que la colocación de las toberas en el interior del horno supere los 30° de inclinación respecto a la horizontal. De este forma, por un lado se evitan posibles obturaciones derivadas de la propia fusión del material arcilloso que lo conforman, y por el otro, se incrementa la zona del interior del horno que riega el aire en su ascenso hacia la chimenea.



MMO 525

Figura 5. Pieza de insuflación de "tipo ibérico" procedente de Olèrdola (Barcelona).



Figura 6. Réplica de la pieza de insuflación de Olèrdola (Barcelona) elaborada por nosotros.

Los fuelles, la parte activa de la alimentación de aire, deben ser de gran capacidad y permitir, según algunos autores (Boonstra/ Van de Mannaker/ Van Thijs 1997) la entrada de 500 l. de aire en cada minuto de trabajo, de forma dinámica y con un ritmo no demasiado intenso, dado que los movimientos, aunque leves, podrían afectar negativamente a la cohesión del conjunto fuelles- pieza de insuflación- tobera cilíndrica, si tenemos en cuenta que una reducción de este tipo puede llegar a prolongarse durante más de seis horas (aunque, he aquí otro factor influyente, todo depende de la cantidad de mineral sometido a reducción y de la cantidad de hierro a obtener deseada).

2.3. COMBUSTIBLE Y MINERAL

En el proceso de reducción directa es importante que tanto el mineral como el carbón vegetal sean de la mayor pureza y calidad posible. En otros términos, es mejor que el mineral tenga un alto contenido en hierro (goethita, hematita o magnetita) y que el carbón proceda de una madera verde de alta densidad como el Roble (*Quercus*), la Encina (*Quercus illex*), el Olivo (*Olea europaea*) o la Carrasca (*Quercus rotundifolia*) y que, además, posea una alta propiedad calorífica. No obstante, es plausible considerar que en la Antigüedad, se emplearía habitualmente combustible de menor densidad y poder calorífico en las zonas mineras dedicadas a la reducción, como el Pino Blanco (*Pinus halepensis*) o diversos tipos de matorral y bajo monte, dependiendo de la ubicación de los hornos de reducción.

3. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRIEUX, P. H. 2004a, Expérimenter en archéologie, in M. Mangin (dir.), *Le Fer*, Errance, Collection "Archéologies", París, 10-11.
- ANDRIEUX, P. H. 2004b, Les traces thermiques sur les parois de four, in M. Mangin (dir.), *Le Fer*, Errance, Collection "Archéologies", París, 70-71.
- BOONSTRA, A., VAN de MANNAKER, T., VAN DIJK, W. 1997, Experiments with a slag- tapping and a slag pit furnace, in Lars Chr. Nørbach (ed.), *Early iron production. Archaeology, Technology and Experiments (Nordic Iron Seminar, Lejre, del 22 al 28 de julio 1996)*, Technical Report 3, 73-80.
- BURILLO, F., ROVIRA, S. 2005, Experimentos de fundición de minerales de hierro en la ciudad-estado celtibérica de Segeda (*Mara, Zaragoza*), *Avances en Arqueometría*, Universitat de Girona, 137-143.
- CREW, P. 1991, The Experimental Production of Prehistoric Bar Iron, *Historical Metallurgy* 25/1, 21-36.
- DECOMBEIX, P. M., FABRÉ, J. M., RICO, CH. 2001, Expérimentations de réduction directe du fer dans des reconstitutions des bas-fourneaux romains de la Montagne Noire, *Actes del 1er Simposi sobre la Minería i la Metal·lúrgia antiga al sud-oest europeu (Centre d'Arqueologia d'Avinganya, Seròs, 5 al 7 de mayo del 2000)*, 185-194.
- ESPELUND, A. 2010, Experimental ironmaking once more: combining theory and find material, *EuroREA* 7, 4-8.
- FORBES, R. J. 1964, The evolution of the smith, his social and sacred status, *Studies in Ancient Technology VIII*, Leiden, 52-102.
- FORÉS, A., GASSIOT, E., OLTRA, J. 2003, Mes enllà de la transhumància: mineria i metal·lúrgia antiga a l'alta muntanya del Pallars Sobirà, in J. M. Mata-Perelló (ed.), *Libro de Actas del Primer Simposio sobre Minería, Metalurgia y Patrimonio en el Área Mediterránea (Bellmunt del Priorat, del 8 al 10 de Noviembre del 2002)*, Ajuntament de Bellmunt, SEDPGYM, UPC, 71-82.
- KARBOWNICZEK, M., WEKER, W., SULIGA, I. 2009, Experimental metallurgical process in a slag pit bloomery furnace, *EuroREA* 6, 45-49.
- LEROY, M., MERLUZZO, P. 2004, La réduction: du minerai au métal, in M. Mangin (dir.), *Le Fer*, Errance, Collection "Archéologies", París, 49-80.
- MANGIN, M. (dir.) 2004, *Le fer*, Col. Archéologiques, Errance, París.
- MATA, C., MORENO, A., FERRER, M. A. 2009, Iron, Fuel and Slags: Reconstructing the Ironworking Process in Iberian Iron Age (Valencian Region), *Pyrenae* n° 40, vol. II, 105-127.
- MOHEN, J. P. 1992, *Metalurgia prehistórica. Introducción a la paleometalurgia*, Barcelona.
- MOLIST, N., ROS, A., BOSCH, J. M., MESTRES, J., SENABRE, M. R. 2005, Piezas de insuflación de aire del proceso metalúrgico en el noreste peninsular durante el período ibérico, in O. Puche, M. Ayarzagüena, M. (ed.) *Actas del IIº simposio sobre minería y metalurgia históricas en el sudoeste europeo (Madrid, 24-26 de junio de 2004)*, Madrid, 179-188.
- MORER, J., RIGO, A., BARRASSETAS, E. 1997, Les intervencions arqueològiques l'autopista A-16: valoració de conjunt, *Tribuna d'Arqueologia* 1996-1997, 67-98.
- MORER, J., RIGO, A. 1999, *Ferro i ferrers en el món ibèric. El poblat de les Guàrdies (El Vendrell)*, Aucat, Autopistes de Catalunya.
- PLEINER, R. 1980, *Early iron Metallurgy in Europe*, Wertin Muhly, London.
- PLEINER, R. 1988, Les primeres produccions de ferro a l'Europa Central i Oriental, *Cota Zero* 13, Vic, 71-84.

- PLEINER, R. 2000, *Iron in archaeology, the European bloomery smelters*, Praga.
- REYNOLDS, P. J. 1988, *Arqueologia experimental. Una perspectiva de futur*, Vic, Eumo, col. Referències 4.
- ROVIRA, M. C. 1997, De bronzistes a ferrers: dinàmica de la metal·lúrgia protohistòrica al nord-est peninsular, *Cota Zero* 13, 59-70.
- ROVIRA, S. 1993, La metalurgia de la Edad del Hierro en la Península Ibérica: una síntesis introductoria, in R. Arana, A. M. Muñoz, S. Ramallo, M. M. Ros (ed.), *Metalurgia en la Península Ibérica durante el Primer Milenio a. C. Estado actual de la investigación*, Universidad de Murcia, 45-70.
- ROVIRA, S. 2000, Continuum e innovació en la metalurgia ibèrica, in C. Mata, G. Pérez (ed.), *Ibers. Agricultors, artesans i comerciants, III Reunió sobre Economia en el Món Ibèric, SAGVNTUM Extra- 3*, Universidad de Valencia, 209-221.
- SARABIA, F. J. 1994, Aproximació teòrica y metalogràfica a la reducció de ferro en la Prehistòria par-tiendo del trabajo experimental, *Trabajos de Prehistoria* 51, Madrid, 95-109.
- SCHMIDT, P. (ed.) 1996, *The Culture and Technology of African Iron Production*, University Press, Florida.
- SERNEELS, V., CREW, P. 1997, Ore-Slag Relationships from experimentally Smelted Bog- Iron Ore, in P. Crew, S. Crew (ed.), *Early Ironworking in Europe, archaeology and Experiment, international Conference at Plas Tan Y Bwlch 1997*, Plas Tan Y Bwlch Occasional Paper 3, 78-82.
- SERNEELS, V. 1997, L'estudi dels rebutjos metal·lúrgics i la seva aportació a la comprensió de la indústria del ferro, *Cota Zero* 13, 29-42.
- SIMON, J., TARTERA, J., MARSAL, M., AULADELL, J. 2005, De los íberos al imperio romano. Evolución tecnológica del hierro, *Revista de Metalurgia*, núm. esp. CSIC, Madrid, 507-512.
- TYLECOTE, R. F., AUSTIN, J. N., WRAITH, A. E. 1971, The mechanism of the bloomery process in shaft furnaces, *J. Iron Steel Inst.* 209, 342-363.

IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICAS DECORATIVAS POR IMPRESIÓN CARDIAL EN CERÁMICAS NEOLÍTICAS DEL ÁMBITO GRANADINO A TRAVÉS DE LA ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL

Jesús Gámiz Caro*

En el present treball es presenta un estudi relacionat amb la identificació de les tècniques decoratives presents en materials ceràmics arqueològics corresponents al Neolític antic que provenen dels jaciments de la Cova de la Carigüela (Píñar, Granada), Les Majolicas (Alfacar, Granada), Cueva de Malalmuerzo (Moclín, Granada) i Cueva de la Sarsa (Bocairent, València). A través de l'estudi i identificació d'aquestes tècniques decoratives, s'ha pogut constatar l'existència clara de material ceràmic amb impressions cardials en l'àmbit granadí i la seva discriminació respecte a altres tècniques decoratives com són les impressions amb pinta. D'altra banda, també s'exposa l'existència de dos grups culturals clarament diferenciats a partir de la seva tradició decorativa.

Ceràmica, tècniques decoratives, decoració cardial.

In this paper we show a study about research of decorative technicals in archeological potterys ancient Neolithic from Cueva de la Carigüela (Píñar, Granada), Las Majolicas (Alfacar, Granada), Cueva de Malalmuerzo (Moclín, Granada) and Cova de la Sarsa (Bocairent, València). In this research we could to show that in province of Granada there was pottery with cardiac decoration and we could separate ceramics with decoration cardiac and decoration comb press, as well as the existence of two culturals groups identified for this decorative traditions.

Pottery, decorative technicals, cardiac decorations.

371

1. INTRODUCCIÓN

Como objetivo primordial, nos hemos marcado el estudio de los aspectos técnicos relacionados con la decoración de un tipo de producciones cerámicas muy particulares de la prehistoria reciente peninsular, cuya identificación ha planteado problemas a los investigadores que han centrado su labor en estos ítems, siendo el principal de estos, el discriminar entre las técnicas decorativas realizadas por impresiones cardiales y las realizadas por peine o gradinas. Trabajos anteriores han puesto en duda el apelativo de "cardial", aplicado en la identificación de decoraciones en algunas cerámicas, acuñando en su lugar el término "pseudocardial" (Jiménez Guijarro/Rojas

Rodríguez-Malo 2008), que hace referencia a la decoración impresa realizada sobre la matriz cerámica, previa a la cocción, a través de un instrumental presumiblemente de naturaleza ósea o vegetal que imita las improntas dejadas por la valva del *Cardium edule*.

La muestra cerámica en la que se centrará la realización de este trabajo proviene de una selección de fragmentos sustraídos de las colecciones cerámicas obtenidas en cuatro yacimientos arqueológicos encuadrados dentro del marco cronocultural del Neolítico antiguo. Tres de estos yacimientos se ubican en la provincia de Granada: la Cueva de la Carigüela (Píñar, Granada), Las Majolicas (Alfacar, Granada) y la Cueva de Malalmuerzo (Moclín, Granada) (Gámiz 2011a). El estudio se completa con seis

* Investigador pre-doctoral FPU. Dpto. Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada.
e-mail: jegamizcaro@gmail.com

fragmentos originarios de la Cova de la Sarsa (Bocairent, València) (Gámiz 2011b), que nos servirán para enfatizar sobre la propuesta de un modelo multicultural dentro del mismo periodo cronocultural, pero en ámbitos geográficos distintos del territorio peninsular, aunque relativamente cercanos entre sí, a través del estudio de las técnicas decorativas que aquí nos ocupan y de los estudios tecnológicos que ya han sido objeto de estudio en otras publicaciones (Gámiz 2011b). En este trabajo se contemplarán treinta y cuatro fragmentos, identificados con decoración cardial, de una muestra total de ciento trece. De los fragmentos en donde se han podido identificar impresiones cardiales, ocho provienen de los estratos más antiguos de la Cueva de la Carigüela, quince de la Cueva de Las Majolicas, cinco de la Cueva de Malalmuerzo y seis de la Cova de la Sarsa.

2. METODOLOGÍA

El objetivo principal consistirá en la identificación de los gestos técnicos usados por el artífice de la pieza cerámica para la realización de las impresiones cardiales, teniendo como referencia los motivos decorativos identificados en los fragmentos cerámicos que estamos analizando. Para ello se planteó en primer lugar la identificación mineralógica a través de observación con lupa binocular Leica ZOOM 2000 y difracción de rayos-x, realizadas mediante polvo total, en un difractorómetro BRUKER D8 ADVANCE, ubicado en el Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada, cuyos difractogramas fueron leídos en software X Powder v.2010.01.10 PRO. Con estos análisis se obtiene información relacionada con aspectos tecnológicos y propiedades del producto final, así como el tipo de arcilla recolectada para la fabricación del objeto (Navarrete *et al.* 1991). Tras detectar las posibles zonas de captación, se continuaría con la identificación mineralógica siguiendo las mismas técnicas usadas para los fragmentos arqueológicos pero esta vez sobre las muestras de arcillas recogidas en la actualidad. Este paso es fundamental ya que las proporciones de desgrasante mineral natural condicionan la decoración que se puede realizar sobre las paredes del vaso debido a la mayor o menor dureza que presenten las mismas, en función de la mayor o menor presencia de desgrasante en la pasta; desgrasante que por otro lado y como se ha mencionado en otros trabajos (Capel *et al.* 1981; Capel *et al.* 1986; Gámiz 2011b), en ningún caso es añadido intencionalmente, sino que la mayor o menor presencia de un tipo de mineral concreto y el mayor o menor uso de este tipo de arcillas en la elaboración de los vasos cerámicos, depende de la pericia y conocimientos técnicos que el artesano en cuestión tuviera

a fin de dotar al producto final de unas características determinadas. Por motivos económicos y de tiempo, este último paso no se ha podido llevar a cabo, necesario para replicar las proporciones de desgrasante y arcilla identificados en los fragmentos objeto de estudio a fin de emular en la medida de lo posible las pastas arcillosas arqueológicas con el objetivo de comprobar la resistencia a la hendidura fruto de la impresión decorativa, pues mantenemos la hipótesis de que este tipo de decoraciones no se realizarían sobre superficies que contuvieran desgrasante grueso y abundante. Por ello se optó por la elección de una matriz neutra, sin ningún tipo de desgrasante, que nos permitiera replicar y detectar con claridad la impronta dejada por el gesto técnico a identificar, aunque somos conscientes de que nuestra aproximación es parcial. Es por ello que en su totalidad procederemos a la experimentación aquí citada realizándola en su totalidad sobre arcilla de modelado.

La identificación de los gestos técnicos se desarrollaría a través de la observación de las improntas dejadas por la matriz sobre la arcilla en los fragmentos cerámicos de origen arqueológico. Para ello se usó la lupa binocular. A partir de esta observación se pudo determinar la orientación de las costillas de la valva o del borde, la fuerza de presión y la parte de la valva con la cual se llevó a cabo la impresión. En algunos casos, el motivo a replicar era imposible de conseguir sin la modificación previa de la valva, modificación que explicaremos más detalladamente conforme a aquellos casos que fueron susceptibles de este cambio. La matriz usada para esta réplica consistió básicamente en conchas de berberecho *cardium edule* fresco recogido en playas de diferentes puntos del litoral malagueño y granadino, áreas que consideramos más apropiadas para la captación de este recurso en la Prehistoria, debido a la proximidad y existencia de vías de acceso naturales a los yacimientos granadinos. Todo el proceso de reproducción de los gestos técnicos y preparación de la matriz quedó debidamente registrado de forma gráfica mediante imágenes que mostraremos a lo largo de este trabajo y que han sido escogidas como las más ilustrativas atendiendo a nuestro criterio.

3. GESTOS TÉCNICOS Y MODALIDAD DECORATIVA

Para el desarrollo de la experimentación se han usado valvas correspondientes a la especie *cardium edule*, como se ha citado con anterioridad. Hay que decir que esta no sería la única especie con la cual los artesanos del Neolítico harían las impresiones sobre las vasijas de arcillas, ya que también está documentado

el uso de otras especies correspondientes a la familia de los cárdidos (Jiménez Guijarro/Rojas Rodríguez-Malo 2008).

Tras la experiencia, se han identificado cinco tipos de técnicas en las reproducciones realizadas, en correspondencia con los fragmentos seleccionados de los yacimientos objeto de estudio.

Las técnicas identificadas con gestos técnicos que presentan este tipo de decoración, las hemos denominado Técnica I, Técnica II, Técnica III, Técnica IV y Técnica V (Fig. 1), las cuales serán descritas a continuación.

La Técnica I (Fig. 1) consiste en la impresión del nátx (protuberancia situada en la parte anterior de la valva donde convergen las costillas de la concha), dejando ésta una impronta en forma de abanico. Para la impresión de nátx, la orientación de la valva con respecto al plano de impresión (P), así como la dirección del vector de fuerza (F) debe ser de 45°. A esta técnica pertenecen los fragmentos: MA.1, MA.2 y SA.6 (Gámiz 2011a).

La Técnica II (Fig. 1) consiste en la impresión del borde de la valva. Previamente a la impresión se procede a un limado de la parte inferior interna del borde de la valva con objeto de eliminar en la medida de lo posible la morfología natural de la misma que por esta zona presenta una sección rectangular que no aparecerá en los ítems arqueológicos. Esto también se puede deber a que la valva usada presentara un nivel de desgaste producto de la erosión que hubiera modificado la morfometría natural de la concha. Tampoco habría que descartar el empleo de otra especie de bivalvo diferente a la usada en este trabajo. En cuanto a la impresión, también puede efectuarse con una orientación de 90° o 135° respecto al plano de impresión (P). El vector de fuerza (F) puede realizarse tanto verticalmente, con respecto al borde de la valva, como de forma oblicua al borde. En algunos casos y previo a la cocción de la vasija, tras hacer la impresión, se lleva a cabo un leve alisado de la superficie con el fin de eliminar rebabas originadas por ésta. Se identifican con esta técnica los fragmentos: CA.17, CA.13, MJ.2, MJ.6, MJ.12, MJ.13, MJ.14, MJ.62, MA.4, SA.1, SA.2, SA.3, SA.4 y SA.5 (Gámiz 2011a).

La Técnica III (Fig. 1) necesita de la modificación de la valva. Toda valva tiene dos curvas de crecimiento claramente diferenciadas en su superficie exterior. Para conseguir una impresión de las costillas con dimensiones más reducidas y evitar la impresión de los rectángulos del interior del borde de la valva, se procede a extraer la segunda línea de crecimiento del cardium. Para ello se presiona sobre la mitad inferior de la cara exterior de la valva con un útil provisto de una hoja cortante. De esta manera saltará la mitad del segundo anillo de crecimiento. Para extraer la otra mitad basta con pre-

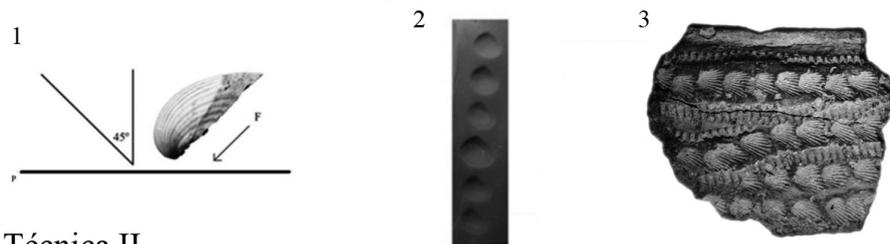
sionar sobre la unión de ambas curvas de crecimiento. El resultado es un útil parecido al inicial pero de dimensiones más reducidas y sin elementos que puedan dejar rebabas en la impresión. Para concluir, se lima el borde del útil con la intención de obtener una impresión lo más limpia posible. El modo de empleo en la impresión sería igual que en la Técnica II. A esta técnica pertenece la decoración de las cerámicas: CA.1 y CA.18, CA.15, MA.1 y MA.2, MA.8 y MA.9 (Gámiz 2011a).

La Técnica IV (Fig. 1) también requiere la modificación de la herramienta de impresión. Esta alteración va orientada a la obtención de un útil que deje una impronta con un número de ondulaciones determinadas. Por lo tanto, se extrae una sección de la concha mediante el procedimiento anteriormente descrito. Ahora bien, para la impresión no se usará el borde natural de la valva, sino el borde anterior creado a partir de la fragmentación de la concha, a fin de evitar rebabas y la impresión rectangular de la morfología de la concha. Es posible que antes de imprimir se prepare la superficie de impresión mediante el limado. En cuanto a la impresión, se realizaría de la misma forma que en las técnicas II y III. A este tipo de técnica pertenecen las decoraciones de las cerámicas: CA.1 y CA.18, CA.12, MJ. 61 y SA.6 (Gámiz 2011a).

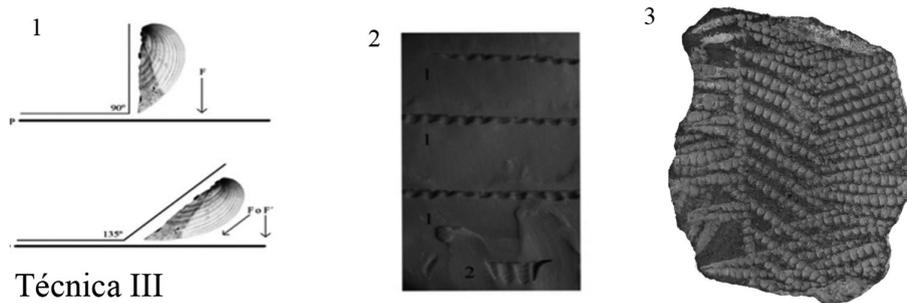
La Técnica V (Fig. 1) consiste en la impresión sobre el plano (P) con la parte interior del borde de la valva. Anteriormente señalábamos que en la Técnica II se procedía al limado de la parte interior del borde de la valva con objeto de suprimir la formación rectangular que la morfología natural de la concha presentaba. En esta ocasión lo que se persigue es la impresión rectangular de parte interior de las costillas del cardium. Para ello se incide sobre el plano (P) con la parte recta que la valva presenta vista desde un lateral y ejerciendo un ángulo de impresión recto. En ocasiones, este tipo de impresiones han sido interpretadas como decoración con peine. La diferencia principal con respecto a la decoración con peine radica en: la perfecta uniformidad de las improntas rectangulares, la profundidad menor de incisión que este tipo de técnica presenta respecto a la impresión del peine y en la superficie plana que deja tras la impresión, siendo redondeada o angulosa en el caso de la impresión por peine. Esta técnica se identifica en los fragmentos: CA.9, CA.12, CA.13, CA.14, MJ.3, MJ. 5, MJ.9, MJ.11, MJ.58, MJ.60, MJ.63 y MJ.64 (Gámiz 2011a).

No hay que descartar la posibilidad de que existan más técnicas decorativas con *cardium edule*, puesto que las posibilidades que permite la herramienta-ecofacto son múltiples. Aquí sólo hemos contemplado estas cinco técnicas que son las que quedan plasmadas en el registro arqueológico objeto de estudio.

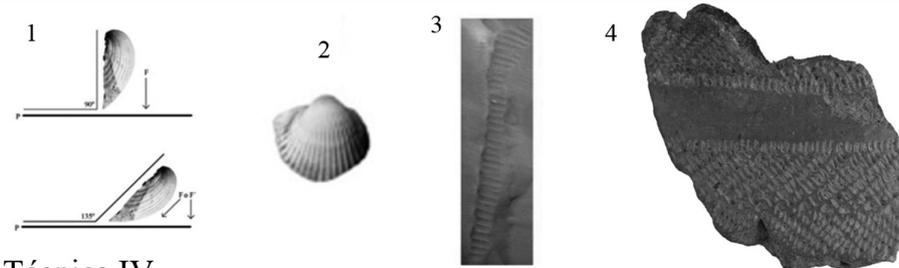
Técnica I



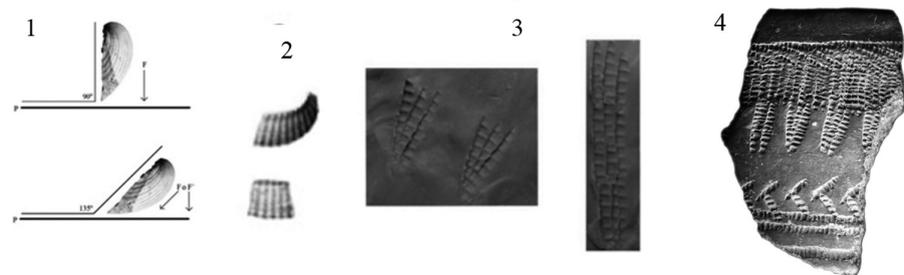
Técnica II



Técnica III



Técnica IV



Técnica V

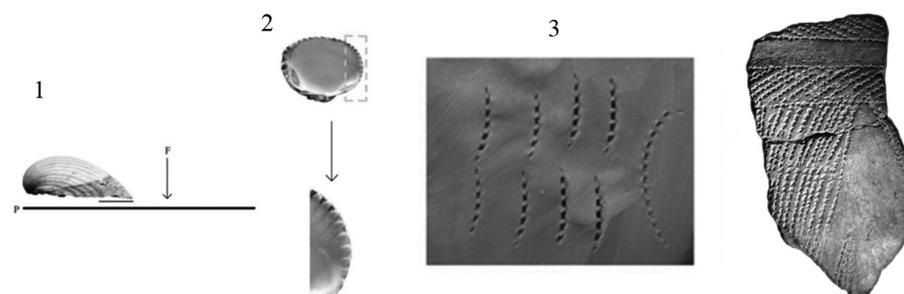


Figura 1. Técnicas decorativas I y II: 1) gesto técnico, 2) impronta sobre masa de modelar y 3) fragmento de cerámica arqueológica donde se identifica esa técnica.
Técnicas decorativas III, IV y V: 1) gesto técnico, 2) útil modificado 3) impronta sobre masa de modelar y 4) fragmento de cerámica arqueológica donde se identifica esa técnica.

4. CONCLUSIONES

Con la elaboración de este estudio se ha podido constatar la inequívoca existencia de cerámicas neolíticas decoradas con impresiones cardiales en el ámbito granadino, además de haber podido discriminarlas de aquellas otras decoradas con otras técnicas cuyos resultados fueron improntas parecidas pero elaboradas con útiles diferentes (Gámiz 2011b). Por lo tanto, la cerámica cardinal se adscribe a las fases más antiguas de la Cueva de la Carigüela, correspondientes al Neolítico antiguo (Arribas/Molina 1979; Molina 1983; Navarrete/Molina 1987), siendo esta cavidad la única que debido a su estudio sistemático ha presentado una estratigrafía amplia y coherente a diferencia del resto de yacimientos granadinos, cuyos materiales provienen de prospecciones o han sido recogidos fuera de contextos estratigráficos a causa de remociones en los yacimientos de origen (Molina 1970; Carrión/Contreras 1979, 1983). Atendiendo a la similitud de los motivos decorativos hallados y estudiados en las cerámicas del ámbito granadino, podemos encuadrar los tres grupos cerámicos en el mismo marco cronocultural. En relación con los motivos decorativos que se han podido identificar (Gámiz 2011a), tanto del ámbito granadino como del valenciano en conjuntos como los que se muestran aquí y en otras estudiadas en trabajos anteriores realizados por otros investigadores (Asquerino 1975, 1976, 1978; Martí *et al.* 1987; Martí 1990), se ha podido determinar la reiteración de las composiciones decorativas en los fragmentos cerámicos de ambas áreas geográficas, siendo estos distintos entre sí, lo que nos indica la existencia, al menos, de dos tradiciones decorativas distintas, lo que nos permite concluir que estamos ante la existencia de dos grupos culturales diferentes con producciones locales de cerámica.

5. BIBLIOGRAFÍA

ARRIBAS PALAU, A., MOLINA GONZÁLEZ, F. 1979, *El poblado de "Los Castillejos" en Las Peñas de los Gitanos (Montefrío, Granada). Campaña de excavaciones de 1971. El corte número 1*, Granada, Dpto. de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada, Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada, Serie Monográfica 3.

ASQUERINO FERNÁNDEZ-RIDRUEJO, M. D. 1975, Una aportación al estudio del Bronce I Español: tipología de las asas de apéndice de la Cova de la Sarsa. *XIII Congreso Nacional de Arqueología (Huelva, 1973)*, Zaragoza, 351-354.

ASQUERINO FERNÁNDEZ-RIDRUEJO, M. D. 1976, Vasos cardiales inéditos de la Cueva de la Sarsa (Bocairente-Valencia), *Trabajos de Prehistoria* 33, 339-350.

ASQUERINO FERNÁNDEZ-RIDRUEJO, M. D. 1978, Cova de la Sarsa (Bocairente-Valencia). Análisis estadístico y tipológico de materiales sin estratigrafía (1971-1974), *Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia, Saguntum* 13, 99-225.

CAPEL MARTÍNEZ, J., NAVARRETE, M. S., HUERTAS, F., LINARES, J. 1982, Algunos aspectos del proceso de manufacturación de cerámicas neolíticas. Estudio del contenido en desgrasantes mediante lupa binocular, *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 7, 73-111.

CAPEL, J., LINARES, J., HUERTAS, F., MUÑOZ, P. 1986, La Sima de los Intentos: estudio óptico y mineralógico, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 11, 73-109.

CARRIÓN MÉNDEZ, F., CONTRERAS CORTÉS, F. 1979, Yacimientos neolíticos en la zona de Moclín, Granada, *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada* 4, 26-56.

CARRIÓN MÉNDEZ, F., CONTRERAS CORTÉS, F. 1983, La Cueva de Malalmuerzo (Moclín, Granada). Un yacimiento Neolítico Antiguo en la Alta Andalucía, *XVI Congreso Nacional de Arqueología (Murcia-Cartagena, 1982)*, Zaragoza, 65-70.

GÁMIZ CARO, J. 2011a, *Aproximación al neolítico de la provincia de Granada a través del estudio de la cerámica*, Granada, Universidad de Granada, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Prehistoria y Arqueología (Trabajo Final de Máster inédito).

GÁMIZ CARO, J. 2011b, Aproximación al neolítico de la provincia de Granada a través del estudio de la cerámica, *Arqueología y Territorio* 8, 17-33.

JIMENEZ GUIJARRO, J., ROJAS RODRÍGUEZ-MALO, J. M. 2008, Caracterización de las cerámicas impresas cardiales y pseudocardiales de la cuenca del Tajo, *IV Congreso del Neolítico Peninsular (Alicante, 2006)*, MARQ, 222-230.

MARTÍ OLIVER, B. 1990, Impressed cardinal decoration and rock shelter art in Eastern Spain, *Rubané and Cardinal*, 405-415.

MARTÍ OLIVER, B. *et al.* 1987, El Neolítico antiguo en la zona oriental de la Península Ibérica, *Premières communautés paysannes en Méditerranée Occidentale, Actes du Colloque International du Centre National de la Recherche Scientifique (Montpellier, 1983)*, París, Centre National de la Recherche Scientifique, 607-620.

MOLINA GONZÁLEZ, F. 1970, Yacimiento prehistórico de Alfacar, *XI Congreso Nacional de Arqueología (Mérida, 1968)*, Zaragoza, 797-810.

MOLINA GONZÁLEZ, F. 1983, La Prehistoria, in F. Molina, J. M. Roldán (ed.), *Historia de Granada I. De las primeras culturas al Islam*, Granada, 11-131.

NAVARRETE ENCISO, M. S., MOLINA GONZÁLEZ, F. 1987, Le processus de néolithisation et les débuts de la sédentarisation en Haute-Andalousie, *Premières communautés paysannes en Méditerranée Occidentale*, Actes du Colloque International du Centre National de la Recherche Scientifique (Montpellier, 1983), Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, 645-651.

NAVARRETE ENCISO, M. S., CAPEL, J., LINARES, J., HUERTAS, F., REYES, E. 1991, *Cerámicas Neolíticas de la provincia de Granada. Materias primas y técnicas de manufacturación*, Granada, Universidad de Granada, Monográfica Arte y Arqueología 9.

APROXIMACIÓ AL GEST TECNOLÒGIC: LA DECORACIÓ CARDIAL DE CASERNA DE SANT PAU DEL CAMP (BARCELONA)

Anna Gómez* Pau Alberch** Adrià Breu** Miquel Molist*

El estudio del gesto tecnológico de las producciones cerámicas se ha visto revalorizado por la presencia de nuevos análisis de carácter metodológico. Estos trabajos nos permiten no sólo caracterizar la producción cerámica a través de los motivos decorativos sino también evidenciar el proceso de manufactura documentado a través del gesto y de los grupos tecnológicos. Con este objetivo se han analizado los fragmentos con decoración impresa con malacofauna dentada del yacimiento de la Caserna de Sant Pau (Barcelona).

Caserna de Sant Pau del Camp, cerámica, gesto tecnológico, técnicas decorativas.

The study of gestural technology in ceramic production has been revalued by the presence of new methodological studies. These studies allow us not only characterize decoration but also demonstrate the manufacturing process documented through gesture and technological groups. For this purpose we have analyzed the decorated fragments with printed malacofauna at Caserna de Sant Pau (Barcelona).

Caserna de Sant Pau del Camp, pottery, gestural technology, decorative techniques.

377

1. INTRODUCCIÓ

L'estudi de la ceràmica cardial, a partir de l'anàlisi de la decoració impresa, ha estat valorat des de diferents perspectives i ha constituït una de les línies de treball bàsiques des dels inicis dels estudis ceràmics per a les cronologies del neolític antic cardial. Les recents aportacions en aquest camp posen en relleu la necessitat d'una generalització i aprofundiment en aquests corrents d'anàlisi que no només ens permetin apropar-nos a la morfologia i temàtica o al gest tecnològic de les comunitats agropecuàries, sinó també aproximar-nos com aquests grups, a petita escala, gestionen les seves produccions i com els elements simbòlics es transmeten en aquest tipus de suport.

En aquest estudi es presenten els resultats d'un treball experimental utilitzat per a l'aproximació de les característiques tècniques de la producció decorativa d'un grup de ceràmiques afins als grups cardials. Així, l'estudi de les peces arqueològiques recuperades en l'assentament de Caserna de Sant Pau, concretament el material procedent d'un conjunt de sitges adscrites al nivell de Neolí-

tic Antic Cardial, va generar una sèrie d'hipòtesis que han estat sotmeses a la verificació gràcies a l'estudi experimental. Aquest estudi se centra en la valoració d'aquestes peces a partir de la morfologia, tipologia, ubicació, tecnologia, gest i decoració. La interacció entre aquests elements ens permet formular i identificar diferents aspectes vinculats a l'organització i estructuració no només del motiu decoratiu, sinó també del gest, i es converteix en un exercici que permet contrastar el resultat d'un estudi experimental amb el mateix material arqueològic.

2. EL JACIMENT: CASERNA DE SANT PAU

Arran de les excavacions realitzades entre els anys 1988 i 1992 al voltant de l'antic monestir de Sant Pau del Camp, al barri del Raval de Barcelona, van sortir a la llum noves restes d'ocupació prehistòrica intermitents que s'inicien al Neolític antic, passant per l'època del bronze i fins èpoques recents. Les excavacions que s'hi portaren a terme han permès recuperar una gran quantitat de dades que

* S.A.P.P.O. Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona.

** Estudiant, Universitat Autònoma de Barcelona.

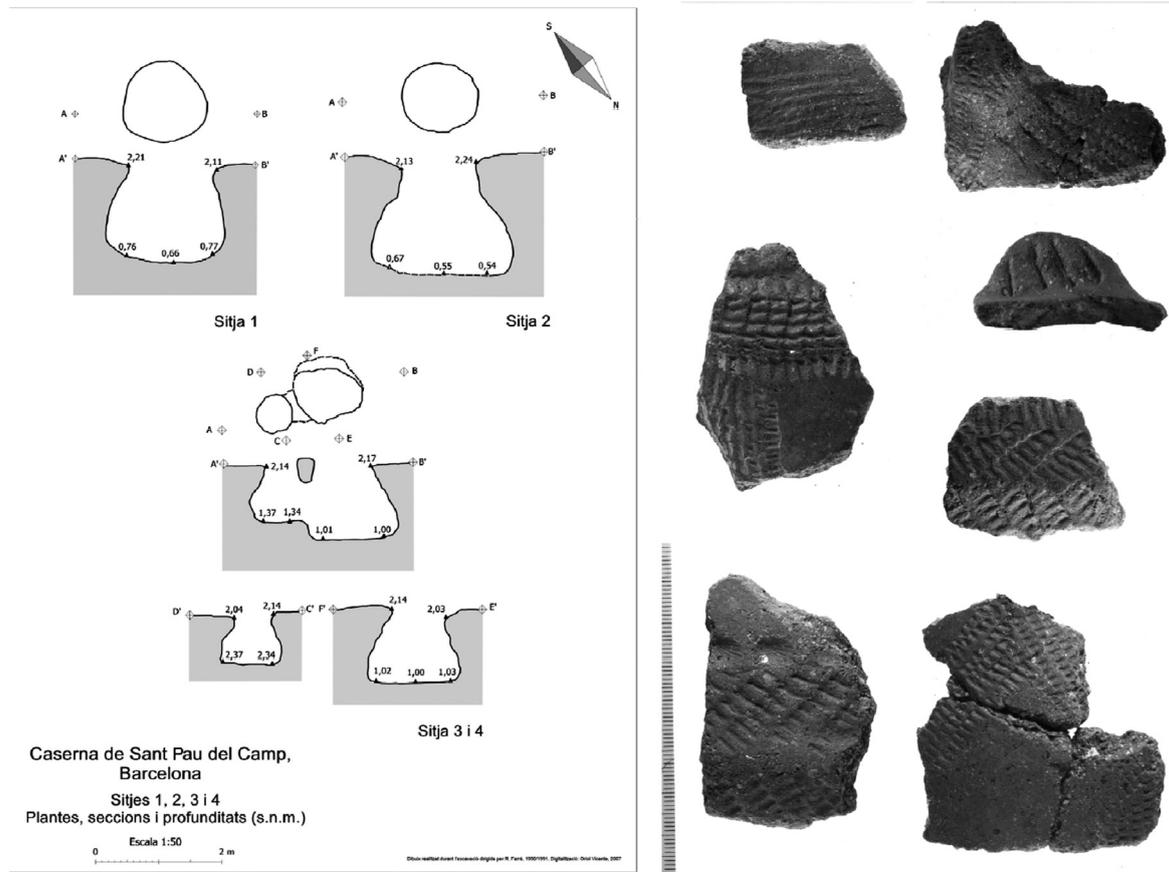


Figura 2. Il·lustració amb les sitges i exemples de fragments amb decoració impresa procedents de la sitja 1.

D'aquest conjunt de formes i decorats, un 46 % presenta decoració impresa amb malacofauna dentada. Aquest conjunt el trobem concentrat principalment a les sitges 1, 10, 14, 4 i 5; si bé a la resta de sitges (2, 9, 11 i 15), també hi és documentat però no supera el 10% de l'imprès cardinal.

Les produccions amb decoració cardinal es caracteritzen per tenir unes parets gruixudes o mitjanes, coccio mixta o totalment oxidant, superfícies exterior i interior allisades i desgriquant de mida petita. En general destaquen les formes obertes de perfil rectilini seguides per les vores de paret recta, una presència de formes obertes i algunes poques formes tancades. En referència a les bases, s'identifica una homogeneïtat del 98% en els fons còncaus. Pel què fa a les nanses, se'n documenten de tipus anulars així com mamellons i llengüetes, nanses de cinta, brocs i nanses sobreelevades (Gómez *et al.* 2008).

Les ceràmiques localitzades a les sitges són encara més interessants per les seves decoracions, tant plàstiques com impreses. Els tipus de decoracions observades són els cordons rectilinis, llisos o impresos, les impressions no cardials sobre la paret o sobre el llavi i

les decoracions impreses fetes amb malacofauna marina dentada. Aquestes darreres són les més abundants i presenten un nombre elevat de motius i/o disposicions. Així, s'han identificat les línies impreses espaiades, paral·leles o obliqües entre elles, i les línies impreses disposades en espiga. També s'han identificat motius de retícula impresa en forma de garlanda, o en forma de banda o bandes rectilínies, paral·leles, ortogonals o obliqües. Les decoracions cardials poden aparèixer combinades amb cordons rectilinis, és el cas d'algunes bandes reticulades o de línies en espiga, on el cordó forma l'eix de l'espiga. També les trobem combinades amb línies rectilínies i paral·leles, aparentment incises, encara que potser van ser fetes arrossegant una petxina. Les decoracions cardials poden aparèixer, finalment, al costat de línies incises fetes amb un instrument diferent a la petxina, aquestes però no han estat incloses en el present treball.

4. OBJECTIUS I MÈTODE

Aquest estudi d'aproximació tecnològica segueix la línia metodològica de diversos treballs de Bernabeu

(Bernabeu 1989, 2006), Bernabeu i altres (Bernabeu *et al.* 2007, 2011), Barnett (2000), Constantin (Constantin 1994), Manen (Manen 2002; Manen *et al.* 2010) Molina i altres (Molina *et al.* 2010). Els objectius inicials s'han centrat en la caracterització de la tecnologia emprada en la decoració impresa de la producció ceràmica, utilitzant les peces de malacologia dentada (*Cerastoderma*). Aquesta caracterització té la seva base en un estudi arqueològic centrat en l'anàlisi de les decoracions en funció de la composició decorativa, l'estructuració dels motius i la ubicació dins el vas (Gómez *et al.* 2008; Molist *et al.* 2009). Cal assenyalar que malgrat el nivell de fragmentació del conjunt, aquest estudi ha permès identificar un alt nombre de motius decoratius².

L'estudi tecnològic vinculat al gest decoratiu té la seva base en un protocol experimental on, en primer lloc, per cada peça arqueològica s'ha elaborat una fitxa tecnològica amb les variables d'identificació, descripció de la peça, el tipus de decoració, la descripció en funció del tipus d'eina, variable desgreixant i el tipus de pressió i temps emprat.

En la mateixa fitxa s'ha descrit el tipus de gest identificat i s'ha procedit a la reproducció de les diverses peces experimentals (15 plaquetes segons tipus argila, eina i temps de descans de l'argila). Finalment el document conclou amb un apartat d'observacions on, mitjançant una breu descripció, es tenen en compte les impressions de l'autor de la reproducció experimental.

Per a l'estudi experimental s'han utilitzat els següents paràmetres:

4.1. TIPUS D'EINA (PRINCIPALMENT MALACOFUNA DENTADA)

Per la variable d'espècie utilitzada s'han fet servir exemplars de la família *Cardidae*, amb l'espècie *Cerastoderma: Cerastoderma edule* i *Cerastoderma glaucum*. Tradicionalment, aquesta variabilitat en malacologia dentada impresa present en el Neolític antic apareix combinada amb elements decoratius molt variats (Bernabeu 1989). Aquesta heterogeneïtat va lligada a la manera d'imprimir la petxina sobre la pasta, i és sobre aquest element en el que s'ha centrat el nostre treball. (Barnett 2000; Bernabeu 2006; Bernabeu *et al.* 2007; Manen 2002; Manen *et al.* 2010).

4.2. TIPUS DE PRESSIÓ REALITZADA. EN BASE DE LA DUALITAT ENTRE PRESSIÓ CONTINUA I DISCONTINUA.

Aquesta variable ens permet identificar la continuïtat o discontinuïtat de contacte entre l'objecte i la superfície del vas. Això ens permet no només identificar el tipus de pressió sinó també la mobilitat de l'eina. Per a l'anàlisi estadístic s'han utilitzat les següents abreviacions: discontinua (D) i continua (C).

4.3. POSICIÓ DE L'EINA EN RELACIÓ A LA SUPERFÍCIE DEL VAS

La posició limitada que ens aporta el registre malacofaunístic ens ha permès identificar 4 variables bàsiques que són pivotant, arrossegament, estàtic i gir. Per a l'anàlisi estadístic s'han utilitzat les abreviacions de pivotant (P), arrossegament (A), estàtic (E) i gir (G).

4.4. TIPUS D'INCLINACIÓ

La variable inclinació fa referència a la posició i a la part de l'eina emprada. S'han documentat les variants tangencial dorsal, obliqua dorsal o perpendicular per la part de la cresta o marge dorsal i ventral de l'eina (malacofauna dentada), i la part del natis o xarnera. Igualment per la part analítica s'han utilitzat les abreviacions de tangencial dorsal (T), obliqua dorsal (O), perpendicular (P) o impressió del natis (N). (Fig. 3).

Les particularitats del mètode aplicat s'ha centrat, no tant en l'elaboració d'un referencial del tipus de petxina utilitzat, sinó en el mateix gest. Un gest desglossat per tipus d'espècie, part de la petxina, tipus de pasta (inclusions i sense), tipus de pressió, direcció, orientació. El protocol d'experimentació s'ha centrat en documentar el fragment arqueològic (identificació decoració, documentació gràfica), extreure una contra-impressió i realitzar una sèrie de plaquetes experimentals en base dos tipus de pasta diferent (inclusions minerals afegides i sense) i amb intervals temporals de fins a 15 hores.

Des d'un primer moment han sorgit diverses limitacions a la proposta d'estudi experimental. En primer terme cal assenyalar que no ha estat possible reproduir les terres amb les que han estat fetes les peces, per tant s'ha utilitzat argila prefabricada tipus SiO₂ per a l'elaboració de les plaquetes experimentals. Aquesta ha estat manipulada utilitzant un desgreixant mineral similar a la sorra formada per partícules o grànuls que comprenen de 0,05 a 2

2. Que en el conjunt de materials de Caserna de Sant Pau han estat agrupats en: Cords rectilinis, línies impreses espaiades irregulars, línies impreses espaiades irregulars i paral·leles, línies impreses contínues (raspallat), línies disposades en espiga, motiu de retícula impresa, garlanda, el motiu imprès aleatori, motiu imprès en forma de banda rectilínia, paral·lela, ortogonal i obliques o combinació amb decoracions de tipus rectilini, paral·leles i incises a la nansa.

3. Entenent aquesta acció com el moviment de desplaçament de l'eina en relació a la superfície del vas ceràmic.

Motiu/eina	<i>Cerastoderma glaucum</i> 1	<i>Cerastoderma edule</i> 2	<i>Cerastoderma glaucum</i> 3	<i>Cerastoderma edule</i> 4	<i>Cerastoderma glaucum</i> 5
1. Tangenci al dorsal					
2. Obliquo dorsal					
3. Perpendicular					
4. natis					

Figura 3. Taula il·lustrant els diferents elements decoratius obtinguts per pressió discontinua utilitzant les variants de malacofauna dentada de *Cerastoderma edule* i *Cerastoderma glaucum* utilitzats en el present treball.

mil·límetres. Aquest ha estat afegit a la pasta i es volia computar com a element que infereix en la variant hores que passen entre que la peça s'asseca i el temps en que s'imprimeix el motiu. Aquests dos elements però van ser descartats del present estudi ja que no permetien inferir en els objectius del treball. Tot i així es va arribar a establir que en un màxim de 10 hores ja no era possible realitzar la impressió sobre la peça, i que un temps còmode per a aquesta activitat es trobava entre 1 i 5 hores. També cal assenyalar que en alguns casos no ha estat possible identificar l'espècie de malacofauna dentada utilitzada i que si bé amb les dues espècies utilitzades per nosaltres es va reproduir un motiu semblant, aquest també es podria haver aconseguit per altres mitjans. Finalment, també volem assenyalar que l'estat de fragmentació de les peces arqueològiques no permet realitzar un anàlisi estilístic complet ni identificar les seqüències decoratives.

Alguns d'aquests paràmetres ja han estat assenyalats per diversos autors i semblen ser una constant en els estudis de neolític antic cardial (Calvo *et al.* 2004; Manen *et al.* 2010; Gómez 2011).

5. PART ANALÍTICA

La part analítica del treball s'ha centrat en el creuament de dades obtingut tant de l'estudi arqueològic com de l'exercici experimental.

Una primera valoració s'ha centrat en l'establir la presència o absència de relació entre el **gest tecnològic** i les **sitges** analitzades. El gest tecnològic l'analitzem a partir del tipus de pressió, la posició i la inclinació⁴. En general podem dir que tendeix a haver-hi una pressió de tipus discontinu per sobre de la pressió continua. I que hi ha una relació directe entre pressió discontinua sempre associada a la posició gir i a la posició estàtica i la pressió continua i la posició pivotant i la d'arrastrar. D'altra banda, en relació a la posició de la malacofauna impresa cal assenyalar que el gir és freqüent en les 7 sitges analitzades mentre que l'arrossegat només es troba present en la sitja 10 i el pivotant, tot i ser minoritari apareix a les sitges 4, 5 i 14. Mentre que en relació a la inclinació de l'eina podem dir que la inclinació tangencial dorsal és la més freqüent juntament amb la inclinació perpendicular i ambdues són presents en totes les sitges.

En el primer gràfic s'ha analitzat si els fragments impresos amb **malacofauna dentada** tendeix a trobar-se més en una **sitja** o en una altra (Fig. 4). Observant les dades en primer lloc queda clar que la petxina número 2 és molt poc freqüent i tendeix a aparèixer més en la sitja 5. En segon lloc la petxina 1 és més present en la sitja 14 i 9. A més a més també es pot trobar en la sitja 1, en percentatges importat però sense ser hegemònica. Les formes 3, 4, i 5 semblen anar juntes i formar un grup propi que seria molt present en les sitges 2 i 4. A més a

4.- La variable eina no presenta diferències en el creuament entre gest i motiu decoratiu per tant la variable gest ha estat analitzada posteriorment sense contemplar quin tipus de petxina s'ha fet servir.

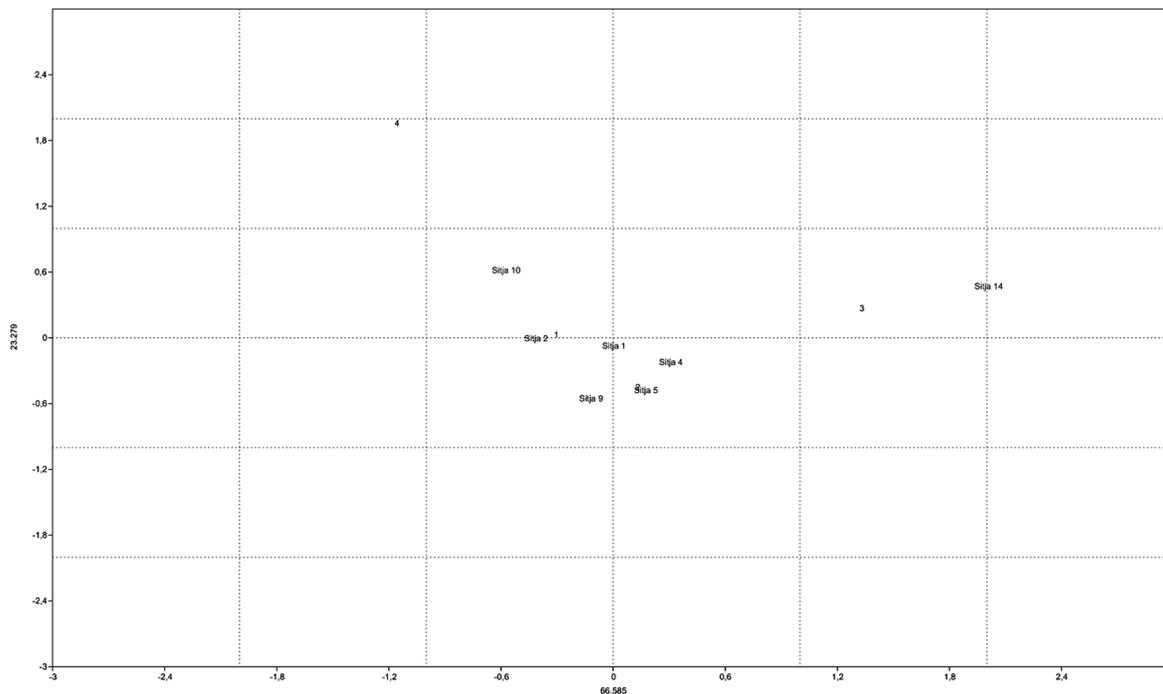


Figura 4. Gràfic de correspondència. Sitja i malacofauna marina dentada: *Cerastoderma edule* (n. 2 i 4) i *Cerastoderma glaucum* (n. 1, 3, 5).

382

més aquest grup també estaria present en la sitja 10 de manera significativa però sense ser hegemònica ja que la proximitat a la petxina 1 és notable. Aquestes dades aporten informació de tipus experimental ja que no s'ha recuperat cap eina en el jaciment associada a aquesta activitat i que utilitzant eines actuals no s'aprecia una diferència clara entre espècies, si bé, si que existeix una preferència en funció de l'individu que les utilitza⁵.

En base l'anàlisi dels gràfics de correspondència i en relació a si la **posició** de l'eina tendeix a donar-se més en una **sitja** o en una altra (Fig. 5) podem veure com trobem dues sitges associades directament a un tipus de posició. Ens referim a la sitja 5, molt propera a la posició 2 (posició estàtic) i la sitja 2, molt propera a la posició 1 (Gir). Tanmateix són moltes les sitges que es troben properes a la posició 1 i 2 i és que aquestes posicions són les més comunes en tot el conjunt. Pel que fa al a l'arrossegament la sitja 14 és la que tendria a tenir doncs més presència d'aquesta tècnica. Finalment la posició pivotant tot i ser menys freqüent estaria més present en la sitja 10.

L'associació entre **inclinació** de l'eina i la **posició** de la mateixa ens aporta important informació en relació al gest tecnològic. En general podem dir que la posició gir i estàtic són més freqüents que la resta i es vinculen a la inclinació tangencial dorsal, però també tot i que menor mesura, a l'obliqu dorsal i al perpendicular. Aquesta inclinació perpendicular és principalment present en la posició gir, i en menor mesura, en la posició estàtica.

També queda palès que l'aplicació del natis només es realitza en inclinació obliqu dorsal mentre que la posició pivotant només és present amb la inclinació tangencial dorsal. Més variable és la posició per arrossegament on aquesta apareix en relació a la inclinació tangencial i obliqua (tant dorsal com ventral). Finalment podem assenyalar que la inclinació perpendicular es principalment present en la posició tipus gir, i en menor mesura en la posició estàtica.

Pel que fa a la relació entre la **decoració** i el **gest** hem creuat aquestes dues variables buscant algun tipus de relació. Com es pot observar en la taula (Fig. 6) hem detectat dues agrupacions (encerclades). En base a aquestes podem dir que els gestos: discontinu girat per-

5.- Per tant l'hem considerat un criteri massa subjectiu per ser avaluat en aquest treball.

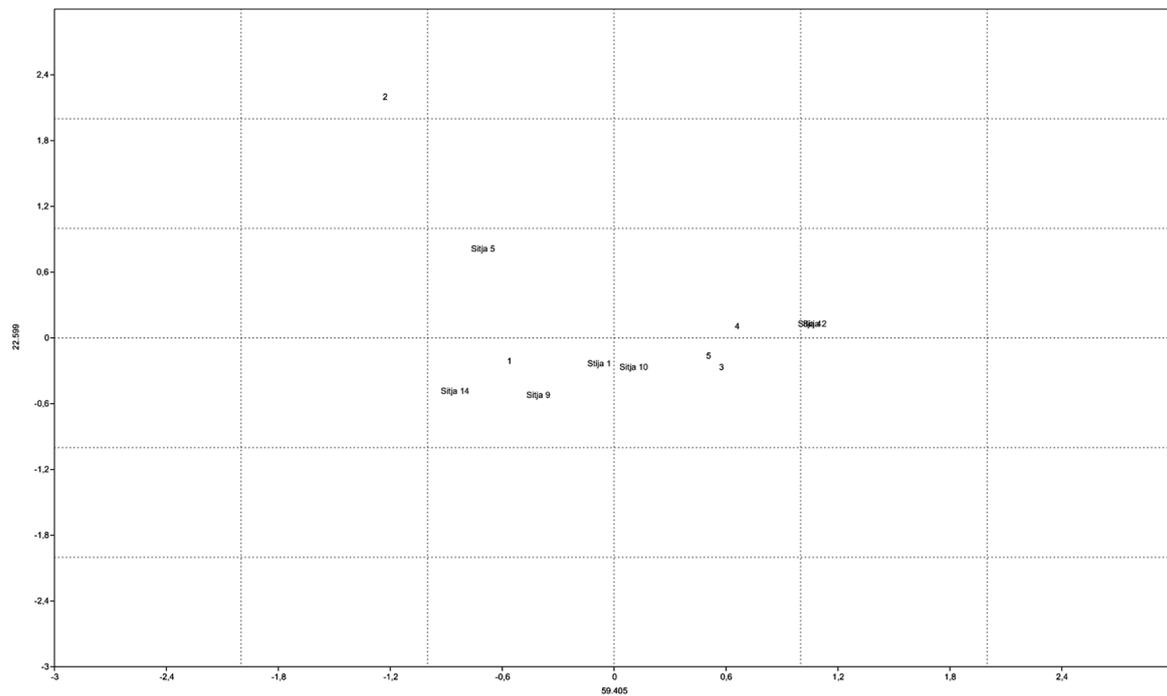


Figura 5.- Gràfic de correspondència. Sija i posició. 1. Gir, 2. Estàtic, 3. Arrossegat, 4. Pivotant.

	Cordons rectilinis llisos	Cordons rectilinis impresos	Línies impreses disposades en espiga	Línies impreses disposades en espiga sota la vora	Motiu imprès en forma de banda rectilínia	Motiu imprès en forma de bandes paral·leles	Motiu imprès en forma de banda ortogonal	Motiu imprès en forma de banda obliqua	Motiu imprès aleatori	Motiu de retícula impresa	Línies impreses contínues (raspatat)	Línies impreses espaiades paral·leles	Línies impreses espaiades irregulars	Combinació amb decoracions rectilínies paral·leles i incises a la nansa	Retícula impresa en garianda
DEP															
DET															
DEO															
CAT															
CPT															
DEN															
CAO															
CAR															
DGP															
DGT															
DGO															

Figura 6. Taula amb el creuament de decoració i gest tecnològic identificats en el conjunt de Caserna de Sant Pau. El gest està representat amb la següent llegenda: DEP (Discontínu estàtic perpendicular), DET (Discontínu estàtic tangencial), DEO (Discontínu estàtic obliquu), CAT (Continu arrossegat tangencial), CPT (Continu pivotant tangencial), DEN (Discontínu estàtic natis), CAO (Continu arrossegat obliquu), CAR(Continu arrossegat perpendicular), DGP (Discontínu estàtic perpendicular), DGT (Discontínu gir tangencial), DGO (Discontínu gir obliquu).

pendicular, discontinu girat tangencial dorsal i discontinu girat obliqui dorsal poden causar una gran varietat de decoracions: cordons rectilinis llisos, cordons rectilinis impresos, línies impreses disposades en espiga, línies impreses disposades en espiga sota la vora, motius impresos en forma de bandes paral·leles, motius impresos en forma de bandes ortogonals i motius impresos en forma de bandes obliqües. En cap cas, però, aquests gestos han produït mai decoracions reticulades impreses en garlanda ni combinacions de decoracions rectilínies paral·leles i incises a la nansa ni línies impreses espaiades irregulars ni línies impreses espaiades paral·leles. Aquestes decoracions semblen ser produïdes per un altre seguit de gestos: discontinu estàtic pivotant, discontinu estàtic tangencial dorsal i discontinu estàtic obliqui dorsal. Tal i com podem veure en la taula un cop eliminats aquests dos grups queda al mig un conjunt dispers de gestos molt més individualitzats. D'ells podem dir que sembla que les línies impreses contínues⁶ són produïdes per gestos continus i arrossegats independentment de la seva inclinació. El motiu de matriu de retícula impresa pot ser, però, produït per gestos diferents, tant discontinus estàtics oblics dorsals com discontinus girats perpendiculars. Finalment hem de destacar els motius impresos aleatoris, que semblen estar formats per gestos discontinus estàtics amb *natis* o *xarnera*.

Finalment, al intentar creuar la variable **forma** amb la variable **gest tecnològic** veiem que no hi ha diferències significatives, és a dir, independentment del tipus de contenidor (mig i gran) s'utilitzen els diversos gestos documentats. Tots els grans contenidors presenten una pressió de tipus discontinua excepte un, que és un arrossegat, si bé és on trobem els motius decoratius de tipus complex. Així mateix hi ha major variabilitat en funció de la ubicació de la decoració dins el propi vas, principalment sota vora i en els elements de pressió, que no en funció del tipus de contenidor, aquest, en el cas de Caserna de Sant Pau molt limitat a bols hemisfèrics de tipus obert i olles de tipus globular de formes obertes i tancades.

6. CONSIDERACIONS

L'aproximació al gest tecnològic utilitzat per a la elaboració de decoració impresa amb malacofauna dentada de Caserna de Sant Pau ha estat abordat a través d'un estudi experimental on s'ha combinat la l'experimentació del gest exclusivament identificat en el jaciment epònim. Aquesta proposta s'ha elaborat a partir de 4 variables principals: la malacofauna marina dentada del gènere *Cerastoderma*, el tipus de pressió, la posició de l'eina i la inclinació de la mateixa. Això ha permès

identificar un conjunt de 20 gestos tecnològics que han participat en l'elaboració del repertori decoratiu denominat cardial d'aquest jaciment.

Els resultats experimentals mostren que s'utilitzen diversos gestos per tal de reproduir un mateix motiu decoratiu, principalment per elaborar un motiu tipus garlanda, l'espina i el cordó. També s'ha constatat l'existència d'irregularitats en el disseny de les decoracions que hem pogut associar tant a la posició del motiu dins el vas com a la variabilitat d'eines utilitzades. En els casos en que s'identifica la forma del vas es posa en evidència que aquesta ha condicionat el gest, sobretot en dos espais concrets com són sota vora i a l'arrencament de nansa. Si bé a la resta del vas la projecció del motiu decoratiu també infereix en aspectes concrets com és la posició de la petxina.

En general, els motius decoratius cardials han estat elaborats amb la vora de la petxina en posició vertical o en posició inclinada per la part exterior, i en menor mesura, amb el natis de la petxina. En les bandes reticulades, la posició de la petxina és principalment longitudinal a la banda o bé transversal a la mateixa, ja sigui perpendicular o obliqua. Una banda pot incloure diverses posicions i, també, més d'una de les formes d'impressió, segons la posició de la petxina. La complexitat es centra en la combinació de motius en un mateix vas. En aquest cas, tant els motius formats per bandes, les garlandes i també les espigues, poden estar delimitades per una línia també impresa ben diferenciada.

Segons les característiques observades en les seves decoracions, el conjunt ceràmic de Caserna de Sant Pau del Camp presenta una clara semblança amb les ceràmiques d'alguns jaciments de l'entorn com la Cova Gran i la Cova Freda de Montserrat, Cova Bonica (Vallirana) i Cova de Can Sadurní (Begues) si bé aquesta proximitat decorativa no sabem, a dia d'avui, si pot respondre o no a una uniformitat tecnològica. Només un estudi més ampli, centrat en la identificació del gest i en l'ampliació del referencial malacofaunístic, permetrà inferir en la suposada homogeneïtat d'aquests conjunts de tipus regional des de la perspectiva de la caracterització tecnològica. Aquesta línia de recerca ha de permetre al mateix temps posar en evidència fins a quin punt podem identificar les diverses comunitats de pràctica o d'artesans dins un mateix jaciment o entre àrees geogràfiques ben acotades cronològicament.

Agraïments

Aquest treball ha estat realitzat en el marc del conveni entre el MUHBA i el S.A.P.P.O. En el projecte Prehistòria

6.- Les que recorden a un raspallat.

de Barcelona. Treballs del *Seminari d'Arqueologia Prehistorica del Pròxim Orient (SAPPO)*. AGAUR // DURSI.- Generalitat de Catalunya. Ref. 2009-SGR-00607. Ref. HAR 2010-18612 (subprograma HIST).

Agraïm a Oriol Vicente la realització de la documentació planimètrica de Caserna de Sant Pau i a Josep Subiranes per les fotografies de les peces ceràmiques que apareixen en aquest treball. Les plaquetes experimentals han estat realitzades per Pau Alberch, Camilo Barcia, Adrià Breu, Silvia Calvo i Anna Gómez.

7. BIBLIOGRAFIA

BARNETT, W. K. 2000, Cardial pottery and the agricultural transition in Mediterranean Europe in J. D. Price (dir.), *Europe's First Farmers*, Cambridge University Press, 93-116.

BERNABEU, J. 1989, *La tradición cultural de las cerámicas impresas en la zona oriental de Península Ibérica*, Trabajos del Servei d'Investigació Prehistòrica 86, Diputació de València.

BERNABEU, J. 2006, Una visión actual sobre el origen y difusión del neolítico en la Península Ibérica c.5600 a 5000 cal BC, in O. García, J. E. Aura (dir.), *El Abric de la Falguera (Alcoi, Alacant)*, 8000 años de ocupación humana en la cabecera del río de Alcoi, Ajuntament d'Alcoi, Diputació d'Alacant, CAM, 189-211.

BERNABEU, J., MOLINA, LL., GARCÍA BORJA, P. 2007, El color en las producciones cerámicas del neolítico antiguo, *Veleia* 24-25, 655-667.

BERNABEU, J., ROJO, M., MOLINA, LL. 2011, Las primeras producciones cerámicas: el VI milenio cal AC en la Península Ibérica, *Saguntum, Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, Extra-12, Universitat de València.

CALVO, M., FORNÉS, J., GARCÍA, J., JUNCOSA, E. 2004, Propuesta de cadena operativa de la producción cerámica prehistórica a mano, *Pyrenae, revista de Prehistoria i antiguitat de la Mediterrània Occidental* 35/1, 75-92.

CONSTANTIN, C. 1994, Structures des productins céramiques et chaînes opératoires a: Terre cuite et société: la céramique, document technique, économique, culturel, in *XIVe Rencontres internationales d'archéologie et d'Histoire (Antibes, 21-23 oct. 1993)*, APDCA, Juan-les Pins, 241-253.

GÓMEZ, A., GUERRERO, E., CLOP, X., BOSCH, J. y MOLIST, M. 2008, Estudi de la ceràmica neolítica del jaciment de Caserna de Sant Pau, *Quarhis, Revista del*

Museu d'Història de la Ciutat de Barcelona, Època II, núm. 4, 25-35.

GÓMEZ, O. 2011, No todo es lo que parece: Reproducción experimental de matrices decorativas cerámicas documentadas en el Neolítico Antiguo, in A. Morgado, J. Baena, D. Garcia (ed.), *La investigación experimental aplicada a la Arqueología*, 401-407.

GRANADOS, O., PUIG, F., FARRÉ, F. 1993, La intervenció arqueològica a Sant Pau del Camp: un nou jaciment prehistòric al Pla de Barcelona, *Tribuna d'Arqueologia 1991-1992*, 22-38.

MANEN, C. 2002, Structure et Identité des styles céramiques du Néolithique Ancien entre Rhône et l'Ebre, *Gallia Préhistoire* 44, 121-165.

MANEN, C., CONVERTINI, F., BINDER, D., SÉNÉPART, I. 2010, *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*. Séance de la Société Préhistorique Française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Société Préhistorique Française, Mémoire LI.

MANEN, C., SALANOVA, L. 2010, Les impressions de coquilles marines à front denté dans les décors céramiques néolithiques in C. Manen, F. Convertini, D. Binder, I. Sénépart (ed.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*. Séance de la Société Préhistorique Française (Toulouse, 11-12 mai 2007), Société Préhistorique Française, Mémoire LI, 57-64.

MOLINA, L., BERNABEU, J., GARCÍA, P. 2010, Méthode d'analyse stylistique des céramiques du Néolithique ancien cardial en Pays Valencien (Espagne) in C. Manen, F. Convertini, D. Binder, I. Sénépart (ed.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*. Séance de la Société Préhistorique Française, Toulouse, 11-12 mai 2007, Société Préhistorique Française, Mémoire LI, 65-77.

MOLIST, M., VICENTE, O., FARRÉ, R. 2008, El jaciment de la Caserna de Sant Pau del Camp: aproximació a la caracterització d'un assentament del neolític antic, *Quarhis, Revista del Museu d'Història de la Ciutat de Barcelona* Època II, núm. 4, 15-24.

MOLIST, M., BOSCH, J., CLOP, X., GÓMEZ, A., GUERRERO, E. 2009, Des vases cardiales dans la ville de Barcelone: Apports du site de la Caserna de Sant Pau del Camp sur le néolithique ancien de la Catalogne, in *De méditerranée et ailleurs. Mélanges offerts à Jean Guilaine*, Archives d'Écologie Préhistorique, Toulouse, 547-555.

LAS TROMPAS NUMANTINAS: APROXIMACIÓN A SU ESTUDIO ACÚSTICO EN UNA COCCIÓN EXPERIMENTAL CON UNA REPRODUCCIÓN DE UN HORNO DE LA SEGUNDA EDAD DEL HIERRO

Raquel Jiménez Pasalodos* Carlos García Benito** Juan Jesús Padilla Fernández***

En el marc d'un estudi general de les trompes numantines, presentem en aquest article una primera aproximació a la reconstrucció del procés productiu d'aquests instruments musicals. La metodologia emprada deriva de l'arqueologia musical i inclou tant un estudi organològic de les troballes com la realització experimental de repliques. Aquestes s'han fet en base a les dades arqueològiques i amb la col·laboració de terrissaires tradicionals; cosa que permet realitzar anàlisis acústiques i musicals precises.

Trompes numantines, arqueologia musical, acústica, Edat del Ferro, forn.

In this paper, we will present a first approach to the reconstruction of the productive process of the Numantian horns within the frame of a general study of these musical instruments. By the means of a music archaeological methodology, that includes an organological analysis of the findings and the experimental reconstruction of replicas, which are based in archaeological analysis and the collaboration of traditional potters, we will be able to evaluate their acoustical and musical properties.

Numantian horns, musical archeology, acoustic, Iron Age, oven.

387

1. INTRODUCCIÓN

Las trompas de cerámica celtibéricas, en particular las excavadas en la ciudad arévaca de Numancia y que se encuentran en los fondos del Museo Numantino de Soria, son sin duda el descubrimiento organológico más importante de todo el registro arqueológico de la Península Ibérica, y uno de los más originales del continente europeo. A pesar de la antigüedad de los hallazgos, no ha habido estudios que traten de entender la complejidad acústica y musical de estos materiales, considerados hasta ahora meros cuernos de caza (Taracena Aguirre 1924, 70-72), trompetas militares que producirían intervalos destinados a la señalización

(Pastor Eixarch 1987), o “ruidos” y “barullo” durante la batalla (Sopeña Genzor 2004, 58-59). Sin embargo, la gran calidad técnica de estas piezas y la modernidad de su funcionamiento acústico parecen indicar que estos instrumentos tuvieron un uso musical complejo ligado a funciones simbólicas, guerreras y propiciatorias.

La música como hecho cultural es un fenómeno común a todas las sociedades conocidas, y tiene unos significados específicos que permiten entender comportamientos simbólicos y rituales difíciles de acceder en base a otros restos de cultura material. De este modo, hay que considerar la complejidad de las culturas musicales al enfrentarnos a la interpretación de hallazgos con clara finalidad sonora (Jiménez Pasalodos 2010)

* Universidad de Valladolid. raquel.jimenez@uva.es

** Universidad de Zaragoza. cgb@unizar.es

*** Universidad de Granada. jjpadillafernandez@correo.ugr.es

que en el caso de las trompas numantinas, nos permitirán profundizar en el conocimiento de la cultura arévaca y a la vez, completar el panorama general de la Historia de la Música añadiendo datos en torno a la tecnología musical durante la Segunda Edad del Hierro.

2. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Las trompas numantinas fueron descubiertas en las campañas arqueológicas de Numancia entre 1912 y 1918 e identificadas como posibles bocinas o cuernos de caza por Blas Taracena en 1924 (Taracena Aguirre 1924, 70-72) junto a toberas interpretadas como dobles bocinas. En 1946, Taracena retoma el tema rechazando la identificación realizada por Villaseca que afirmaba que las dobles bocinas eran toberas. Taracena continúa atribuyendo estas piezas a pabellones con finalidad acústica, asemejándolos con las bocinas empleadas en la navegación (Taracena Aguirre 1946, 161-163). Ya en 1963, Federico Wattenberg, en su libro sobre la cerámica numantina, identifica como trompas un gran número de fragmentos y embocaduras, hoy mayoritariamente en el Museo Numantino, separándolas definitivamente de las piezas dobles que corresponderían a toberas (Wattenberg 1963, 39-40, 89-90, 167-170). Muchas de las piezas fueron restauradas en base a los hallazgos completos, incluida la célebre trompa con pabellón en boca de lobo que a pesar de que fue desmantelada, continúa apareciendo en la bibliografía con la restauración realizada en la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, ninguna de estas reconstrucciones es funcional y no se realizaron pruebas acústicas y musicales. Hubo que esperar a 1987 para que Pastor Eixarch realizara el primer intento de estudio sistemático y reconstrucción de las trompas numantinas (Pastor Eixarch 1987) en un artículo que supone un importante avance en el conocimiento de estos instrumentos. Este autor, tras trabajar con un artesano en la fabricación de un modelo de trompa, deduce que probablemente fueron instrumentos usados para la señalización militar en combate, quizás a imitación del *cornu* del ejército romano.

3. LA ARQUEOLOGÍA MUSICAL EXPERIMENTAL

A pesar de la existencia de algunas réplicas en cerámica de estas trompas, suelen estar realizadas a molde, con arcillas industriales y cocidas a altas temperaturas. Aunque aparentemente similares, no presentan las características organológicas necesarias que conviertan a las réplicas en verdaderos instrumentos musicales funcionales. Por esta razón, es necesario un estudio sistemático que posibilite la reconstrucción adecuada del

proceso productivo, desde la preparación de la arcilla, hasta la puesta en funcionamiento de los aerófonos. Es crucial además, la existencia en el registro de diversos tamaños de trompas y de diferentes embocaduras, elementos que modifican de forma considerable los parámetros sonoros. Finalmente, la cocción de la cerámica a la temperatura revelada por los análisis arqueométricos nos permitirá reproducir el timbre del instrumento, ya que esta cualidad acústica viene determinada en gran medida por las cualidades del material. Por tanto, esta aproximación experimental pretende ser un primer paso para la realización de réplicas exactas que puedan ser analizadas y evaluadas desde un punto de vista acústico (frecuencia, tono, timbre, armónicos, rango sonoro) y musical (técnicas de ejecución o conjuntos de instrumentos). Así mismo, nos permitirá responder a otras preguntas en torno a la música como hecho social y cultural en la sociedad celtibérica, como pueden ser la existencia de artesanos especializados en la producción de instrumentos musicales, la necesidad de músicos profesionales formados específicamente para utilizar éstos los instrumentos de forma adecuada o su impacto sonoro en el territorio.

Esta reconstrucción ha estado basada en los restos organológicos que se encuentran en el Museo Numantino de Soria y en el Museo de la Rioja. Así mismo, han sido fundamentales los análisis arqueométricos de la producción cerámica numantina realizados por García Heras en su tesis doctoral (García Heras 1997), referente fundamental para realizar las reconstrucciones. Además, el trabajo con alfareros tradicionales ha sido un elemento clave para posibilitar la realización de unas piezas tecnológicamente complejas que sin duda denotan la existencia de alfareros especialistas en la fabricación de estos instrumentos.

4. LAS PIEZAS ARQUEOLÓGICAS

La primera pregunta que se debe responder desde la Arqueología Musical es si realmente nos encontramos ante restos de artefactos fabricados con una clara intencionalidad sonora o musical. Sin duda, los restos analizados en el Museo Numantino de Soria y en el Museo de la Rioja corresponden a aerófonos de boquilla ultracirculares realizados en cerámica. Según la clasificación organológica más aceptada, la realizada por Sachs y Hornbostel en 1914 (Hornbostel/Sachs 1961) pertenecerían al grupo de las trompetas, instrumentos en los cuales la columna de aire pasa a través de los labios vibrantes del intérprete, que comunica el aire de forma intermitente por la embocadura, con la que los labios funcionan a modo de lengüeta. Esta columna de aire vibrante queda contenida en el interior del tubo y se amplifica a la salida gracias al pabellón. Además,

son trompetas naturales, ya que carecen de elementos mecánicos que permiten modificar el tono. Es el intérprete controlando la presión de los labios y de la columna del aire quien variará la altura del sonido en función de los armónicos de la frecuencia fundamental que se encuentren en los picos de resonancia. Dentro de este subgrupo, se podrían definir como trompas de embocadura recta, ya que presentan la embocadura al final del cuerpo del instrumento y además están dobladas sobre sí mismas. La presencia de un tubo cónico que finaliza en un pabellón abierto en forma de campana las diferencia de las trompetas (423.121.22 de la clasificación de Sachs-Hornbostel).

Presentan tres tamaños principales, que se pueden clasificar en pequeñas (en torno a 12-15 cm. de diámetro, medianas, de unos 20 cm. de diámetro y grandes de 25-30 cm. de diámetro) (Fig. 1). La longitud y grosor del tubo modifica el tamaño de la columna de aire contenida y, por lo tanto, determina la altura (tono) de los

sonidos producidos. El tubo finaliza en un pabellón que amplifica el sonido. Los pabellones, realizados a torno, presentan dos formas fundamentales, de campana y zoomorfas. En este estudio, realizaremos tres tipos de pabellones en forma de campana: simple, decorado y con estrechamiento en la boca (Fig. 2). Además, presentan una boquilla o embocadura, también hecha a torno, con tres tipologías diferentes (recta, cónica o en forma de copa). Las copas son en general hemisféricas, con un orificio, o garganta, realizado en la parte central de la copa y una cola o extensión que iría insertada en el tubo. El orificio central se hizo tanto a través de la perforación de la pieza maciza realizada a torno como por estrechamiento o ensanchamiento de las paredes exteriores sobre el mismo torno (Fig. 3). Muestran una gran evolución técnica ya que son idénticas a las boquillas modernas. La correcta realización de las embocaduras permite conocer las posibilidades musicales del instrumento y su evolución técnica. Afortunadamente,



Figura 1. Trompas Numantinas de diferentes dimensiones. De gran tamaño, N-8235 (Izquierda). De mediano tamaño, N-8229 (Centro). De pequeño tamaño, N-8243 (Derecha). Fotos: Autor. Museo Numantino de Soria. Junta de Castilla y León.

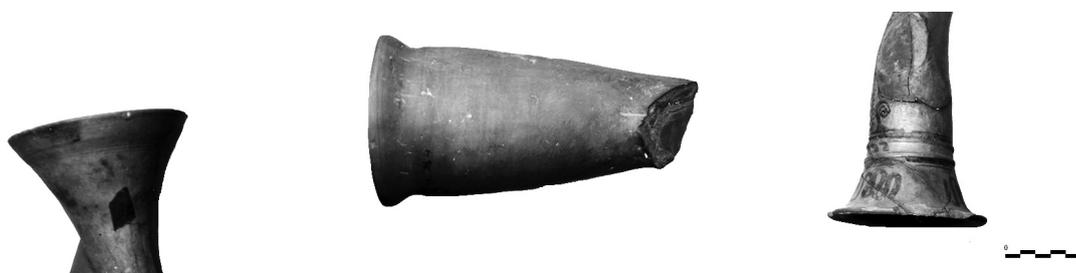


Figura 2. Tipología de pabellones en forma de campana. Campana simple, N-8243 (Izquierda). Campana con estrechamiento, 3396 (Centro). Campana decorada, N-8235 (Derecha). Fotos: Izquierda y derecha (Numancia): Museo Numantino de Soria. Junta de Castilla y León. Centro (Libia de los Berones): Museo de la Rioja. Gobierno de la Rioja.



Figura 3. Tipología de Boquillas reproducidas: Con garganta ensanchada a torno, N-8252 (Derecha). Con garganta realizada con perforación y forma cónica, N-8257 (Centro). Con garganta realizada con perforación y forma de copa, N-8247 (Derecha). Fotos: Autor. Museo Numantino de Soria. Junta de Castilla y León.

en el caso de las trompas numantinas, contamos con una gran cantidad de boquillas que nos facilitan un mejor conocimiento de su funcionamiento.

390

Finalmente, el tubo cónico ultracircular es la parte más compleja de reproducir, ya que en principio no puede ser realizada a torno. Del estudio morfológico de los restos que se encuentran en el Museo Numantino de Soria, podemos deducir que fueron probablemente contruidos a partir de placas rectangulares ensambladas, probablemente dos en el caso de las trompas más grandes y uno en el caso de las más pequeñas, tal y como ya sugirió Taracena en 1921 y reconstruyó Pastor Eixarch en 1987. Una vez plegadas para formar el tubo, se empalmarían con el pabellón y la embocadura, y se pondría una capa de barro para asegurar el pegado, igualar la superficie de la trompa y ocultar los empalmes (Fig. 4). Tras el secado de las piezas y su lijado como se puede apreciar en las marcas que aparecen en la superficie, algunas de las piezas serían decoradas con diseños geométricos típicamente numantinos. Tres ejemplares presentan pabellones zoomorfos, probablemente lobos, y uno de ellos, en forma de campana, está decorado con una figurilla de lobo o caballo (Lorrio Albarado 2007, 63; Quesada Sanz/Tortajada Rubio 1999, 44). Uno de los ejemplares fue también decorado con impresiones de círculos concéntricos realizadas con una herramienta fabricada en asta de ciervo, como las halladas en Numancia (Taracena Aguirre 1924, 25-29; García Heras 1997, 225). Más tarde, serían cocidas en un horno que alcanzase temperaturas entre los 750 y 900° C, como indican los análisis arqueométricos realizados por García Heras (1997, 227).

5. LA RECONSTRUCCIÓN DE LAS TROMPAS

Una vez reunidos los datos anteriores, en septiembre de 2011 realizamos una primera reconstrucción de las trompas, en la localidad jienense de Bailén, en el taller de los Hermanos Padilla, alfareros de la zona que prestaron sus medios técnicos y sus conocimientos. Previamente a la fabricación de las trompas, construimos *in situ* un modelo de horno de la Segunda Edad del Hierro (Padilla et al. 2012 –recogido en este mismo volumen–). Esta reconstrucción nos ha permitido realizar una cocción de las piezas con una tecnología comparable a la arévaca, que ha llegado a una temperatura entre los 750 y 900°C, tal y como indicaban los análisis arqueométricos. La participación de los alfareros tradicionales de la provincia de Jaén Antonio Padilla Herrera, Bartolomé Padilla Herrera y Antonio Miguel Troyano Merino, fue esencial para posibilitar la reconstrucción de las trompas y la cocción, ya que intervinieron en el proceso productivo de las cerámicas, conociendo las técnicas de amasado y del torno de pie, y tuvieron un papel fundamental en el proceso de cocción, gracias a su experiencia con hornos cerámicos de leña de tradición musulmana, hoy en día prohibidos por razones medioambientales.

Una vez finalizado el horno, procedimos a la preparación de la arcilla utilizada para las trompas. Las arcillas numantinas eran arcillas locales sin desgrasantes añadidos y muy bien decantadas. Estas arcillas son similares en la mayor parte de la península, y por eso decidimos realizar el experimento con arcilla local, decantada de forma natural y sin añadir ningún tipo de desgrasante artificial. Ya decantada la arcilla, proce-



Figura 4. Pliegues y Marcas documentadas en las Trompas Numantinas (Arriba): Secciones correspondientes a las evidencias de tipo arqueológico. (Abajo): Sección obtenida fruto de la reproducción experimental. Foto: Autor. Museo Numantino de Soria. Junta de Castilla y León.

dimos al amasado manual de la pasta, tal y como se hacía de forma tradicional antes de la implantación general de maquinaria.

El tubo ultracircular es sin duda la parte más complicada de reproducir, ya que las marcas indican que probablemente se realizase a partir de planchas rectangulares de barro. Para ello, procedimos a amasar planchas de barro (preferiblemente una sola tanto para las trompas de mayor tamaño como para las más pequeñas). Con la ayuda de un palo de madera, se formaría el tubo. Una vez ensambladas, se les daría lentamente la forma ultracircular sobre un plano que aseguraba que el diámetro fuese el adecuado. Este paso es delicado ya que se rompe con gran facilidad (hay que recordar que se debe dejar al menos un espacio de un centímetro de diámetro en el interior, para asegurar el paso de la columna de aire). Unos pequeños trozos de barro cocido a modo de andamiaje permitieron el modelado final de la forma ultracircular, y el tubo se pegó a sí mismo con un botón de barro de dos centímetros, tal y como aparece en las piezas arqueológicas. Una vez preparado el tubo,

se le unen la boca y la campana, a los que previamente se agrandó el orificio para que el tubo encajase con holgura. De nuevo, la ayuda de un palo en el ensamblado de la campana es fundamental, ya que asegura que el orificio permanezca abierto y facilita el pegado interior del tubo a la parte interior de la campana, como se aprecia en las piezas arqueológicas (Fig. 4). El último paso antes del secado es la adición de una capa de barro por toda la superficie de la pieza para asegurar y ocultar los empalmes e igualar la superficie de las trompas. Esta capa añadida en último lugar se aprecia también en las piezas arqueológicas (Fig. 4). A pesar de seguir los mismos pasos con todas las trompas, muchas se rompieron durante el secado. Los alfareros profesionales con los que trabajamos aseguraron que estas roturas son habituales, y que en ocasiones, independientemente de la velocidad de secado, se producen roturas inesperadas. Finalmente, tras un secado de cinco días (el secado lento dejando las trompas tapadas ha dado mejores resultados, ya que no se quiebran con tanta facilidad) se lijó la superficie y se cocieron en la reconstrucción del horno.



392

Figura 5. Técnicas empleadas en la manufactura experimental de las Trompas Numantinas: Amasado, modelado a torno, fabricación de los tubos, ensamblado, secado y lijado. Foto: Autor.

Para comprobar que las marcas producidas en el proceso de producción eran las mismas que las de las piezas arqueológicas, rompimos algunos ejemplares. Las marcas de las capas adicionales de barro, los empalmes del tubo a la campana y del tubo a la embocadura, e incluso el prensado del tubo con la ayuda de un palo interior fueron idénticas a las de las piezas originales. El interior del tubo sin embargo sigue presentando problemas, ya que a pesar de los varios intentos de realización y habiendo obtenido resultados muy similares a los originales en el exterior, la marca interior de la producción es bastante cercana a las originales (Fig. 4, abajo), pero aún no podemos afirmar que fuese el método definitivo de producción de los tubos.¹ Quizás la razón es que nos encontramos ante instrumentos con una factura de alta calidad técnica, que han sido difíciles de igualar en el primer intento de producción. La construcción de instrumentos musicales es tradicionalmente un oficio

que pasa de generación en generación, tradición que se ha roto en el caso de estos aerófonos numantinos, por lo que es probable que requiramos de una mayor experiencia para poder reproducir aerófonos de calidad comparable a los originales.

6. ANÁLISIS ACÚSTICOS

Los ejemplares obtenidos funcionaron acústicamente como las trompetas naturales: la vibración de los labios sobre la boquilla se transmite al interior del instrumento donde la columna de aire contenida por el tubo se excita, y será el control de esta vibración y la presión del músico sobre la columna de aire lo que permita al intérprete tocar sonidos de distintas alturas. Para la ejecución, hemos contado con la colaboración de Cristóbal Jiménez Berdonces y Daniel Bona Tambo, trompistas

1.- "Durante nuestra presentación en el congreso, la profesora Josefa Rey de la Universidad de Santiago de Compostela sugirió un posible método de producción de los tubos similar al usado en los botijos de rueda de Buño. Los primeros resultados con esta técnica han sido muy satisfactorios".



Figura 6. Cocción experimental de Trompas Numantinas en la réplica de un horno de la II Edad del Hierro y resultados obtenidos. Foto: Autor.

profesionales, ya que la técnica de ejecución es similar a la de otros aerófonos de boquilla modernos, siendo imposible la ejecución de sonidos sin los conocimientos necesarios.

La altura de los sonidos producidos, como en todos los aerófonos, está directamente relacionado con la longitud y tamaño del tubo. Los instrumentos más pequeños han producido notas más agudas, mientras que los más grandes produjeron los sonidos más graves. Por esta razón, es interesante el concepto ultracircular, ya que permite contar con un tubo de una gran longitud que produce frecuencias graves pero a la vez es fácil de transportar y de tocar. En cuanto al timbre, los sonidos producidos por los instrumentos musicales son complejos, es decir, están formados por frecuencias distintas. La frecuencia más grave o fundamental es la que percibimos como tono, mientras que las vibraciones más agudas los sobretonos, pueden ser armónicos o inarmónicos, que definen el timbre. Como otros instrumentos fabricados en cerámica, las trompas numantinas presentan un timbre dulce, debido a que la cerámica es un material con una vibración estable que produce una gran cantidad de sonidos armónicos (múltiplos enteros de la frecuencia fundamental). En este sentido, parece que la cocción entre 750 – 850°C fue la suficiente para permitir una vibración correcta que les aporta un timbre rico en armónicos.

393

7. CONCLUSIONES

Estos instrumentos son probablemente el objeto más complejo dentro de la producción cerámica numantina. Sin duda, la ausencia de contexto arqueológico limita la posibilidad de interpretación, pero a través de esta primera aproximación experimental nos hemos acercado más a sus posibles usos y funciones. Algunas de las trompas se rompieron durante el secado y la cocción, en ocasiones habiendo sido fabricadas exactamente igual y con tiempos de secado similares. Creemos que para la fabricación de las trompas muchas fuesen desechadas o se rompiesen durante el secado y la cocción. Esto, unido a la cantidad de horas invertidas en su producción y a la complejidad de su fabricación, que sin duda requeriría de artesanos especializados, apoya la hipótesis sobre la importancia socio-cultural de estos instrumentos.

Teniendo en cuenta los resultados musicales, es necesario subrayar que las técnicas de ejecución en estos

instrumentos son muy similares al de las trompas modernas. A pesar de la ausencia de mecanismos que modifiquen la altura de los sonidos, ésta puede ser regulada por el propio instrumentista modificando la tensión de los labios. Por lo tanto, no cabe duda que para tocar instrumentos tecnológicamente tan modernos fuese necesaria la existencia de músicos especialistas que fuesen entrenados, probablemente durante años, para poder aprovechar todas las posibilidades sonoras. Las trompas no serían meras bocinas de amplificación, o instrumentos dedicados exclusivamente a la señalización en la caza o hacer ruido en la guerra, ya que para tal fin podrían haber sido fabricadas de forma más sencilla y eficaz (muchas trompetas naturales realizadas con cuernos animales y carentes de boquilla son muy fáciles de producir, aún más fáciles de tocar y producen intervalos sencillos que pueden ser utilizados para la comunicación). Así mismo, éstas son menos pesadas y fáciles de transportar, además de que no se rompen con tanta facilidad.²

Volviendo a nuestra idea principal, y teniendo en cuenta los comportamientos musicales como hechos culturales en la mayor parte de sociedades humanas, creemos que es muy probable que, sin dudar que pudiesen ser utilizadas en ocasiones como meros instrumentos de señalización, tuviesen asociado un repertorio musical transmitido por tradición oral que nunca podremos reconstruir. Quizás, al igual que se observa con los *carnyx* centroeuropeos, participasen en rituales guerreros o propiciatorios, o para honrar a los antepasados guerreros, en este sentido, tenemos el depósito votivo con cinco de estos instrumentos, encontrado en el 2005 en el santuario galo-romano de Tintignac, junto con armas amortizadas y un caldero (Maniquet 2009) o la representación de sonadores de *carnyx* en un ritual guerrero en el caldero de Gundestrup, sugieren un posible uso ritual de los aerófonos en el ámbito celta. La relación entre música y ritual es uno de los aspectos más estudiados por la Etnomusicología. Así mismo, en los estudios de Arqueología Musical, es común observar la estrecha relación entre sonido, rito y sacralidad, y en muchas ocasiones, incluso como los instrumentos musicales se convierten en objetos mágicos y rituales, a veces restringidos a un grupo determinado de la sociedad (Jiménez Pasalodos 2011). Por esta razón, es probable que las trompas numantinas fuesen tocadas durante determinados rituales relacionados estrechamente con la legitimización de las élites guerreras que controlarían la producción sonora. Estos instrumentos mágicos po-

drían ser tocados antes o durante la batalla a modo de protección que asegurase la victoria de los arévacos.

En definitiva, la reconstrucción experimental de las trompas ha aportado nuevos datos que apoyan la hipótesis de su uso ritual y musical, así como añaden información en torno a la cultura musical arévaca. Sin embargo, aún debemos perfeccionar la fabricación de estos instrumentos con nuevos experimentos que nos permitan profundizar en su estudio acústico y musical. Estas reconstrucciones, si bien nunca permitirán la reproducción de las piezas musicales que se tocaban en el ámbito celtibérico, sí podrán ser utilizadas por músicos profesionales como un nuevo instrumento musical, con unas características acústicas únicas, que podrán volver a ser escuchadas.

8. BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA HERAS, M. 1997, Caracterización arqueométrica de la producción cerámica numantina, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Prehistoria.

HORNBOSTEL, E., SACHS, C. 1961, Classification of Musical Instruments, *The Galpin Society Journal* XVI, 3-29.

JIMÉNEZ PASALODOS, R. 2010, Arqueología Musical y Etnomusicología: Por una interpretación etnomusicológica de los materiales arqueológicos, *Etno-Folk, Revista de Etnomusicología* 14-15, 637-654.

JIMÉNEZ PASALODOS, R. 2011, Sound artifacts as indicators of ritual behaviors in Archaeological contexts: an Ethnoarchaeology of Sound and Ritual, Ponencia presentada en *XII Conference of the International Study Group of Music Archaeology: Sound and Ritual, Bridging Material and Living Cultures (Universidad de Valladolid, 19-24 Septiembre 2011)*.

LORRIO ALBARADO, A. 2007, Una fíbula simétrica del museo municipal de Lorca y las fíbulas lobunas celtibéricas, *Alberca* 5, 53-66.

MANIQUET, C. 2009, *Les guerriers gaulois de Tintignac*, Limoges, Archéologie-Culture et Patrimoine du Limousin.

PADILLA FERNÁNDEZ, J. J., JIMÉNEZ PASALODOS, R., GARCÍA BENITO, C., CHAPON, L. 2013, La cadena Técnica Operativa del Alfar de Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila): la construcción experimental de un horno cerámico de la II Edad del Hierro, in A. Palomo, R. Piqué, X. Terradas (ed.), *Experimentación en arqueología. Estudio y difusión del pasado*, Série Monográfica del MAC 25.2, Girona 2013, 467-475.

2.- Las trompas reconstruidas son bastante pesadas: las trompas de dimensiones pequeñas pesan en torno a 1,9 Kg., las de dimensiones medianas 2,8 Kg., y las grandes más de 4,4 Kg.

PASTOR EIXARCH, J. M. 1987, Las trompas de guerra celtibéricas, *Celtiberia* XXXVII, nº 73, 7-19.

QUESADA SANZ, F., TORTAJADA RUBIO, M. 1999, Caballos en arcilla de la Segunda Edad del Hierro en la Península Ibérica, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 25.2, 9-44.

SOPEÑA GENZOR, G. 2004, El mundo funerario celtibérico como expresión de un "ethos" agonístico, *Historiae* 1, 56-108.

TARACENA AGUIRRE, B. 1924, *La cerámica ibérica de Numancia*, Madrid, Biblioteca de "Coleccionismo".

TARACENA AGUIRRE, B. 1946, Sobre las supuestas bocinas de barro ibéricas y celtibéricas, *Archivo Español de Arqueología* XIX, 161-163.

WATTENBERG, F. 1963, *Las cerámicas indígenas de Numancia*, Instituto Español de Prehistoria-Centro Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Diputación Provincial de Valladolid, Bibliotheca Praehistorica Hispana IV.

LA CHAÎNE OPÉRATOIRE EXPÉRIMENTALE EN CÉRAMOLOGIE. LES FORMES À PROFILS COMPLETS DE STRETTE (HAUTE-CORSE)

Angélique Nonza-Micaelli*

Aquest estudi experimental es basa en l'anàlisi d'una part dels materials del jaciment Strette (Barbaghju, Alta Còrsega) del VI i V mil·lenni cal BC. Aquest treball s'ha centrat en la reproducció de cinc contenidors arqueològics fet que ens ha proporcionat informació sobre el temps de finalització de cada ceràmica, la capacitat de seu volum, el seu pes i la seva funció. La primera part del treball que presentem està dedicada a l'anàlisi de la ceràmica neolítica i la segona està reservada exclusivament al treball experimental.

Experimentació, tecnologia, ceràmica, Neolític, Còrsega.

This experimental study is based on the analysis a party of the equipment of the VIth and Vth millenniums of the site of Strette (Barbaghju, Haute-Corse). This job are aimed, the reproduction of five archeological containers to provide information at the time of realisation of every pottery and on the volumes of capacity, weights and functions of containers. The firts part is dedicates in l'analyse of Neolithic ceramics, the second party is seclusively reserved for the experimental job.

Experimentation, Technology, Ceramics, Neolithic, Corsica.

397

1. INTRODUCTION

Cette étude présente trois chaînes opératoires expérimentales des formes à profils complets de Strette (Haute-Corse). Dans un premier temps, elle illustre le travail d'observation réalisé sur les vestiges archéologiques qui englobe, la lecture macroscopique et pétrographique des pâtes archéologiques, les critères techniques d'identification des modes de montage et les données typo-technologiques des formes archéologiques.

Puis, dans un second temps, le travail expérimental s'intéresse à la préparation des matières premières et aux principales étapes de confection, de décoration et de cuisson des récipients expérimentaux avec des références au temps de travail écoulé pour la réalisation de chaque étape.

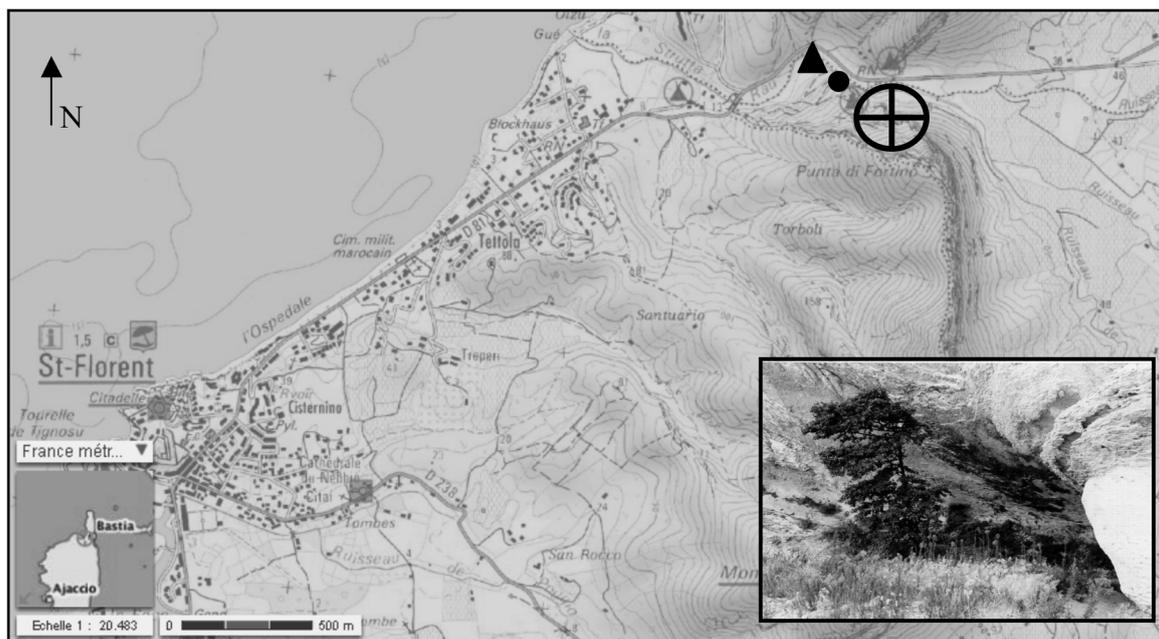
2. LE SITE

Le gisement est découvert suite à l'extraction de gravier, il fait l'objet de cinq campagnes de fouilles. Il livre de nombreux vestiges appartenant à la période Néolithique, mais une partie d'entre eux sont détruits lors des travaux d'excavation du gravier. L'abri se présente sous la forme d'un auvent naturel creusé dans la roche. Il est situé en bordure de la rivière A Strutta qui dessert toute la plaine. Strette I livre 15 couches successives, et Strette II en livre 25. Elles sont datées du Préneolithique à l'âge du Fer (Magdeleine 1985, 30-31).

3. LA CÉRAMIQUE DU SITE

Nous avons choisi de ne présenter que la couche XIV, puisque le matériel étudié est issu de celle-ci. Nous

* Maître de Conférences en Archéologie préhistorique
UMR 6240 LISA-Université de Corse



- ⊕ Localisation du site.
- ▲ Localisation du lieu de prélèvement de l'argile pour l'étude pétrographique et les reconstitutions expérimentales.
- Localisation du lieu de prélèvement du dégraissant pour l'étude pétrographique et les reconstitutions expérimentales.

398

Figure 1. Carte – Strette - Localisation du site et des matières premières, argile et dégraissant, employées pour les reconstitutions expérimentales (D'après la carte IGN au 1/25 000°).

avons répertorié trois types de formes, une tronconique, deux hémisphériques, et au moins une composite probablement ovoïdale à col cintré. Trois formes feront l'objet de reconstitutions. Les bords sont majoritairement rectilignes, leur inclinaison étant de fait difficile à déterminer. On note cependant un bord incurvé rentrant et quelques bords incurvés éversés. On trouve principalement des lèvres arrondies ou plates, plus rarement des lèvres amincies, ainsi que quelques biseaux internes et des lèvres épaissies vers l'extérieur. La plupart des fonds sont plats ou aplatis. Les moyens de préhension les mieux représentés sont les anses à *maniglia*, mais on trouve aussi des anses en ruban et en boudin. Quelques-unes d'entre elles sont décorées d'impressions réalisées au cardium. On note aussi la présence d'oreilles disposées sur la panse de la plus grande des deux formes hémisphériques.

Parmi les techniques décoratives on trouve:

Les impressions

La majeure partie des décors imprimés est réalisée au cardium ou au pétoncle, cependant, nous dénom-

brons aussi des impressions obtenues avec des coquilles différentes, qu'il ne nous a pas été possible d'identifier sur les documents bibliographiques à notre disposition.

Les décors plastiques

Les plus représentés sont les cordons, ils sont suivis des boutons et des oreilles.

Les techniques décoratives associées

Un fragment important d'un bord droit semblant appartenir à une forme tronconique est orné d'impressions au cardium et d'un cordon imprimé qui délimite la panse de la partie supérieure. Quatre autres fragments plus imposants combinent ces mêmes types de décors.

Les décors sont très répandus sur les bords, ils couvrent plus de la moitié de la partie supérieure des récipients de la couche XIV de la collection. Les panses ornées sont elles aussi présentes, mais se font plus discrètes. Nous n'avons pas connaissance de fonds décorés sur ce site. Pour ce qui est du type du décor,

nous avons noté une proportion plus importante des bandeaux horizontaux sur les panneaux ou les motifs isolés. Il est cependant délicat de déterminer avec certitude certains panneaux, lesquels pourraient être des bandeaux. Ces bandeaux ou panneaux peuvent être composés de triangles, de carrés, de chevrons ou de traits.

La terminologie employée au cours de ce travail est issue d'une réflexion de groupe menée en collaboration afin de définir au mieux une typologie correspondant au matériel céramique du Néolithique méditerranéen (Lorenzi et al. 2000).

3.1. OBSERVATION TYPOLOGIQUE

Nous avons basé notre travail sur trois formes identifiables de la couche XIV. Nous avons donc une forme hémisphérique non décorée, une forme tronconique munie d'un cordon et de deux anses à *maniglia*, et une seconde forme tronconique muni d'un cordon et décorée d'impressions.

Forme I.

Le récipient est de forme simple hémisphérique. Il a une hauteur de 4,3 cm pour un diamètre au bord de 10/11 cm. Sa lèvre est arrondie et plutôt irrégulière. Les faces interne et externe de son fond sont arrondies et elle est polie sur ses deux parois. Elle est munie d'une petite anse légèrement recourbée vers le haut perforée horizontalement en son centre. Sa pâte a une épaisseur régulière, elle est de couleur brune à noire, et composée de grains de dégraissant de 1 à 2 mm dont la nature ne peut être connue car le récipient est entièrement restauré.

Forme II.

Elle est simple tronconique de 26 cm de diamètre. Son bord est droit, sa lèvre convexe et son fond aplati. Elle est munie de deux anses à *maniglia* positionnées sur le cordon au niveau de la panse du récipient. Elle ne possède pas de décor en creux. Son cordon est de section arrondie et a une épaisseur de 4 mm. Le récipient est poli à l'intérieur et à l'extérieur. Sa pâte est plutôt épaisse (11 mm) compacte, de couleur grise. Le récipient étant restauré nous n'avons pu observer la nature ou la forme des dégraissants qui composent sa pâte.

Forme III.

Il s'agit d'une forme tronconique à bord droit de 24 cm de diamètre. Sa lèvre est convexe, elle est décorée d'impressions réalisées au gros cardium disposées sur le bord et sur le cordon qui marge le bandeau disposé sur la partie supérieure de cette forme. Deux techniques décoratives, obtenues avec le même outil, sont utilisées

pour orner ce récipient. Les parois interne et externe sont polies. Sa pâte a une épaisseur de 9 mm, et son cordon d'un centimètre. Elle a une texture compacte et sa couleur varie du brun gris au gris. Parmi les dégraissants on peut reconnaître à l'œil nu de la serpentinite ; ces éléments de 2 mm en moyenne sont émoussés et très abondants.

3.2. OBSERVATIONS PÉTROGRAPHIQUE

Les travaux présentant les résultats d'analyses en lame mince sont effectués sur des échantillons archéologiques de la couche XIV. Nous avons donc pu comparer les caractéristiques minéralogiques de différentes terres mises en évidence parmi les tessons de la collection de la couche XIV de Strette. (Nonza-Micaelli 2005a, 86).

Ces résultats révèlent que la céramique de Strette peut être classée en trois groupes.

Le premier présente une céramique dont la nature des dégraissants est d'origine métamorphique, c'est le groupe A. Le second, le groupe B, est composé de dégraissants de nature granitique et quartzeuse. Le troisième, le groupe C, appartiendrait à un contexte hybride à épidote : la terre serait un mélange des deux premières avec, de plus des épidotes. Les trois types de terre trouvent donc une origine locale qui diffère légèrement si l'on se base sur les données de la carte géologique de la région.

4. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES TERRES ARCHÉOLOGIQUES INDIQUÉES PAR L'ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

L'étude macroscopique nous permet de dire que la terre employée par les néolithiques du site est probablement d'origine sédimentaire et que sa teinte varie du beige au rouge en fonction des récipients. Les dégraissants seraient d'origine fluviale, car principalement émoussés (Nonza-Micaelli 2005a, 88). Le contexte géologique du site de Strette n'indique pas de zones argileuses proches du site, le seul lieu susceptible d'être riche en matière argileuse est la zone située au Nord, formée d'alluvions.

Si l'on se réfère aux résultats pétrographiques, le groupe A trouverait ses origines dans l'unité de Barbaggio, située en amont du site. En effet, la présence de quartz arrondis, de feldspaths et de quartzites indique clairement leur origine dans cette région. Bien que la composition des groupe A et B soit légèrement différente (présence de fragments de roches granitoïdes et de biotites) il se pourrait très bien que le cours d'eau ait amené ces roches non loin du site. Nous pensons aus-

Nature des éléments de dégraissant	Etude technologique (Observation à l'œil nu)	Etude pétrographique sur échantillons archéologiques du groupe A	Etude pétrographique sur échantillons archéologiques du groupe B	Etude pétrographique sur échantillons archéologiques du groupe C
Serpentinite	×	×		×
Serpentinite micacée		×		
Serpentinite hématisée				×
Hématite en grain		×	×	×
Mica blanc		×		
Quartz	×		×	×
Quartz anguleux		×		
Quartz groupés		×		
Conglomérat schistosé		×		
Quartzite			×	×
Quartzite micacée		×	×	×
Quartzite à épidotes				×
Quartz et épidotes				×
Epidotes				×
Feldspath alcalin		×		×
Fragment de roches granitoïdes		×	×	×
Pyroxène		×		×
Biotite altérée			×	×
Microcline, perthites			×	×
Plagioclase			×	×
Plagioclase séricitisé			×	
Calcaire			×	
Chamotte		×		×

Figure 2. Tableau – Strette - Caractéristiques minéralogiques des différentes terres de la couche XIV. Les croix signalées en gras indiquent les éléments les plus abondants dans la pâte.

si à une origine locale pour cette terre et nous allons jusqu'à mettre en doute la division en plusieurs catégories pouvant correspondre à des phases culturelles différentes. Le groupe C, quant à lui, est un mélange des deux terres A et B, avec de plus la présence d'épidotes. Les grains présents dans les trois types de pâte ont une morphologie mixte. On trouve en effet des éléments émoussés et des éléments anguleux, ce qui laisse envisager qu'il existe deux provenances distinctes pour le dégraissant.

Nous concluons donc à l'hypothèse suivante : les néolithiques du site ont probablement commencé à exploiter les gîtes d'argile les plus proches de Strette qui sont en fait localisés en amont du site, sans se soucier du dégraissant qui était abondant sur le site, puisque charrié par la rivière. Ces terres correspondent au groupe A qui indique une origine locale proche du site. Mais ces zones d'extraction, qui sont

en fait de petites poches d'argile, sont vite épuisées, il faut donc se procurer la terre ailleurs. Pour cela rien n'est plus simple et plus logique que de remonter le cours d'eau ; puisque les premières zones d'extraction sont en amont du site, ils continuent leur exploration vers le haut. De fait, la terre du groupe B serait extraite plus en amont. En effet, elle contient des éléments de roches éruptives qui trouvent leur origine dans les conglomérats à éléments de granites et de rhyolites situés à l'Est du site. Il se pourrait que les néolithiques aient exploité des terres de plus en plus éloignées du site car les gîtes se sont très vite appauvris en matières premières.

La lecture de la carte géologique nous indique donc que les lieux d'extraction des argiles sont situés au maximum dans un périmètre de 3 kilomètres à l'Est et/ou au Sud du site. En ce qui concerne les différentes natures des dégraissants trouvés dans les pâtes cela

peut simplement s'expliquer par le fait que différentes roches sont charriées par les eaux de la rivière sur le site. Les néolithiques de Strette utilisaient donc probablement le sable de rivière situé au pied du site pour dégraisser leurs récipients.

5. PROSPECTION ET PRÉLÈVEMENT DE MATIÈRES PREMIÈRES SUR LE TERRAIN

Pour nos reproductions nous avons pu utiliser une terre de couleur rouge extraite en amont du site à environ 2 km. Elle est assez grasse et se détache en blocs compacts. Il s'agit cependant d'une simple poche d'argile que nous avons pratiquement vidée. La quantité de terre recueillie servira au mieux à la confection de trois ou quatre récipients de taille moyenne. En revanche, le dégraissant se trouve en abondance au pied du site, sur la rive droite de la rivière. Il est de couleur grise et ses grains ont une dimension qui varie de 1 à 5 mm.

La question de l'approvisionnement en matière première argileuse se pose donc pour ce site. En effet, le nombre important de tessons et la production des grands récipients de conservation de forme composite restent un problème (Nonza-Micaelli 2007, 253-254). Plusieurs hypothèses sont émises :

- soit les zones exploitées, multiples et dispersées autour du site, ont été épuisées par les néolithiques,
- soit la terre n'est pas d'origine locale, on pourrait alors supposer qu'elle était acheminée sur le site et mélangée au dégraissant sur place,
- soit les récipients sont apportés sur le site une fois confectionnés.

6. PERSPECTIVES DU TRAVAIL EXPÉRIMENTAL

Plusieurs objectifs devront être atteints au cours des travaux expérimentaux. Au total trois formes seront reproduites. Les étapes des chaînes opératoires seront détaillées sous forme de tableaux illustrés. Nous nous efforcerons de décrire la morphologie des cassures qui apparaissent sur les récipients archéologiques de façon à voir si elles peuvent nous indiquer différentes techniques de montage. Si c'est le cas nous en tiendrons compte, et de fait nous utiliserons les mêmes techniques pour la confection de nos récipients expérimentaux. Nous compléterons aussi schématiquement les thèmes décoratifs avant de les reproduire sur nos pièces expérimentales. Nous portons aussi un vif intérêt au mode de montage appliqué aux grandes formes composites, qui, du fait de leur taille imposante, ont

certainement requis une adaptation du mode de fabrication. Les décors sont tous identifiés, ils ne feront donc pas l'objet d'une attention particulière.

En revanche, les microsillons observés sur les grands récipients devront être reproduits, il semblerait à première vue qu'il ne s'agit pas d'une technique décorative mais plutôt du résultat de l'utilisation d'un autre objet ou outil sur les parois externe et interne des récipients.

Suite à la reproduction des formes, nous noterons si les modes de montage indiqués par les échantillons archéologiques ont pu être appliqués aux formes reproduites. Ces formes une fois obtenues serviront à quantifier les volumes de contenance des poteries néolithiques et ainsi à connaître une partie des besoins des préhistoriques du site (Nonza-Micaelli 2005b, 318-321).

Elles nous fourniront aussi des informations sur le temps correspondant aux différentes étapes de réalisation de chacune d'entre elles, ainsi que sur leur poids et leurs éventuelles fonctions et durée de vie.

6.1. TRAITEMENT DES MATIÈRES PREMIÈRES

L'argile est prélevée à l'état humide, elle renferme des éléments de dégraissant légèrement anguleux dont les plus gros seront retirés. Elle nécessite cependant l'ajout d'éléments non plastiques et un pétrissage intense avant son utilisation. C'est le sable de rivière prélevé sur les rives de la Strutta que nous employons pour dégraisser, la dimension moyenne de ses grains est comprise entre 2 et 4 mm.

L'argile, de couleur rouge, se prête parfaitement à tous les types de montage, et sèche relativement rapidement sans présenter un taux de retrait excessif, il est de l'ordre de 2%. Elle supporte les cuissons au cours desquelles les récipients sont en contact direct avec la flamme. En fonction des modes de cuisson qui sont appliqués la pâte prend une jolie couleur beige saumoné à brun rouge.

6.2. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES CRITÈRES TYPO-TECHNOLOGIQUES

Forme I

Elle ne laisse pas apparaître de traces particulières pouvant nous donner quelque indication que ce soit sur son mode de montage ; cependant, la taille et la morphologie de ce récipient ainsi que ses cassures suggèrent fortement un modelage dans la masse.

Forme II

Elle présente sur sa paroi interne des traces qui font penser à un façonnage dans la masse par application

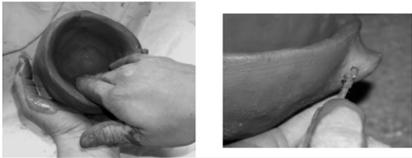
Forme I			Temps de travail actif	Temps de travail passif
<p>Taille : Petite H : 4,5 cm D : 12 cm</p> <p>Fonction supposée : prise de matières, unité de mesure, préparation de condiments, récipient porté à la bouche.</p> <p>Contenance : 100 ml.</p> <p>Poids : 250 g.</p>				
	Argile	Brute		
		Mise à la trempe		
		Concassage		
	Pétrissage	Retrait d'éléments	✗	5 min.
		Ajout d'éléments	✗	15 min.
Type de montage		Masse	✗	10 min.
		Colombin		
		Estampage		
		Collage de parties		
		Ajout de matière		
Pose de préhension ou préhension décor			5 min.	
Séchage avant traitement de surface				5 h
		Lissage	A la main ✗	3 min.
			Au tissu	
		Polissage	Galet ✗	10 min.
			Coquille	
			Cuir	
		Uniformisation à la laine	✗	2 min.
Traitement de surface externe et interne				
	Décor en creux	Incision		
		Impression		
	Ajout de matière	Décor plastique		
		Peinture		
	Associées			
Techniques décoratives				
Séchage complet du récipient				72 h
Type de cuisson et teintes obtenues		Meule ouverte		
		Meule chapée		
		Fosse ouverte		
		Fosse chapée		
		Sur galet		
		En fournaise ouverte	✗	12 h
		Teintes obtenues	P 71	
		Températures atteintes	550°	
Temps total			12 h 50 min.	78 h
Temps actif + temps passif			3 jours 18 h 50 min	

Figure 3. Tableau – Strette – Temps imparti aux différentes étapes de la chaîne opératoire de la forme I.

Forme II			Temps de travail actif	Temps de travail passif
Taille : grande H : 20 cm D : 30 cm				
Fonction supposée : préparation et cuisson d'aliments divers, stockage ponctuel, transport, caillage de laitage.	Argile	Brute		
		Mise à la trempe		
Contenance : 6 l.		Concassage	✗	45 min.
	Pétrissage	Retrait d'éléments		
Poids : 6,2 kg.		Ajout d'éléments	✗	40 min.
Type de montage		Masse	✗	10 min.
		Colombin	✗	30 min.
		Estampage		
		Collage de parties		
		Ajout de matière		
Pose de préhension				20 min.
Séchage avant traitement de surface				24 h
Traitement de surface externe et interne	Lissage	A la main	✗	10 min.
		Au tissu		
	Polissage	Galet	✗	35 min.
		Coquille		
		Cuir		
	Uniformisation à la laine			
Techniques décoratives	Décor en creux	Incision		
		Impression		
	Ajout de matière	Décor plastique	✗	20 min.
		Peinture		
	Associées			
Séchage complet du récipient				240 h
Type de cuisson et teintes obtenues				
	Meule ouverte			
	Meule chapée			
	Fosse ouverte			
	Fosse chapée			
	En fournaise ouverte	✗	12 h	
	Sur galet			
	Teintes obtenues	N 71		
Températures atteintes	550°			
Temps total			15 h	264 h
Temps actif + temps passif			30 min	11 jours 15 h 30 min

Figure 4. Tableau – Strette – Temps imparti aux différentes étapes de la chaîne opératoire de la forme II.

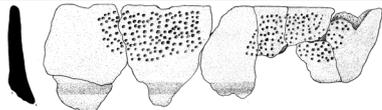
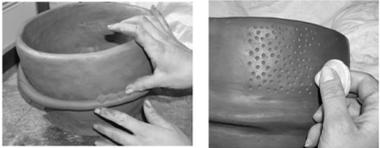
Forme III				Temps de travail actif	Temps de travail passif
Taille : moyenne H : 16 cm D : 24 cm					
Fonction supposée : préparation et cuisson d'aliments divers, stockage ponctuel, transport, caillage de laitage.					
Contenance : 3 l.					
Poids : 4 kg					
		Argile	Brute		
			Mise à la trempe		
			Concassage	✗	20 min.
		Pétrissage	Retrait d'éléments		
			Ajout d'éléments	✗	15 min.
Type de montage		Masse		✗	5 min.
		Colombin		✗	30 min.
		Estampage			
		Collage de parties			
		Ajout de matière			
Pose de préhension ou préhension décor					
Séchage avant traitement de surface					24 h
Traitement de surface externe et interne		Lissage	A la main	✗	5 min.
			Au tissu		
		Polissage	Galet	✗	35 min.
			Coquille		
			Cuir		
		Uniformisation à la laine			
Techniques décoratives		Décor en creux	Incision		
			Impression	✗	10 min.
		Ajout de matière	Décor plastique	✗	15 min.
			Peinture		
		Associées			
Séchage complet du récipient					240 h
Type de cuisson et teintes obtenues		Meule ouverte			
		Meule chapée			
		Fosse ouverte			
		Fosse chapée			
		Fournaise ouverte		✗	12 h
		Sur galet			
		Teintes obtenues	P 71		
		Températures atteintes	550°		
Temps total				15 h 25 min.	264 h
Temps actif + temps passif				11 jours 15h 25 min	

Figure 5. Tableau – Strette – Temps imparti aux différentes étapes de la chaîne opératoire de la forme III.

d'une boule de pâte à l'intérieur d'une forme ou par battage. Compte tenu de la dimension et de la morphologie du récipient on pourrait penser à un modelage dans la masse dans un premier temps puis à un élargissement de la forme par étirement à la main. L'épaisseur variable des parois, associée à l'aspect bosselé de la face interne appuie cette hypothèse. En effet, la face externe est beaucoup plus uniforme, on en déduit donc que cette dernière a pris appui à l'intérieur d'un support aux formes plus régulières. La forme aplatie de son fond accentue cette hypothèse. En effet, au cours de nos nombreux travaux expérimentaux nous avons pu noter que la majorité des fonds aplatis prenait naissance à l'intérieur d'une forme concave (récipient, trou dans le sol, vannerie).

Nous respectons le mode de montage indiqué par les cassures observées sur le récipient archéologique, avec l'application d'un colombin aplati pour la réalisation du bord.

Forme III

Elle présente des cassures de forme plus ou moins régulière localisées au dessus du cordon situé sur la panse du récipient, cela pourrait indiquer un mode de montage au gros colombin aplati, du moins pour cette partie supérieure. Ces fractures sont le reflet certain d'un montage en deux parties ; la partie supérieure est colmatée par ajout d'une bande de pâte aplatie et c'est au niveau de cette jonction que se fragilise le vase. Cela explique le nombre élevé de parties supérieures fragmentées sur ce type de récipient à bord rectiligne.

Une coquille de pétoncle est utilisée pour la réalisation du décor car nous avons trouvé le résultat assez proche de la réalité, mais un autre outil aurait pu être employé.

7. CONCLUSION

Les matières premières employées pour les reconstitutions expérimentales conviennent aux différents modes de montage que nous avons choisi d'appliquer suite à la lecture des critères techniques des récipients archéologiques. La reproduction de la forme I ne pose pas de problème particulier, ni pour le choix du mode de montage, ni pour celui de l'application des anses. Pour les deux formes tronconiques décorées nous avons fait le choix de les munir de fonds plats, suite à l'observation de ce même type de fond dans la collection et en particulier sur le récipient III : il nous a paru logique de respecter le choix des néolithiques qui semblent avoir privilégié les fonds plats pour les formes tronconiques.

Nos travaux de reconstitution confirment que l'identification des modes de façonnage par l'observation des critères techniques est possible et efficace. Nous notons aussi que la forme est pensée avant sa conception car une technique de fabrication particulière y est adaptée, ceci est valable pour les trois récipients du site. La restitution de ces formes nous permet de voir que la vaisselle de Strette offre des formes qui varient peu mais propose des volumes différents probablement adaptés à des utilisations spécifiques. Nous pouvons donc dire ici que c'est la fonction qui détermine la forme, et la forme qui détermine le mode de fabrication.

La reproduction des thèmes décoratifs sur les poteries expérimentales permettent la visualisation des thèmes associés à la forme, ce qui n'est pas possible sur leurs modèles originaux.

Si l'on compare le temps de montage consacré aux récipients, il est à noter que les indices de taille, de contenance et les poids sont plutôt différents et qu'ils jouent un rôle dans le temps imparti aux différentes étapes de confection.

Forme	Hauteur/ Diamètre ouverture	Indice de taille	Indice de contenance	Mode de montage indiqué et appliqué	Poids	Temps consacré à la préparation de la pâte	Temps consacré au montage et à la pose de préhension	Temps consacré à la finition	Temps consacré à la décoration
I. Basse hémisphérique	H : 4,5 cm D : 12 cm	0,5 : petit	100 ml	Modelage dans la masse	250 g	20 min.	15 min.	15 min.	-
II. Simple tronconique	H : 20 cm D : 30 cm	6 : grand	6 l	Estampage et montage au colombin	6,2 kg	1 h 25 min	40 min.	45 min.	35 min.
III. Simple tronconique	H : 16 cm D : 24 cm	3,8 : moyen	3 l		4 kg	35 min.	35 min.	40 min.	25 min.

Figure 6. Tableau – Strette - Caractéristiques des formes expérimentales.

8. BIBLIOGRAPHIE

LORENZI, F., NONZA-MICAELLI, A., PAOLINI-SAEZ, H. 2000, *Terminologie pour la typologie de la céramique*, Groupe de Recherches préhistoriques et protohistoriques de l'UFR de Lettres, Langues et Sciences Humaines, Université de Corse, ISBN 2-911285-27-1, 5-22.

MAGDELEINE, J. 1985, Les premières occupations de l'abri de Strette, *Archeologia Corsa* n° 8-9, 30-50.

NONZA-MICAELLI, A. 2005a, Expérimentation de formes et décors du Néolithique de Corse et de Toscane. Du gîte d'argile à la reconstitution du vase, Thèse de Doctorat, Volume I, Université de Corse, 81-90.

NONZA-MICAELLI, A. 2005b, Expérimentation de formes et décors du Néolithique de Corse et de Toscane. Du gîte d'argile à la reconstitution du vase, Thèse de Doctorat, Volume II, Université de Corse, 383-386.

NONZA-MICAELLI, A. 2007, Approvisionnement et traitement des matières premières argileuses durant le Néolithique en Corse et en Toscane, in C. Tozzi, M. Claude Weiss (dir.), *Préhistoire et Protohistoire de l'aire tyrrhénienne / Preistoria e protostoria dell'area tirenica* – Unione Europea, Interreg III A Francia – Italia 'Isole' Toscana, Corsica, Sardegna-ASSE III- Scambi transfrontalieri Misura 3.1 (Felici Editore, Ghezzano, Pisa), 253- 260.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS ORÍGENES DE LA METALURGIA DEL COBRE EN EL SUR DE IBERIA: LA VASIJA HORNO

Alberto Obón Zúñiga* Abel Berdejo Arcéiz**

La tecnologia del vas-forn s'ha configurat en la historiografia com un dels principals mètodes d'obtenció i processament del coure en els inicis de la metal·lúrgia a la península Ibèrica. Descrivim els primers resultats d'un programa de arqueometal·lúrgia experimental integral que ha tingut com a objectiu posar en pràctica les diferents possibilitats de funcionament de la tecnologia calcolítica en base al registre arqueològic.

Calcolític, vas-forn, arqueometal·lúrgia, coure.

Crucible-furnace technology has been recognized in historiography as one of the main methods of copper collection and processing used at the onset of metallurgy in the Iberian Peninsula. We describe the first results of an experimental archaeometallurgy program that, by examining archaeological remains, aims to put into practice the different work methods employed in this technology of the Chalcolithic period, taking an integrated approach to experimentation.

Chalcolithic, Crucible-furnace, archaeometallurgy, copper.

407

1. EL REGISTRO METALÚRGICO CALCOLÍTICO

La historiografía está dominada por discursos sobre el impacto que generó la aparición del metal en las sociedades calcolíticas, formulados sin analizar el plano tecnológico, es decir, sin una comprobación de las suposiciones extraídas de la observación del registro arqueológico (Montero 1991, 12-14; Hunt 2003, 6). Este hecho nos condujo a desarrollar una investigación por la vía experimental de las características tecnológicas de la metalurgia del cobre en el sur de Iberia, al menos durante el IV-III mil a.C. Diseñar este programa experimental ha implicado un trabajo previo de aproximación teórica a la Arqueometalurgia y a la experimentación en Arqueología, una recopilación pormenorizada del registro arqueológico y las fuentes de minerales cupríferos, y un repaso histórico de la experimentación aplicada a la Arqueometalurgia del cobre (Obón 2010; Obón *et al.* 2011).

Sin mencionar la herramienta experimental, los estudios en este marco territorial que puedan recibir el apelativo de "arqueometalúrgicos" han tardado en aparecer (Rodríguez 2008, 16). A finales de los años 80 se comenzó a esbozar el proceso técnico de la metalurgia calcolítica con unos rasgos definidos, como son la simplicidad de los hornos con vasijas sencillas y una mínima producción de escoria (Rovira 2004). Los restos se han detectado normalmente en las unidades de hábitat y suelen ser restos de mineral, fragmentos cerámicos con adherencias escoriáceas y restos amorfos en forma de agrupaciones de bolas de cobre con una matriz de escoria. Las escasas descripciones de hornos hallados señalan la existencia de simples estructuras de combustión atribuidas al trabajo del metal por asociación de proximidad con restos metalúrgicos (Rovira/Ambert 2002, 90). No obstante, en el Suroeste se han documentado áreas específicas para metalurgia fuera del hábitat, evidencias de potentes sistemas de ventilación e incluso el uso de fundentes, interpretando el uso de la tecnología de vasija

* Investigador independiente miembro del Grupo de investigación arqueológica y divulgación *De la Roca al Metal*. c/Trabajo, 4 1ºdcha., 50008, Zaragoza

** Investigador independiente miembro del grupo de investigación arqueológica y divulgación *De la Roca al Metal*. c/Orense, 90, 2º, 50007, Zaragoza

horno como en el Sureste pero con distinta intensidad y especialización (Nocete 2006; Nocete *et al.* 2008).

Estos procesos técnicos son puzzles incompletos debido a las endebles evidencias que deja la metalurgia en sus inicios y a la falta de registros arqueometalúrgicos de alta calidad. Sumado al proceso de degradación debido al paso del tiempo o a la destrucción voluntaria, conlleva que los vestigios sean siempre parciales y difíciles de detectar (Hunt *et al.* 2001, 540). Conocemos aproximadamente el funcionamiento de la vasija de reducción pero algunos elementos técnicos imprescindibles para estas operaciones tienen escasa presencia en el registro. No encontramos evidencias de los medios de inyección de aire o del uso de carbón como combustible. Aparece muy poca escoria y contamos con escasos ejemplos de estructuras de combustión y de toberas.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

La experimentación nos permite adquirir una profunda comprensión del conjunto de gestos técnicos de la tecnología de vasija horno, aproximándonos a las acciones y a los elementos que produjeron los restos. El objetivo es optimizar la recogida de datos y la interpretación del

registro arqueológico. Nuestra intención no es adquirir la habilidad de los metalúrgicos prehistóricos sino simplemente sugerir las posibilidades explicativas a través de la observación de las limitaciones físico-químicas, generando durante el proceso nuevas hipótesis hasta ese momento inexistentes (Reynolds 1988, 16).

En primer lugar hemos desarrollado la técnica mediante la Arqueología Experiencial, definida como el aprendizaje de un conjunto de habilidades obtenidas mediante el ensayo-error y la prueba (Jeffery 2004). Estas actividades nos permiten controlar las variables sin tomar datos de manera intensa y acelerando el proceso si nos conviene. Posteriormente tratamos de establecer en detalle el proceso tecnológico mediante la comparación y la reconstrucción de las partes del proceso que son invisibles para el arqueólogo en la excavación y el laboratorio. Cuando todos los elementos materiales empleados son tecnológicamente similares a los arqueológicos decimos que abarcamos el proceso de forma *integral* (Morgado/Baena 2011, 23), respetando los materiales y las técnicas de elaboración en la preparación del utillaje cerámico o los medios de inyección.

Para establecer un modelo de Proceso Técnico tratamos de comprender como las principales variables y los parámetros interactúan (Fig. 1), con la posibilidad

408

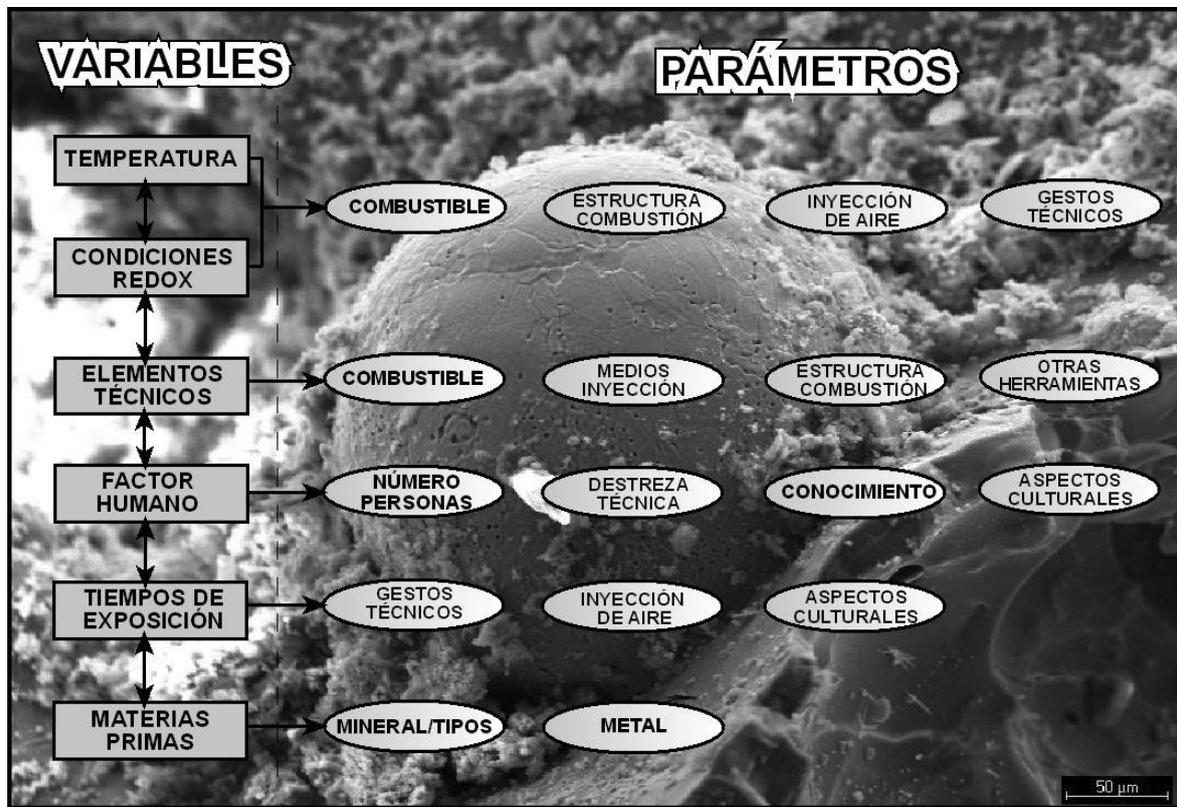


Figura 1. Frente: Principales variables y parámetros abordados en la experimentación. Fondo: Pepita incrustada en la escoria (prueba 16).

de modificar los componentes para observar los cambios (Beyries 2009). El hecho de alterar el proceso en busca de una mayor efectividad y mejores resultados en relación al rendimiento y al esfuerzo, conduce a alcanzar importantes conclusiones sobre las limitaciones físico-químicas del procedimiento. Mediante la repetición comprobamos las combinaciones que favorecen la transformación de la materia prima y la obtención de los productos deseados con menor esfuerzo.

En el estudio arqueometalúrgico del Calcolítico en Iberia en ninguna ocasión se ha utilizado la Experimentación Integral y solo en algunas ocasiones se han realizado actividades que teóricamente encajan dentro de la Arqueología Experiencial. Habitualmente se dispone de medios de inyección modernos, cuyos productos resultantes no son comparables a los prehistóricos. En otras ocasiones se utilizan medios tecnológicos cercanos a los requerimientos mínimos pero con elementos técnicos que no han sido afrontados de manera integral (Hunt *et al.* 2001; Rovira 1999, 2003; Rovira/Montero/Renzi 2009; Hanning/Gaub/Goldenberg 2010). Por nuestra parte hemos realizado 34 pruebas en 7 series de experimentación (Fig. 2), cada una de ellas dirigida a resolver diferentes problemáticas. Es importante describir el proceso de experimentación desde el principio, exponiendo tanto los éxitos como los errores.

2.1. ARQUEOLOGÍA EXPERIENCIAL. ADQUISICIÓN DE PERICIA

Hemos programado 4 series de arqueología experiencial con el objetivo de adquirir las destrezas técnicas básicas, comprender cómo interactúan las principales variables y conocer las limitaciones de los elementos y los gestos técnicos. Ante la suposición generalizada del uso del fuelle y del carbón, realizamos un primer acercamiento a la pirotecnología y la fundición con el menor esfuerzo de preparación que implican los requerimientos mínimos. Las **pruebas 1 y 2** sirvieron de acercamiento a la técnica del soplado aunque no llegamos a licuar el metal. El cobre inutilizó el crisol al ser de procedencia industrial con alto contenido en Fe. En las **pruebas 3 y 4**, con cobre granulado, logramos alcanzar y mantener temperaturas en torno a los 1100°C, comprobando que es posible fundir con la técnica del soplado como medio de inyección y utilizando exclusivamente leña con alto potencial calórico.

La **prueba 5** consistió en un primer acercamiento a la transformación del mineral, utilizando malaquita procedente de una mina de plomo de Linares. A pesar de no crear las temperaturas y las condiciones Redox apropiadas hemos detectado abundantes *prills* microscópicos en varias muestras de escoria (Obón 2010). La segunda serie (**pruebas 6, 7 y 8**) fue una intensa búsqueda de las condiciones óptimas para la reducción

del mineral mediante el uso de diferentes estructuras de combustión y diversas formas de crear el ambiente reductor. Al mismo tiempo probamos el modo en que la vasija y los crisoles rentabilizan mejor el esfuerzo.

Afrontar los mismos problemas una y otra vez en pasos concretos del proceso, nos obliga a abandonar temporalmente el criterio integral y retornar a la Arqueología Experiencial. En las **pruebas 18, 20 y 23** aumentamos las proporciones de metal a fundir para comprobar las diferencias del uso de carbón artesanal o leña como combustibles. Otras experiencias estuvieron dedicadas a explorar en la reducción alterando la cantidad de mineral introducida o el origen de la materia prima. En la **prueba 19** introdujimos malaquita del Zaire de alta calidad pero el producto resultante fue en gran parte mineral parcialmente reducido debido a que no conseguíamos crear las condiciones redox adecuadas. Resultados similares ofrecieron las **pruebas 21 y 22**, esta vez aumentando la cantidad de mineral hasta los 900 gr de malaquita y azurita de Touissit (Marruecos) con una génesis similar a los minerales del sureste de Iberia. En la **prueba 24**, con leña y soplando a través de tubos de sauco, obtuvimos una masa escoriácea con nódulos de cobre incrustados de un tamaño entre 1 y 250 mm.

2.2. DEFINICIÓN DE UN MODELO DE PROCESO TÉCNICO

La suma del control sobre los elementos técnicos y las variables que intervienen en las operaciones y su cuantificación, nos ha permitido establecer un modelo de Proceso Técnico que con los requerimientos mínimos, es válido como posible para explicar el registro arqueológico (Obón *et al.* 2011). Aplicando el criterio integral, en la serie de **pruebas 9-15**, procesamos carbonatos de cobre de diferentes orígenes (Touissit-Marruecos y Montecorto-Málaga) en cantidades pequeñas entre 150-300 gr, hasta conseguir una cantidad significativa de metal y fundirla. Como estructura de combustión utilizamos una cubeta con una vasija de 22 cm de diámetro y 9 de profundidad ajustada a un agujero (Fig. 5). Alteramos el número de sopladores entre 2 y 4 durante tiempos de exposición relativamente cortos (30-45 min). Comprobamos la viabilidad de un procedimiento que con menor esfuerzo optimiza la rentabilidad de la operación. Dos personas podían efectuar todo el proceso utilizando la técnica del soplado y leña como combustible y dejando unos restos mínimos.

En las **Pruebas 16 y 17** realizamos una experimentación integral aplicando dicho modelo al registro de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén) con el objetivo de comparar los datos experimentales con los arqueológicos. Pese a la cronología del Bronce Antiguo y Medio parece que la tecnología de vasija-horno perdura en el II mil a.C. La abundancia de restos arqueometalúrgicos y las posibilidades de abastecimiento de

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prueba 11
TIPO DE PRUEBA	Fundición (Experiencia)	Fundición (Experiencia)	Fundición (Experiencia)	Fundición (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	Reducción (Experimentación integral)	Reducción (Experimentación integral)	Reducción (Experimentación integral)
ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN	Cubeta forrada de barro 45x25	Cubeta 30x15	Cubeta forrada de barro 45x25	Cubeta forrada de barro 45x25	Fosa con maceta enterrada (40x45)	Horno de mampostería y barro 25x18 cm	Horno de mampostería y barro 25x18 cm	Fosa con anillo de barro 40x20 cm	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm
SISTEMA DE VENTILACIÓN	Tubos de soplado 2/4 sopladores	Tubos de soplado 2/4 sopladores	Tubos de soplado 4 sopladores	Tubos de soplado 2/3 sopladores	Tubos de soplado (2/3) sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 2 sopladores	Tubo de soplado 3/4 sopladores	Tubo de soplado 2/4 sopladores	Tubo de soplado 2/4 sopladores
COMBUSTIBLE	Leña encina	Leña encina	Carbón vegetal 4 kg	Leña encina 15 kg	Carbón vegetal y brasa (70/30%)	Leña encina	Leña encina	Encina y carbón vegetal artesanal	Carbón artesanal	Leña encina	Leña encina
ELEMENTOS TÉCNICOS	Tubos de soplado crisol de joyero	Tubos de soplado crisol de joyero	Cafias, crisol de joyero, molde arenisca, pinzas	Tubos de soplado, crisol de joyero, molde arenisca	Maceta Tubos de soplado	Crisol Toberas Tubos de sauco	Crisol Toberas Tubos de sauco	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija horno Toberas Tubos de sauco
MATERIAS PRIMAS	Cobre industrial y bórax (fundente)	Crisol de la prueba 1	Cobre granulado joyería (1-3 mm), 25 gr	Cobre granulado joyería (1-3 mm), 25 gr	Piedras con impregnaciones de carbonatos y sulfuros de cobre de Linares	Carbonatos Montecorto, Málaga (Tamaño polvo)	Carbonatos de Touissit, Marruecos (fragmentos milimétricos)	Carbonatos de Touissit, Marruecos a 4-5 mm, 450 gr	Carbonatos de Touissit, Marruecos (4-5 mm) 150 gr	Carbonatos de Touissit, Marruecos (4-5 mm) 115 gr	Carbonatos de Touissit, Marruecos (4-5 mm) 300 gr
TIEMPOS VENTILACIÓN	30 min (varios intentos)	40 min (varios intentos)	25 min	7 min	40 min	1 h 30 min	50 min	40 min	33 min	45 min	35 min
RESULTADOS	Crisol inutilizado por una masa escoriacea	Sin cambios a nivel macroscópico	El cobre se ha fundido perfectamente	Fundimos rápido pero el cobre no ha licuado bien	Escoria frágil, bolas microscópicas de cobre	Mineral tostado	Escoria	434 gr de escoria	79 gr escoria 10 gr bolas de cobre	90 gr entre escoria, mpr y metal	201 gr entre escoria, mpr y metal
OBSERVACIONES	Alcanzamos picos de 1100 pero no podemos mantenerlos	Soplado regular con cambios bruscos de temperatura	El cobre funde cuando se produce el núcleo blanco	Soplado continuo y coordinado y leña son eficaces	Mineral no apto: ambiente y temperatura insuficiente	Pérdida de calor muy elevada No se produce ambiente reductor	Una masa metálica o escoriacea líquida fundida rompe el crisol	Escoria frágil, Pérdida de calor Vasija sin adherencias	Estructura muy eficaz Aparece una llama verde	Escorias macroscópicamente similares al registro	Control eficiente la técnica del soplado y ambiente de combustión
ANALÍTICAS	no	no	no	no	No	No	No	No	Si	Si	Si

	Prueba 12	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18	Prueba 19	Prueba 20	Prueba 21	Prueba 22
TIPO DE PRUEBA	Reducción (Experimentación integral)	2ª Reducción (Experimentación integral)	Reducción (Experimentación integral)	Reducción (Experimentación integral)	Reducción (experimentación integral)	Fundición (experimentación integral)	Fundición (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	Fundición (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	2ª Reducción (Experiencia)
ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm	Fosa con vasija ajustada 22x9 cm	Fosa con vasija rota ajustada 28x20	Fosa con vasija rota ajustada 28x20	Fosa con vasija ajustada 24x5 cm	Fosa con vasija ajustada 23x9 cm	Fosa con vasija ajustada 24x5 cm	Fosa con vasija ajustada 23x9 cm	Fosa con vasija ajustada 24x5 cm
SISTEMA DE VENTILACIÓN	Tubo de soplado 2 sopladores	Tubo de soplado 3/4 sopladores	Tubo de soplado 2/4 sopladores	Tubo de soplado 2/4 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 2/3 sopladores	Fuelle y soplado 2/3 sopladores	Tubo de soplado 3/4 sopladores	Tubo de soplado 2/4 sopladores
COMBUSTIBLE	Leña encina	Leña encina	Leña encina	Leña encina	Leña encina	Leña encina	Leña encina	Leña encina	Carbón artesanal	Carbón artesanal	Leña encina
ELEMENTOS TÉCNICOS	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija horno, toberas y tubos de sauco, crisol Pinzas	Vasija horno, toberas y tubos de sauco, crisol pinzas	Moladeras Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija Horno Crisol Toberas Tubos de sauco	Vasija Horno Crisol actual Tubos de soplado	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Fuelle, Vasija horno, crisol moderno Pinzas Tubos de soplado	Vasija horno Toberas Tubos de sauco	Vasija Horno Crisol Toberas Tubos de sauco
MATERIAS PRIMAS	Carbonatos Montecorto, Málaga (4-5 mm) 226 gr	MPR de pruebas 8,9,10 y 11 (0,5-10mm) (128gr)	Cobre con impurezas (60 gr)	Cobre con impurezas (32 gr)	Carbonatos y sulfuros Baños de la Encina, Jaén (2-5 mm) 450 gr	MPR, gotas metálicas (1-10 mm) 300 gr	Cobre granulado (1-3 mm) 175 gr	Malaquita de Zaire (4-5 mm) 400 gr.	Cobre granulado (1-3 mm) 100 gr	Malaquita y Azurita de Touissit, Marruecos (4-5 mm) 890 gr	MPR de prueba 19 4-5mm 180 gr
TIEMPOS VENTILACIÓN	30 min	33 min	Intentos de 30 min	20 min	30 min	20 min (3 intentos)	40 min	50 min	45 min	43 min	40 min
RESULTADOS	79 gr escoria y MPR en fragmentos entre 3-20 mm	60 gr torta escoria con bolas de cobre en su interior	Adherencias en el crisol 32 gr de cobre.	Punzón de cobre de 30x5 mm (9 gr)	MPR, escorias, pepitas metálicas 380 gr	Crisol con escorificación de todo su interior	No conseguimos fundir cobre	MPR Bolas de cobre microscópicas	Fundimos 20 gr que vertimos sobre un molde de arenisca	Mineral Parcialmente Reducido	MPR y pequeñas bolas de cobre
OBSERVACIONES	Dos sopladores bastan. Unión frágil entre tobera y tubo	Bolas de cobre atrapado en escoria obliga a machacarla	Reducción completa. Adherencias por las impurezas	La vasija resiste y no se han formado casi adherencias escoriáceas	No se completó la reducción. Escorias similares a las arqueológicas	Cobre entre escorias solidas, adherencias con crisol	Estructura de combustión demasiado amplia	Estructura de combustión de Ambiente reductor insuficiente	Fundir más de 30 gr es difícil Fuelle no efectivo	Tapando con ceniza y brassas creamos el ambiente reductor	No sabemos porque no se ha completado la reducción
ANALÍTICAS	si	Si	si	No	si	Si	no	no	No	no	no

410

	Prueba 23	Prueba 24	Prueba 25	Prueba 26	Prueba 27	Prueba 28	Prueba 29	Prueba 30	Prueba 31	Prueba 32	Prueba 33	Prueba 34
TIPO DE PRUEBA	Fundición (Experiencia)	Reducción (Experiencia)	Reducción (Demostración)	Fundición (Demostración)	Reducción (Demostración)	Fundición (Demostración)	Reducción (Demostración)	Fundición (Demostración)	Fundición (Demostración)	Fundición (Demostración)	Reducción (Demostración)	Fundición (Demostración)
ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN	Fosa con vasija ajustada 25x10	Fosa con vasija ajustada 25x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10	Fosa con vasija ajustada 24x10
SISTEMA DE VENTILACIÓN	Tubo de soplado 2/4 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Tubo de soplado 3 sopladores	Fuelle (1) Tubo de soplado	Fuelle (1) Tubo de soplado	Tubos de soplado 4 sopladores	Fuelle (1) Tubos de soplado 4 sopladores	Fuelle (1) Tubos de soplado 3/6 sopladores	Fuelle (1) Tubos de soplado 3/6 sopladores	Fuelle (1) Tubos de soplado 2/4 sopladores	Fuelle (1) Tubos de soplado 3/6 sopladores
COMBUSTIBLE	Carbón vegetal	Leña de encina	Leña almendra y carbón vegetal	Leña almendra y carbón vegetal	Leña almendra y carbón vegetal	Leña almendra y carbón vegetal	Carbón vegetal	Carbón vegetal	Carbón vegetal	Carbón vegetal	Carbón vegetal	Carbón vegetal
ELEMENTOS TÉCNICOS	Vasija Horno crisol tubos de sauco Toberas cerámicas Pinzas de hierro	Vasija horno Tubos de sauco toberas cerámicas Toberas de arcilla fresca y fibra Moladera	Vasija horno Tubos de sauco toberas cerámicas y de arcilla fresca	Vasija horno Tubos de sauco Toberas cerámicas y de arcilla fresca	Vasija horno Tubos de sauco toberas cerámicas y de arcilla fresca Fuelle de piel	Vasija horno, crisol Tubos de sauco Toberas cerámicas y de arcilla fresca, fuele, molde y pinzas	Vasija horno Tubos de sauco Toberas arcilla fresca Moladera	Vasija horno y crisol Tubos de sauco Toberas arcilla fresca Fuelle de piel Pinzas	Vasija horno y crisol Tubos de sauco Toberas arcilla fresca Fuelle de piel Pinzas	Vasija horno y crisol Tubos de sauco Toberas arcilla fresca Fuelle de piel Pinzas	Vasija horno Tubos de sauco Toberas arcilla fresca Fuelle de piel Moladera	Vasija horno y crisol Tubos de sauco Toberas arcilla fresca Fuelle de piel Pinzas
MATERIAS PRIMAS	Cobre procedente de cables eléctricos (250 gr)	Malaquita de Bou Bekker, Marruecos 5-10 mm (200 gr)	Malaquita de Bou Bekker, Marruecos 5-10 mm (400 gr)	Cobre electrolítico joyería 1-5 mm (75 gr)	Malaquita de Bou Bekker, Marruecos 5-10 mm (432gr)	Cobre electrolítico joyería 1-5 mm (30 gr)	Malaquita de Bou Bekker, Marruecos 5-50 mm (350 gr)	Cobre electrolítico de joyería 1-3 mm 2 pedazos grandes (62 gr)	Cobre electrolítico de joyería 1-3 mm (125 gr)	Cobre electrolítico de joyería 1-3 mm (125 gr)	Malaquita de Bou Bekker, Marruecos 80 mm (350 gr)	Cobre con impurezas de la Prueba 33 (72 gr)
TIEMPOS VENTILACIÓN	25-30 min (más de 10 intentos)	60 min	90 min	15 min (2 intentos)	60 min	20 min (4 intentos)	90 min	15 min	15 min	15 min	50 min	20 min
RESULTADOS	No conseguimos fundir. Punta de las toberas y crisol virificados	MPR Escoria con Pepitas de cobre de 0,1-500 mm incrustadas	MPR, Escoria con Pepitas de cobre de 0,1-250 mm incrustadas (139 gr)	No conseguimos fundir, sólo la parte en contacto con el crisol	MPR con pepitas de cobre. (100 gr)	Gota de fundición (22 gr)	Nódulos de cobre con MPR adherido 2-500 mm 158 gr	Punzón de 130x5 mm (26 gr)	Lingote (54 gr)	Lingote 118 gr	Nódulos de cobre 2-500 mm (118 gr)	Lingote experimental (61 gr)
OBSERVACIONES	Pérdida de calor Mala coordinación en soplado. Dificultad aumenta según la cantidad	Control técnico de la cadena operativa de la reducción y la técnica del soplado Muy poca escoria	Casi todo el mineral separado en pepitas	No hemos sabido crear bien el núcleo de calor necesario	Toberas de arcilla fresca y fibra son eficaces. No dejan apenas rastro arqueológico Fuelle funciona	El cobre funde cuando calentamos bien el crisol antes del "sprin" de ventilación para su fundición	Aprovechamiento casi integral Muy poca escoria	El interior del molde impregnado de carbón hace que el cobre líquido se desplace mejor	Calentar bien el crisol antes de añadir el metal facilita la operación	Fundimos cómodamente. Con la estructura muy caliente se pueden realizar varias fundiciones.	Se extraen 72 gr. de cobre metálico. Tras el machacado ningún fragmento de escoria o MPR supera 1mm.	La vasija no presenta escorificación ni daño alguno tras haber realizado 11 pruebas (arcilla refractaria industrial)
ANALÍTICAS	no	no	no	No	no	no	Si	no	no	no	si	si

Figura 2. Descripción general de la última serie experimental. El resto de pruebas del programa experimental están descritas en Obón 2010.

materia prima hacen de Peñalosa un yacimiento potencialmente comparable. Sin embargo no pudimos crear las condiciones redox adecuadas y la malaquita no tenía la suficiente calidad al proceder de escombreras de minas. Sí obtuvimos escorias, mineral parcialmente reducido y restos cerámicos con escorificaciones.

Posteriormente hemos continuado alterando los parámetros de los elementos y gestos técnicos hasta perfeccionar el modelo de proceso técnico. Con motivo de jornadas de divulgación científica desarrollamos otras dos series experimentales (Pruebas 25-28 y 29-34, Fig. 2). Las pruebas 25, 27, 29 y 33 fueron de reducción de malaquita y azurita de buena calidad procedente de Bou Bekker (Marruecos). Obteniendo nódulos de cobre que alcanzaban tamaños de hasta 5 cm y una cantidad mínima de escoria y mineral parcialmente reducido. Los resultados son idénticos a la prueba 24, en cuanto a cantidades y aspecto macroscópico, con la diferencia que en estas se usó carbón como combustible y en una de ellas, la 27, además del aporte puntual con tubos de soplado probamos un fuelle de tan solo 8 litros de capacidad basado en paralelos etnográficos.

En las pruebas 26, 28, 30, 31, 32 y 34 retomamos la fundición de grandes cantidades de cobre combinando la técnica del soplado y el fuelle mencionado y llegando a fundir 150 gr en pocos minutos. Destacamos las pruebas 33 y 34 en las que hemos completado todo el proceso desde el mineral hasta el objeto acabado en apenas 2 horas.

3. RESULTADOS-CONCLUSIONES

3.1. ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN

Hemos ido modificando progresivamente las características de la estructura de combustión buscando la mayor rentabilidad del esfuerzo con la técnica del soplado. El resultado es un hoyo excavado en el suelo muy poco profundo y del tamaño justo para el recipiente, entre 20-30 cm de diámetro y 10-15 cm de profundidad (Fig. 5). Debe estar bien ajustada al agujero, casi sobresaliendo. Cuando alteramos algún parámetro encontramos dificultades para mantener la temperatura. Lo cierto es que la mayor parte de los fragmentos arqueológicos están acorde con las medidas mencionadas (Rovira 2005, 94).

Con unas dimensiones tan reducidas, casi como un hogar normal, la huella arqueológica es mínima de no ser por los productos y subproductos metalúrgicos que están asociados. Cualquier mínimo resto de ceniza y carbón asociado a escorias, cobre metálico, fragmentos cerámicos o de mineral, pudo haber sido un lugar donde se realizaron actividades metalúrgicas. Además la mayor parte del material es reaprovechable

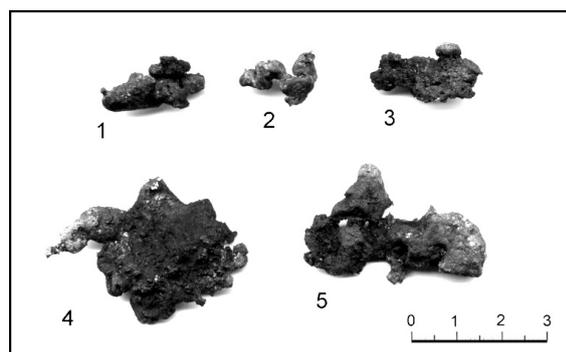


Figura 3. Productos de la reducción, Prueba 29. Su composición aparece en la figura 4.

y la estructura de combustión se desmantela en cada operación.

3.2. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE LA REDUCCIÓN

Se trata de un tipo de tecnología que apenas deja escoria siempre que se utilicen óxidos o carbonatos de buena calidad, aunque contengan impurezas. El análisis por Fluorescencia de rayos X (ED-XRF) nos permite observar la evolución compositiva del proceso: mineral, productos de la reducción y metal fundido. Las impurezas que contiene el mineral de Bou Bekker se van volatilizando durante el proceso (Fig. 4). Las menas son polimetálicas con una presencia de elementos, como el antimonio o el arsénico, que no se ve reflejada en el metal debido probablemente a que el límite de detección es muy alto (0,2%) y no se detectan cantidades inferiores.

Con este modelo tecnológico el rendimiento del mineral no es total produciéndose cantidades variables de mineral parcialmente reducido, en consonancia con el registro, ya que las Condiciones Redox y la Temperatura no son constantes. No obstante, en las operaciones en las que creamos las condiciones óptimas el MPR apenas representa un pequeño porcentaje del peso total del cobre metálico. Raras veces hemos obtenido escorias duras compuestas solo de impurezas. También hemos observado que para facilitar la agrupación del metal es determinante el tamaño en que se introducen los fragmentos de mineral, siendo óptimas medidas de entre 2 y 3 cm o incluso mayores. El producto de reducción habitual es una masa amorfa de bolas de cobre con una matriz escoriácea de escasa entidad (Fig. 3). Corroboramos que el uso de carbonatos de cobre muy puros apenas dejarían escoria (Tylecote 1974), además de ser necesario machacar y manipular la escoria para extraer el cobre reducido (Rovira 2005).

TIPO	PRUEBA	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi
Mineral Cu-azulado	29	2,64	nd	84,4	1,52	3,69	nd	nd	6,12	1,6	nd
Mineral Cu-verdoso	29	11,3	nd	55,3	2,75	6,67	nd	nd	23,8	0,11	nd
Mineral Cu-verdoso	29	5,12	nd	58,9	6,44	2,95	1,08	nd	11,5	14	nd
Mineral Cu-azulado	29	2,93	nd	75,3	1,39	1,26	nd	nd	7,65	11,5	nd
Mineral Cu-azulado	29	15,9	nd	47,1	5,69	2,72	nd	nd	11	17,5	nd
Mineral Calcopirita	29	31,9	nd	28,9	0,59	nd	nd	nd	0,25	38,3	nd
Mineral Cu-verdoso	29	4,07	nd	78,7	1,89	3,17	nd	nd	11,8	0,46	nd
Resto fundición	29	0,19	nd	98,6	nd	0,12	nd	nd	nd	1,1	nd
Resto fundición	29	0,16	nd	99,1	nd	0,34	nd	nd	nd	0,34	nd
Resto fundición	29	1,22	nd	97,8	nd	0,2	nd	nd	nd	0,78	nd
Resto fundición	29	0,14	nd	98	0,22	0,64	nd	nd	0,33	0,64	nd
Resto fundición	29	0,16	nd	99,2	nd	0,08	nd	nd	nd	0,59	nd
Lingote (extremo)	29	nd	nd	99,1	nd	nd	nd	nd	nd	0,89	nd
Lingote (centro)	29	nd	nd	99,8	nd	nd	nd	nd	nd	0,11	nd
Lingote (extremo)	29	nd	nd	99,5	nd	nd	nd	nd	nd	0,46	nd

Figura 4. Los análisis para conocer la composición se ha realizado mediante un equipo portátil de espectrometría de Fluorescencia de rayos X (PXRF) INNOV-X Systems modelo Alpha equipado con tubo de rayos X, ánodo de plata, condiciones de trabajo: 35Kv, 5µA, con filtro de aluminio de 2 mm, tiempo de adquisición 40 segundos, instalado en el Museo Arqueológico Nacional. En las muestras minerales los valores semi-cuantitativos obtenidos expresan en % en peso únicamente la fracción metálica, normalizada al 100% Los resultados se recogen en la Tabla (nd= no detectado). Los límites de detección para la plata (Ag) y antimonio (Sb) están en el 0,2 %, para Fe, Ni, As, Sn y Pb es de 0,05%. Destaca la volatilización de las impurezas del mineral en la evolución del proceso. Agradecemos a I. Montero (CSIC) la ayuda prestada al proyecto con la realización de estas analíticas.

412



Figura 5. Escena típica de nuestras experimentaciones en esta ocasión en el Centro de Arqueología Experimental de la Algaba (Ronda). Se observa el soplado a pulmón de dos personas en la pequeña estructura de combustión.

3.3. EL RECIENTE CERÁMICO

Para conseguir el éxito en las operaciones son determinantes los parámetros y cualidades de la vasija (dimensiones, materiales y manufactura), como la forma abierta que favorece la oxigenación responsable del aumento de temperatura. Pese a que se ha afirmado que solo sirven para una sola operación (Gómez 1999, 26), hemos observado por el contrario que el hecho de permanecer entera facilita la recuperación de los productos de la reducción. Es destacable que dos de las vasijas manufacturadas sin ningún tratamiento especial

continúan intactas tras su uso en varias operaciones, salvo por algunas grietas producidas por estrés térmico. Estos recipientes pueden ser extraídos y reutilizados una y otra vez hasta su amortización. El cuarzo y otros desgrasantes comunes utilizados para el resto de producción cerámica pueden vitrificarse a causa de las elevadas temperaturas, lo cual no afecta significativamente al proceso. La formación de adherencias escoriáceas se ve favorecida porque tanto el mineral como el cobre para fundir se calientan mejor en el fondo del recipiente cerámico (vasija o crisol) que mantiene la temperatura de manera óptima.

Aunque el término *vasija de reducción* es una revisión realizada por los propios definidores del concepto (Delibes *et al.* 1991; Rovira/Ambert 2002), consideramos más correcta la expresión original de *vasija-horno* debido a que todo el proceso se puede realizar en la misma estructura. En sucesivas pruebas la hemos utilizado como elemento técnico para la transformación del mineral en la operación de reducción, pero también hemos comprobado su utilidad en la operación de fundición como una especie de semi-cámara refractaria donde introducir el crisol.

3.4. MEDIOS DE INYECCIÓN. TOBERAS

Hemos comprobado cómo es posible realizar todo el proceso desde el mineral al objeto únicamente con la técnica del soplado. Lo principal es el volumen de aire inyectado y la presión con la que se introduce. El gasto energético es mucho mayor mediante el soplado a pul-

món pero la confección de un fuelle representa mayor esfuerzo que la preparación de las cañas. No obstante, con los requerimientos mínimos (soplado y leña) todavía no hemos conseguido fundir una cantidad de cobre mayor de 30 gr, siendo únicamente capaces de licuar metal para un punzón o un útil de poco peso. Por otra parte, las toberas con un diámetro del orificio de salida mayor de entre 7-8 mm sólo son eficaces empleando fuelles, cuando el volumen de aire que las atraviesa es superior a los límites de la inyección a pulmón y no permiten la suficiente presión con la técnica del soplado. Algunas toberas halladas en Valencina de la Concepción, Cabezo Juré y el sur de Portugal muestran orificios de salida por encima de los 2 cm (Nocete 2006, 651; Nocete *et al.* 2008, 728).

Ante la falta de evidencias arqueológicas de toberas y debido a su eficacia, proponemos el uso de puntas sin cocer realizadas con arcilla fresca y fibra vegetal directamente sobre las ramas de sauco vaciadas (Fig.6). La efectividad de las mismas es sorprendente y apenas dejarían huella arqueológica. Pese haber estado en contacto directo con el fuego apenas se han cocido

algunos fragmentos y al sumergirlas en agua se deshacen en poco tiempo.

3.5 COMBUSTIBLES

Algunos autores piensan que el carbón no se utilizó en los inicios porque requiere un esfuerzo extra que es prescindible (Fasnacht 2009, 398). Otros le otorgan un papel determinante en la aparición de la metalurgia porque facilita la reducción del mineral, no solo por su alto poder calorífico, sino porque durante su combustión desprende gas carbono que actúa como agente reductor (Craddock 2001, 161). En el yacimiento de Almizaraque, aparecen bolsas de mineral molido en pequeñas facciones mezclado con carbón fino (Delibes *et al.* 1991). Si este hecho está relacionado con la reducción del mineral, actuando como agente reductor y no como combustible, se entendería como un perfeccionamiento de la técnica y no como un condicionante básico para la aparición de la metalurgia.

En cualquier caso hemos comprobado la viabilidad técnica del uso de leña al realizar con éxito todo el proceso.



Figura 6. Los tubos de soplado se realizan vaciando la médula de ramas de sauco (*Sambucus nigra*). Las toberas de arcilla fresca se manufacturan directamente sobre el tubo, alternando capas de arcilla húmeda con capas de fibra animal o vegetal. Pese a entrar en contacto directo con el fuego no terminan de cocerse soportando el estrés térmico a la perfección.

Frecuentemente los restos del combustible se conservan pero los análisis antracológicos no permiten determinar si el combustible empleado fue carbón o madera. Sin disponer de información arqueológica se impone el uso de los requerimientos mínimos en la preparación del utillaje experimental, y la leña es más accesible que el carbón.

3.6 TIEMPOS Y RENDIMIENTOS

Se trata, como habían señalado algunos autores, de una tecnología sencilla pero eficaz (Gómez 1999, 26; Rovira 2004, 35; Rovira 2005, 94). Otros autores proponen que, de considerarse cifras validas 350 gr de cobre a partir de 2200 gr de mineral, no supondría un problema el transporte del mineral a las zonas de hábitat (Hunt *et al.* 2001). Por nuestra parte, en las primeras pruebas integrales obteníamos 30 gr de metal a partir de 250-300 gr de malaquita pero en la última serie experimental, el rendimiento fue de 100-150 gr de peso de cobre fundido a partir de 500 gr de mineral, realizando el proceso metalúrgico hasta obtener una preforma de objeto en tan solo 2 horas. A pesar de ser una tecnología rudimentaria, el aprovechamiento de la materia prima es elevado cuando utilizamos carbonatos bastante puros. En definitiva, como la producción es muy dispar según la calidad de la materia prima utilizada, contamos con indicios para pensar que este tipo de tecnología metalúrgica es muy rentable, en términos de esfuerzo, al menos utilizando minerales de cobre bastante puros, algo que probablemente no sería un inconveniente en el periodo Calcolítico del sur peninsular.

4. PERSPECTIVAS

Esta aportación experimental, al estar efectuada de manera integral y con los mínimos requerimientos aporta la primera colección de datos potencialmente contrastables a los arqueológicos, debido a que los restos han sido generados con una tecnología similar. Sin embargo, el valor reside más en la sugerencia que en la verdadera contrastación científica porque nuestras posibilidades de acceso a los recursos arqueométricos están limitadas. Hemos alcanzado una capacidad técnica y comprensión sobre la tecnología de vasija-horno pero apenas hemos comenzado el proceso de comparación con el registro. Con una adecuada batería de análisis podemos observar diferencias en la composición del material según el uso de diferentes elementos como los medios de inyección y los combustibles. Finalmente nos queda observar el área de trabajo donde realizamos algunas de las pruebas. Nuestra intención es evidenciar la necesidad de extremar la metodología durante la excavación arqueológica. No

será posible demostrar ninguna interpretación mientras no dispongamos de registros de alta calidad.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BEYRIES, S. 2009, Experimentació i Etnoarqueologia de les tècniques: quins són els objectius, *Cota Zero* 24, 39-48.
- CRADDOCK, P. T. 2001, From hearth to furnace: Evidences for the earliest metal smelting technologies in the Eastern Mediterranean, *Paléorient* 26/2, 151-165.
- DELIBES, G., FERNÁNDEZ-MIRANDA, M., FERNÁNDEZ-POSSE, M. D., MARTÍN, M. C., MONTERO, I. y ROVIRA, S. 1991, Almizaraque: archaeometallurgy during the Chalcolithic in the Southeast of the Iberian Peninsula, in J. P. Mohen, Ch. Éluère (ed.), *Découverte du Métal*, Picard, París, 303-315.
- FASNACHT, W. 2009, 7000 Years of Trial and Error in Copper Metallurgy in One Experimental Life, in T. L. Kienlin, B. W. Roberts (ed.), *Metals and Societies*, 395-399.
- GÓMEZ RAMOS, P. 1999, *Obtención de metales en la prehistoria de la Península Ibérica*, BAR IS 753, Archaeopress, Oxford.
- HANNING, E., GAUB, R., GOLDENBERG, G. 2010, Metal para Zambujal: reconstrucción experimental de una tecnología de 5000 años, *Trabajos de Prehistoria* 67-2, 287-304.
- HUNT, M., HURTADO, V., GALLARDO, V., POLVORINOS, A. 2001, El valor de los ensayos experimentales para la interpretación de los restos arqueológicos prehistóricos, in B. Gómez, M. A. Respalda, M. L. Pardo (ed.), *Actas del III Congreso Nacional de Arqueometría (Sevilla, 1999)*, 533-542.
- HUNT, M. 2003, *Prehistoric Mining and Metallurgy in South West Iberia*, BAR IS 1188, Archaeopress, Oxford.
- JEFFERY, D. 2004, Experiential and experimental archaeology with examples in iron processing, *IAMS* 24, 13-16.
- MONTERO, I. 1991, El origen de la metalurgia en el sureste peninsular, Instituto de Estudios Almerienses, Almería.
- MORGADO, A., BAENA, J. 2011, Experimentación, Arqueología experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual, in A. Morgado, J. Baena, D. García (ed.), *La investigación experimental aplicada a la arqueología*, Ronda, 21-28.
- NOCETE, F. 2006, First specialized cooper industry in the Iberian Peninsula: Cabezo Juré (2900-2200 BC), *Antiquity* 80, 646-657.

- NOCETE, F., QUEIPO, G., SÁEZ, R., NIETO, J. M., IGNÁCIO, N., BAYONA, M. R., PERAMO, A., VARGAS, J. M., CRUZ-AUÑÓN, R., GIL-IBARGUCHI, J. I., SANTOS, J. F. 2008, The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): the specialised copper industry in a political centre of the Guadalquivir Valley (2750-2500 BC), *Journal of Archaeological Science* 35, 717-732.
- OBÓN, A. 2010, Aportación experimental al proceso técnico de la metalurgia del cobre durante el IV-III mil. ANE en el sur de la Península Ibérica, Trabajo de Master inédito, UGR, Granada.
- OBÓN, A., BERDEJO, A., MORENO, F., TERROBA, J., MORGADO, A., LOZANO, J. A., GARCÍA, D., ÁBALOS, H., GILOLMO, P. 2011, Aportación experimental al proceso técnico de la metalurgia de la Edad del Cobre en las cordilleras Béticas, in A. Morgado, J. Baena, D. García (ed.), *La investigación experimental aplicada a la arqueología*, Ronda, 439-445.
- REYNOLDS, P. J. 1988, *Arqueología experimental. Una perspectiva de futur*, Ed. Eumo, Vic.
- RODRÍGUEZ BAYONA, M. 2008, *La Investigación de la actividad metalúrgica durante el III Milenio A.N.E. en el Suroeste de la Península Ibérica*, BAR, Archaeopress, Oxford.
- ROVIRA, S. 1999, Una propuesta metodológica para el estudio de la metalurgia prehistórica: el caso de Gorný en la región de Kargaly (Orenburg, Rusia), *Trabajos de Prehistoria* 56, 85-113.
- ROVIRA, S. 2003, Resultado de un primer experimento de fundición de minerales de cobre en el arqueódromo de Borgoña, in J. Fernández, J. I. Herrán (coord.), *Mineros y fundidores en inicio de la edad de los metales. El Midi Francés y la Península Ibérica*, León, Ed. MIC, 75-81.
- ROVIRA, S. 2004, Tecnología metalúrgica y cambio cultural en la prehistoria de la Península Ibérica, *Norba* 17, 9-40.
- ROVIRA, S. 2005, Metalurgia de crisol: La obtención de cobre en la Prehistoria de la Península Ibérica, *De Re Metallica, SEDPGYM* 5, 87-94.
- ROVIRA, S., AMBERT, P. 2002, Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la península Ibérica y Francia meridional, *Trabajos de Prehistoria* 59, 89 -105.
- ROVIRA, S., MONTERO, I., RENZI, M. 2009, Experimental Co-Smelting to Copper-tin Alloys, in T. L. Kienlin, B. W. Roberts (ed.), *Metals and Societies*, 407-420.
- TYLECOTE, R. F. 1974, Can copper be smelted in a crucible?, *Journal of the historical metallurgy society* 8 (1).

APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL A LA MODIFICACIÓN DE HOGARES POR PARTE DE CARNÍVOROS DURANTE EL PLEISTOCENO. METODOLOGÍA Y PRIMEROS RESULTADOS

Edgard Camarós* ** Marián Cueto*** Luis C. Teira*** Jesús Tapia****
Miriam Cubas**** Florent Rivals* **

*L'ús del foc de manera controlada, mitjançant la construcció de llars, és fonamental per estudiar el comportament humà modern. Durant el Pleistocè, el període aquí tractat, l'alternança en l'ús de les coves entre homínids i carnívors és habitual, essent aquests darrers responsables de diverses alteracions en el registre arqueològic. En aquest treball preliminar ens centrem en la presentació de la metodologia i dels primers resultats relatius de l'experimentació duta a terme amb l'espècie *Ursus arctos*, per tal d'aportar noves dades a aquest debat.*

Carnívors, estructures de combustió, Pleistocè, experimentació, tafonomia.

*The controlled use of fire (by the construction of hearths) is essential to understand the modern human behavior. For the period of time where such control is debated, the alternation in the use of caves by humans and carnivores is common. In the present preliminary paper we focus on the methodology and first results of the experimentation carried out with brown bears (*Ursus arctos*), with the aim of providing new data to the mentioned debate.*

Carnivores, combustion structures, Pleistocene, experimentation, taphonomy.

417

1. INTRODUCCIÓN

El uso sistemático del fuego y su gestión de manera controlada es uno de los aspectos extrasomáticos más importantes en la evolución del género *Homo* (James 1989). No obstante, para unas cronologías anteriores a 1 ma, dicho comportamiento con el fuego se pone en duda (Karkanas *et al.* 2007). Para Europa, se aceptan unas cronologías relativamente recientes que se sitúan en torno a 300-400 ka (Roebroeks/Villa 2011). En cuanto a los hogares complejos (aquellos que disponen de una estructura asociada y a los que llamaremos hogares estructurados) no aparecen hasta el final del Pleistoceno medio vinculados a la forma humana *Homo neanderthalensis* (Kelly 1995). Sin embargo, algunos investigadores

ponen en duda que los neandertales fueran capaces de gestionar el fuego de manera controlada (Wynn/Coolidge 2008; Sandgathe *et al.* 2011), pese a las pruebas que existen de ello (cf. Vaquero/Pastó 2001; Cliquet/Lautridou 2009; Jiménez-Arenas *et al.* 2011).

El control del fuego es un hito importante en la evolución humana, no solamente porque proporciona claras ventajas como cocinar, calentarse, iluminar, cazar o protegerse (Bar-Yosef/Weiner 1996), sino porque implica una nueva organización del espacio social (Gamble 1986). Alrededor de un hogar se estructura la práctica de diferentes actividades sociales (Wünc 1996) y ello va conformando una concepción del espacio doméstico particular (Mcbrearty/Brooks 2000; Henshilwood/Marean 2003). En torno a las estructuras

* Institut Català de Paleoeecologia Humana i Evolució Social (IPHES)

** Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV)

*** Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria (IIIPC)

**** Sociedad de Ciencias Aranzadi

de combustión, las sociedades de cazadores-recolectores se reúnen e interactúan socialmente, producen herramientas, consumen alimentos e incluso celebran rituales (Alperson-Afil/Goren-Inbar 2006). Esto provoca que en torno al hogar se articule toda una serie de materiales relacionados con ciertas actividades, en lo que se ha llamado en la literatura anglosajona *hearth-related assemblages* (Vaquero/Pastó 2001; Henry *et al.* 2004; Alperson-Afil/Goren-Inbar 2006). Esto quiere decir que un hogar (en sentido amplio, junto a sus actividades relacionadas) y el conocimiento pirotécnológico que requiere, están íntimamente relacionados con una organización social compleja y por consiguiente con una cognición moderna (Binford 1989; Stringer/Gamble 1993; Wynn 2009).

El control del fuego abarca diferentes grados de conocimiento pirotécnológico, que van desde el mero aprovechamiento y control de fuegos provocados por fenómenos naturales, hasta el aprendizaje de diversas técnicas de obtención artificial (Collina-Girard 1998; Roussel 2005), o el diseño de estructuras especializadas (Pétrequin *et al.* 2000). Las evidencias de obtención artificial de fuego son muy difíciles de identificar debido a problemas de conservación, siendo más escasas conforme aumenta la antigüedad del contexto. Se asume que la realización recurrente de hogares por parte de un grupo humano puede indicar un conocimiento técnico suficiente para la obtención artificial de fuego, o al menos para su mantenimiento y transporte. En cualquier caso, las actividades en torno a los hogares que reflejan un comportamiento humano moderno, pueden realizarse independientemente de que el fuego haya sido obtenido artificialmente o de que haya sido aprovechado/transportado, y son los hogares en sí, por tanto, los indicadores de tal avance en la conducta humana. Pero en el registro arqueológico la identificación de las estructuras de combustión, ya sean simples o complejas, tampoco es fácil. La mayoría de evidencias del uso del fuego en yacimientos del Paleolítico inferior, y en menor medida del Paleolítico medio, son restos óseos e industria lítica quemada, carbones aislados o sedimentos rubefactados (Roebroeks/Villa 2011). Esto es debido a los diferentes procesos tafonómicos que afectan a los hogares (Backhouse/Johnson 2007) como la acción de las raíces, de las corrientes de agua, de la lluvia o el viento (Barbetti 1986; Mallol *et al.* 2007). Incluso procesos antrópicos como el *trampling* o la limpieza de hogares pueden afectar a la preservación de una estructura de combustión (Barbetti 1986; Sergant/Crombó/Perdaen 2006). Estos procesos no sólo actúan sobre hogares simples, sino que los hogares estructurados también son susceptibles de sufrir modificaciones hasta el punto de no reconocer su estructuración original (ya sean en forma de disposición de piedras o de depresiones cavadas) (Olive 1989; Texier 2001).

Hasta ahora, los procesos tafonómicos citados anteriormente eran los que se apuntaban como agentes modificadores de hogares. En este trabajo planteamos la posibilidad de que la acción de los grandes carnívoros sea otro agente modificador a tener en cuenta, ya que existen ciertos indicios en el registro arqueológico que nos hacen plantearnos esta posibilidad.

Durante el Pleistoceno medio y superior la alternancia entre homínidos y carnívoros es algo muy común en las cuevas, donde tienen lugar diferentes actividades y acondicionamientos tanto por unos como por otros (Rosell/Blasco 2009). Cuando esto ocurre en un lapso de tiempo muy corto, puede generarse un palimpsesto difícil de interpretar coherentemente. A la luz de las investigaciones recientes sabemos que incluso en el Pleistoceno medio son los carnívoros, en la mayoría de los casos, los que acceden a las cavidades en segundo lugar buscando aprovechar aquello que los grupos humanos han abandonado (Rosell/Blasco 2009; Blasco 2011). Además, teniendo en cuenta la superposición de las diferentes marcas que dejan tanto carnívoros como humanos en los huesos (mordeduras los primeros y marcas de corte los segundos), podemos apuntar que en algunos casos la alternancia es inmediata puesto que los carnívoros mordisquean restos óseos en estado fresco (Blasco/Rosell 2009).

El hecho de que los carnívoros ocupen aquellas cavidades abandonadas por los grupos de homínidos nos lleva a preguntarnos cómo interactúan con las estructuras de combustión. Nos centramos en las estructuras de combustión porque son elementos susceptibles de llamarles la atención debido a los restos de carne, grasa y otros tejidos que pueden quedar en los hogares y en las zonas circundantes.

Por tanto, en este trabajo partimos del supuesto de que los grandes carnívoros pueden considerarse como agentes capaces de alterar o suprimir la articulación entre un hogar y sus conjuntos relacionados, puesto que existen evidencias arqueológicas que apuntan en esta dirección. Nuestra hipótesis es que estos animales modifican considerablemente el espacio antrópico y especialmente las hogueras.

2. LA EXPERIMENTACIÓN: OBJETIVOS, METODOLOGÍA Y DESARROLLO

Los planteamientos expuestos en la introducción nos han llevado a diseñar un programa experimental con grandes carnívoros en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno (Penagos, Cantabria). La elección de este parque guarda relación con su modelo de gestión, cuya política es interferir lo menos posible en la vida de los diferentes animales. Esto, junto con el hecho de disponer de unas infraestructuras adecuadas para el buen desa-

rollo de los experimentos (asesoramiento veterinario, seguridad, puestos de observación y una amplia gama de especies de carnívoros), hacen de Cabárceno un sitio perfecto para el desarrollo del proyecto bajo unas condiciones de control excepcionales.

El objetivo es desarrollar un proyecto de estudio tafonómico experimental que nos permita evaluar cómo los grandes carnívoros más presentes en los yacimientos arqueológicos del Paleolítico (hienas, lobos, leones y osos) modifican el espacio antrópico una vez abandonado, especialmente los hogares. El protocolo experimental ha sido puesto a prueba con osos, una de las especies cuya alternancia con los humanos en la

ocupación de cuevas está mejor documentada (Villaluenga 2009).

Antes de realizar el experimento se ensayó una prueba piloto fuera del recinto en el que se iba a trabajar con los animales. Por cuestiones de seguridad, se requería permanecer el menor tiempo posible dentro del recinto por lo que el diseño de un protocolo adecuado y su posterior ensayo fue esencial. El propósito era generar un protocolo de trabajo válido para llevar a cabo en todos los experimentos futuros con las diferentes especies de carnívoros.

El protocolo diseñado y ensayado es el que se describe en la figura 1. En primer lugar (Fig. 1 paso 1) se recoge

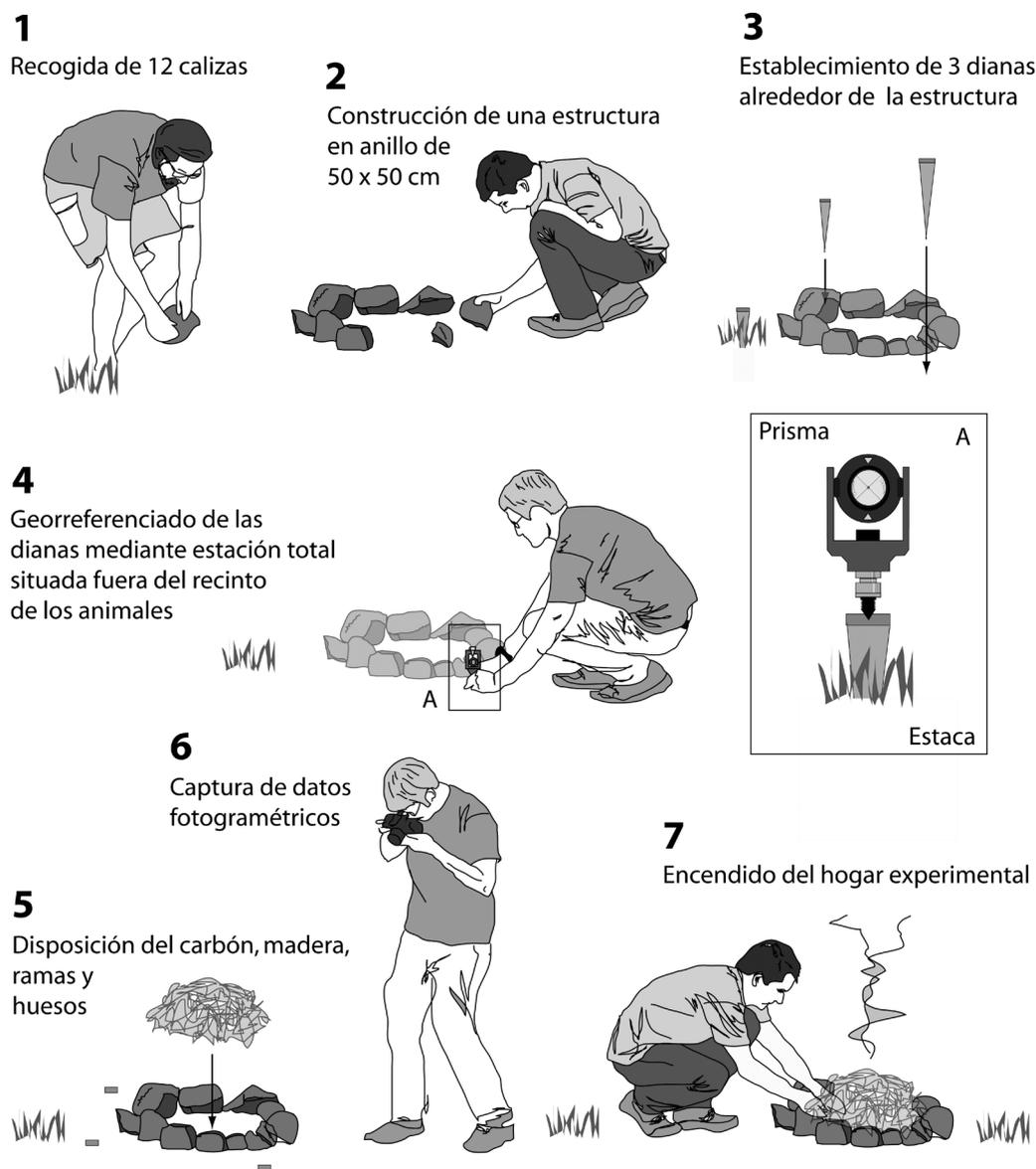


Figura 1. Protocolo experimental desarrollado para la construcción y documentación del hogar.

de manera aleatoria 12 piedras calizas del mismo Parque de Cabárceno con unas dimensiones de entre 10 y 20 cm. El empleo de calizas angulosas del entorno trata de minimizar la introducción de materiales extraños y de evitar la selección de formatos que puedan exagerar los desplazamientos laterales. Posteriormente (Fig. 1 paso 2) se construye con esas piedras una estructura circular con un diámetro de 50 cm, numerando las piedras de modo que puedan ser identificadas en diferentes fases del experimento (Fig. 2a). Las dimensiones del hogar se han establecido teniendo en cuenta las medidas máximas

y mínimas de los hogares estudiados en yacimientos del Paleolítico inferior y medio, que oscilan entre los 20 y 100 cm de diámetro (Farizy 1990, 1994; Mellars 1996; Barton 2000; Soler 2001; Cabrera/Pike-Tay/Quirós 2004; Cain 2005; Daujeard/Moncel 2010; Slimak *et al.* 2010). Una vez la estructura está construida, colocamos en torno al anillo una serie de útiles líticos con una disposición específica (Fig. 2a), ya que toda una serie de elementos (y actividades) van relacionadas a las hogueras (Binford 1983). Nuestro objetivo es ver también si los carnívoros pueden romper esa asociación entre el

420

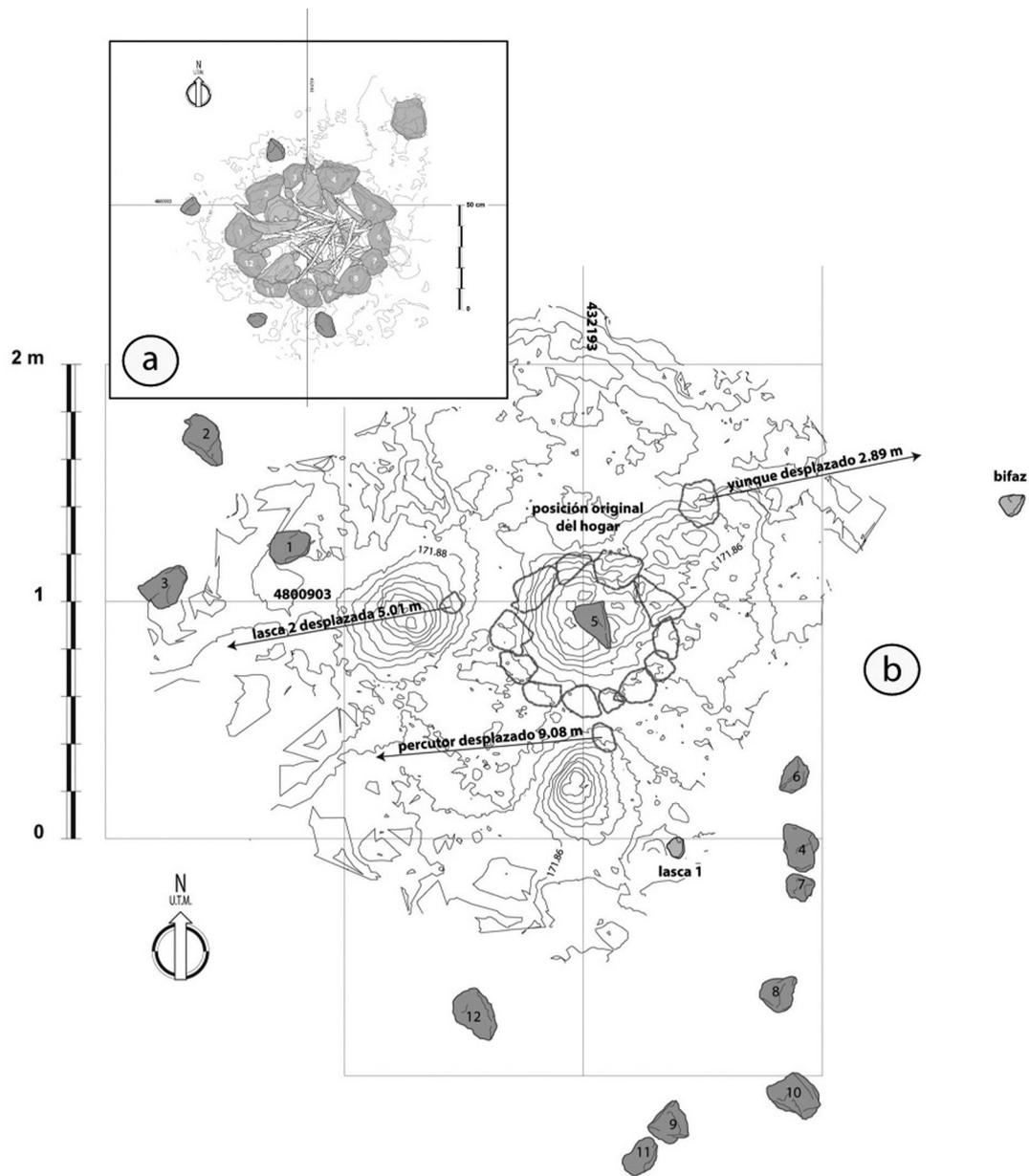


Figura 2. Hogar experimental original (a) y modificado por los osos (b).

hogar y las actividades generadas a su alrededor. Las herramientas líticas escogidas son un bifaz de cuarcita, un yunque de caliza, dos lascas de sílex y un percutor de cuarcita, todas ellas utilizadas en el procesado de los huesos.

Una segunda fase (Fig. 1 paso 3) comprende la documentación fotogramétrica y topográfica de la disposición original del hogar y de los artefactos asociados. Para ello se disponen tres estacas de madera en torno al hogar y sus elementos asociados, con una señal en su zona superior que actuará a modo de diana. La superficie del triángulo imaginario ha de englobar tanto la estructura como los útiles asociados. Las dianas se georreferencian (Fig. 1 paso 4) con una estación total situada en el exterior del recinto. Ésta está orientada a favor de un sistema de coordenadas local provisional que posteriormente y mediante la red GNSS de Cantabria y un GPS centimétrico (doble frecuencia RTK) se vinculará al sistema ETRS89. La finalidad es obtener una documentación detallada del estado original del espacio diseñado, que sirva de comparación con el resultado del experimento. A continuación disponemos en el siguiente orden el combustible: carbón vegetal (400-600g), hojas de roble para ayudar en el inicio de la combustión (50-100g), pequeños troncos de roble (500-1000g) y finalmente se deposita sobre ello un fémur y una tibia de vaca (*Bos taurus*) (4 kg) fracturados y descarnados.

Una vez completada la *escena* del hogar y referenciadas las dianas, procedemos a la captura de datos fotogramétricos (Fig. 1 paso 6) mediante pares de fotos estereoscópicas del hogar y los artefactos asociados tomados con una cámara de óptica calibrada. Así obtenemos nubes de puntos georreferenciados que servirán de base para generar el modelo tridimensional. La elección de esta técnica se debe a la necesidad de documentar la estructura con la máxima rapidez (por cuestiones de seguridad) sin perder resolución de datos geométricos ni precisión. Estas capturas permiten realizar a posteriori proyecciones 2D, por ejemplo, planos cenitales (Fig. 2a y 2b). Por último, se procede al encendido del hogar (Fig. 1 paso 7) con la ayuda de pastillas de combustión ecológicas (a base de virutas de madera, parafina y resina). Este tipo de pastillas no deja trazas químicas que puedan atraer o repeler a los animales. Una vez encendida la hoguera, esperamos 30 minutos para controlar la correcta combustión antes de abandonar el recinto.

El tiempo de control del experimento es de 8-9 horas a partir de nuestra salida del recinto, sin proceder a apagar la hoguera, y se realiza un seguimiento permanente de los tiempos y tipos de intervención por parte de los osos, registrados mediante fotografías y tomas de vídeo. Transcurrido este período, volvemos a entrar para registrar las posibles modificaciones mediante la

misma técnica de captura fotogramétrica -repetición de los pasos 4 y 6 de la Fig. 1-, y el posicionamiento de los elementos desplazados fuera del encuadre fotogramétrico se realiza mediante estación total de topografía.

3. PRIMEROS RESULTADOS

Las modificaciones causadas por los carnívoros se evalúan a través de la observación directa de su comportamiento, y mediante la comparación entre las posiciones original y final de los distintos componentes de la estructura. El primer procedimiento registra la secuencia y el tipo de acciones realizadas por los carnívoros a lo largo del tiempo de control, mientras que en el segundo procedimiento se contrastan los planos y los modelos 2D de las escenas original y final, identificando los diferentes componentes del hogar y calculando sus desplazamientos.

La estructura de combustión resultante y la disposición de los artefactos asociados puede apreciarse en la figura 2a. La hoguera ardió durante diez minutos más después de nuestra salida del recinto (es decir, un total de 40 minutos), manteniéndose después la combustión en forma de ascuas sin llama. El tiempo de reacción de los osos fue inmediato, y a los 11 minutos (cuando ya estaba sin llama pero seguía humeando) el macho dominante se acercó a la hoguera y empezó a modificarla intentando acceder a los huesos quemados.

A lo largo de las ocho horas siguientes y hasta que volvimos a acceder al recinto, los osos fueron acercándose por orden jerárquico, modificando la estructura de combustión y dispersando la industria lítica asociada ella. Las alteraciones registradas abarcan desde la extracción de huesos del interior del hogar hasta la práctica eliminación de toda la estructura. De hecho, removieron con las manos todas las piedras de la estructura para rebuscar entre las cenizas (Fig. 3a), y otro comportamiento recurrente fue revolcarse en ellas, probablemente para impregnarse del olor (Fig. 3b). Esta acción hizo que todas las cenizas desaparecieran de la zona y que todos los fragmentos de huesos quemados fueran desplazados más allá de nuestra zona de control.

Pasadas las ocho horas, se observa que las modificaciones causadas por los osos son importantes (Fig. 2b). Ninguna de las piedras que conformaba la estructura está en su emplazamiento original, al igual que los útiles asociados a ella, observándose desplazamientos de hasta 9 metros (véase el caso del percutor). El grado de modificación es tal que resulta imposible reconocer el hogar, y su relación espacial con el resto del conjunto es aparentemente irre recuperable.

Los osos, además, cavaron diversos agujeros. Dos de ellos fueron practicados con la intención de desenterrar dos de las estacas (Fig. 2b) empleadas en la fotogra-

metría, y un tercer hoyo se cavó justo en el emplazamiento original del hogar experimental, debido al olor a grasa que impregnaba el sedimento.



Figura 3. Proceso de modificación de la estructura por parte de los osos.

4. BREVE DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

A la luz de los resultados obtenidos podemos apuntar que los osos son un posible agente de modificación de los espacios antrópicos. Por tanto consideramos validada nuestra hipótesis de partida, al menos en el caso de los osos. Los objetivos de esta primera experimentación eran poner a prueba una metodología y un protocolo válido para llevarlo a cabo con más especies de carnívoros. En este sentido, pensamos que tal metodología y el protocolo de actuación es el adecuado. No obstante, hemos decidido introducir un cambio en nuestro proceder para una mejora de las experimentaciones futuras. Hemos optado por extraer las estacas una vez realizados los trabajos fotogramétricos para no insertar elementos de distracción, como lo fueron en el caso de los osos.

Consideramos que la experimentación llevada a cabo es muy positiva y se ha podido desarrollar bajo buenas condiciones de control. Es por esta razón que se ha decidido seguir adelante con el proyecto experimental y replicar la experiencia con otras especies de carnívoros: los lobos, los leones y las hienas.

Un experimento como el descrito aquí tiene implicaciones arqueológicas que pueden resultar de interés. Observamos que los carnívoros (por el momento los úrsidos) son agentes de modificación espacial capaces de borrar aquellas evidencias que nos pueden aportar información sobre el comportamiento y las actividades de los seres humanos. La construcción de hogares implica a nivel de organización del espacio un com-

portamiento moderno, así como el control y conocimiento pirotécnológico se relaciona con una cognición moderna (Wynn 2009).

Consideramos, a modo de hipótesis para las experimentaciones futuras y a raíz de los resultados aquí descritos, que los carnívoros son un agente tafonómico importante a tener en cuenta, capaz de borrar importantes evidencias de comportamientos humanos. Observamos que pueden alterar, hasta el punto de no reconocer, estructuras (y entre ellas los hogares de tipo complejo) y romper la relación entre un hogar y otras actividades relacionadas espacialmente. En otras palabras, el estudio de la organización social a través del análisis espacial puede ser algo completamente inútil en el caso de que los carnívoros hayan ocupado con posterioridad e inmediatez (y por supuesto hayan modificado) los contextos antrópicos. En este sentido, consideramos necesario continuar con los experimentos mediante la metodología de trabajo aquí descrita para profundizar en estos fenómenos y obtener nuevos modelos de interpretación tafonómica que permitan abordar problemáticas arqueológicas relacionadas con el estudio del comportamiento en evolución humana.

Agradecimientos

Gracias al Parque de la Naturaleza de Cabárceno y a CANTUR, S.A. la oportunidad para la realización de experimentos tafonómicos. Queremos agradecer a S. Borragán (Jefe de los Servicios Veterinarios del Parque de la Naturaleza de Cabárceno) su inestimable ayuda y

asesoramiento. M. Prieto, también de Cabárceno, nos ha ayudado en el recinto de los animales. P. Manrique nos ha asesorado sobre la etología de los osos. Así mismo otras personas han contribuido a que esta investigación sea posible. Agradecemos la ayuda de Á. Armendariz (UC), C. García-Moncó, A. Teira e I. Pastó (IPHES). Sin la colaboración de Carnicería Tito (Santander) tampoco hubiera sido posible realizar este y el futuro proyecto experimental. F. Rivals es beneficiario del proyecto HAR2010-19957 concedido por el Ministerio de Economía y Competitividad.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ALPERSON-AFIL, N., GOREN-INBAR, N. 2006, Out of Africa and into Eurasia with controlled use of fire: Evidence from Geshen Benot Ya'aqov, Israel, *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia* 4, 28, 63-78.
- BACKHOUSE, P., JOHNSON, E. 2007, Where were the hearths: an experimental investigation of the archaeological signature of prehistoric fire technology in the alluvial gravels of the Southern Plains, *Journal of Archaeological Science* 34, 9, 1367-1378.
- BARBETTI, M. 1986, Traces of fire in the archaeological record, before one million years ago?, *Journal of Human Evolution* 15, 771-781.
- BARTON, N. 2000, Mousterian Hearths and Shellfish: Late Neanderthal activities on Gibraltar, in N. Barton, J. C. Finlayson and C. Stringer (ed.), *Neanderthals on the Edge: 150th anniversary conference of the Forbes' Quarry discovery, Gibraltar*, Oxford, Oxbow Books, 211-220.
- BAR-YOSEF, O., WEINER, S. 1996, The study of Prehistoric ashes, *The Lower and Middle Palaeolithic: XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences (Forli, 8-14 September 1996)*, Forli, Abaco, 47-48.
- BINFORD, L. R. 1983, *In pursuit of the past. Decoding the archaeological record*, New York, Thames & Hudson.
- BINFORD, L. R. 1989, Étude taphonomique des restes fauniques de la Grotte Vaufray, Couche VIII, in J. P. Rigaud (ed.), *La Grotte Vaufray: Paléoenvironnement, chronologie, activités humaines*, Paris, Mémoires de la Société Préhistorique Française 19, 535-564.
- BLASCO, R. 2011, *La amplitud de la dieta cárnica en el Pleistoceno medio peninsular: una aproximación a partir de la Cova del Bolomor (Tavernes de la Valldigna, Valencia) y del subnivel TD10-1 de Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Burgos)*, Tarragona, Universitat Rovira i Virgili (tesis inédita).
- BLASCO, R., ROSELL, J. 2009, Who was first? An experimental application of carnivore and hominid marks at the Pleistocene archaeological sites, *C. R. Palevol.* 8, 579-592.
- CABRERA, V., PIKE-TAY, A., BERNALDO DE QUIRÓS, F. 2004, Trends in Middle Paleolithic settlement in Cantabrian Spain: The late Mousterian at Castillo Cave, in N. Conard (ed.), *Settlement dynamics of the Middle Palaeolithic and Middle Stone Age*, Tübingen, Kerns Verlag, 337-460.
- CAIN, C. 2005, Using burned animal bone to look at Middle Stone Age occupation and behaviour, *Journal of Archaeological Science* 32, 6, 873-884.
- CLIQUET, D., LAUTRIDOU, J. P. 2009, Les occupations humaines du Pléistocène moyen de Normandie dans leur cadre environnemental, *Quaternaire* 20, 303-320.
- COLLINA-GIRARD, J. 1998, *Le feu avant les allumettes : expérimentation et mythes techniques*, Paris, Maison des sciences de l'homme.
- DAUJÉARD, C., MONCEL, M.-H. 2010, On Neanderthal subsistence strategies and land use: A regional focus on the Rhone Valley area in southeastern France, *Journal of Anthropological Archaeology* 29, 368-391.
- FARIZY, C. 1990, Du Moustérien au Châtelperronien à Arcy-sur-Cure : un état de la question, in C. Farizy (ed.), *Paléolithique moyen récent et Paléolithique supérieur ancien en Europe*, Nemours, APRAIF, 281-290.
- FARIZY, C. 1994, Spatial Patterning of Middle Paleolithic Sites, *Journal of Anthropological Archaeology* 13, 153-160.
- GAMBLE, C. 1986, *The palaeolithic settlement of Europe*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HENSHILWOOD, C. S., MAREAN, C. W. 2003, The origin of modern human behaviour: A review and critique of models and test implications, *Current Anthropology* 44, 5, 627-651.
- HENRY, D. O., HIETALA, H. J., ROSEN, A. M., DEMIDENKO, Y. E., USIK, V. I., ARMAGAN, T. L. 2004, Human behavioral organization in the middle Paleolithic: Were Neanderthals different?, *American Anthropologist* 106, 1, 17-31.
- JAMES, S. 1989, Hominid use of fire in the Lower and Middle Pleistocene. A review of the evidence, *Current Anthropology* 30, 1, 1-26.
- JIMÉNEZ-ARENAS, J. M., SANTONJA, M., BOTELLA, M., PALMQVIST, P. 2011, The oldest handaxes in Europe: Fact or artefact?, *Journal of Archaeological Science* 38, 12, 3340-3349.
- KELLY, R.L. 1995, *The foraging Spectrum. Diversity in Hunter-Gatherer lifeways*, Washington, Smithsonian Institution Press.
- KARKANAS, P., SHAHACK-GROSS, R., AYALON, A., BAR-MATTHEWS, M., BARKAI, R., FRUMKIN,

- A., GOPHER, A., STINER, M. C. 2007, Evidence for habitual use of fire at the end of the Lower Paleolithic: Site-formation processes at Qesem Cave, Israel, *Journal of Human Evolution* 53, 197-212.
- MALLOL, C., MARLOWE, F., WOOD, B., PORTER, C. 2007, Earth, wind and fire: ethnoarchaeological signals of Hadza fires, *Journal of Archaeological Science* 34, 12, 2035-2052.
- MCBREARTY, S., BROOKS, A. S. 2000, The revolution that wasn't: A new interpretation of the origin of modern human behaviour, *Journal of Human Evolution* 39, 453-563.
- MELLARS, P. 1996, *The Neanderthal legacy*, New Jersey, Princeton University Press.
- OLIVE, M. 1989, Etiolles: Quels foyers pour quels usages?, *Nature et fonction des Foyers Préhistoriques: Colloque International de Nemours (12-14 mai 1987)*, Mémoires du Musée de Préhistoire d'Île-de-France 2, APRAIF, 197-207.
- PÉTREQUIN, P., FLUCIN, PH., THIRIOT, J., BENOIT, P. (ed.) 2000, *Arts du feu et productions artisanales: Actes des Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes (21-23 octobre 1999)*, Antibes, APDCA.
- ROEBROEKS, W., VILLA, P. 2011, On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe, *PNAS* 108, 13, 5209-5214.
- ROSELL, J., BLASCO, R. 2009, Home Sharing: carnivores in anthropogenic assemblage of middle Pleistocene, *Journal of Taphonomy* 7, 4, 305-324.
- ROUSSEL, B. 2005, *La production du feu par percussion de la pierre: Préhistoire, ethnographie, expérimentation*, Montagnac, M. Mergoil.
- SANDGATHE, D. M., DIBBLE, H. L., GOLBERG, P., MCPHERRON, S. P., TURQ, A., NIVEL, L., HODGKINS, J. 2011, Timing of the appearance of habitual fire use, *PNAS* 108, 29, E298.
- SERGANT, J., CROMBÉ, P., PERDAEN, Y. 2006, The "invisible" hearths: a contribution to the discernment of Mesolithic non-structured surface hearths, *Journal of Archaeological Science* 33, 7, 999-1007.
- SLIMAK, L., LEWIS, J. E., CRÉGUT-BONNOURE, E., METZ, L., OLLIVIER, V., ANDRÉ, P., CHRZAVZEZ, J., GIRAUD, Y., JEANNET, M., MAGNIN, F. 2010, Le Grand Abri aux Puces, a Mousterian site from the Last Interglacial: paleogeography, paleoenvironment, and new excavation results, *Journal of Archaeological Science* 37, 11, 2747-2761.
- SOLER, B. 2001, Aplicación arqueológica del método experimental al estudio de las estructuras de combustión, in V. Villaverde (ed.), *De neandertales a cromañones. El inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas*, València, Servei de l'Àrea de Cultura, Vicerektorat de Cultura, Universitat de València, 419-424.
- STRINGER, C., GAMBLE, C. 1993, *In Search of the Neanderthals*, New York, Thames and Hudson.
- TEXIER, J.-P. 2001, Sédimentogenèse des sites préhistoriques et représentativité des datations numériques, *Datation: XXle Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes (19-21 Octobre 2000)*, Editions APDCA, 159-175.
- VAQUERO, M., PASTÓ, I. 2001, The definition of spatial units in Middle Palaeolithic sites: The hearth-related assemblages, *Journal of Archaeological Science* 28, 11, 1209-1220.
- VILLALUENGA, A. 2009, Yacimientos del Pleistoceno superior en la Península Ibérica con presencia de restos de oso, *Munibe* 60, 17-33.
- WÜNCH, G. 1996, La gestion de l'espace social et l'apport des associations d'éléments de combustion, *The Lower and Middle Palaeolithic: XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences (Forlì, 8-14 September 1996)*, Forlì, Abaco, 35-45.
- WYNN, T., COOLIDGE, F. 2008, A Stone-Age meeting of minds, *American Science* 96, 44-51.
- WYNN, T. 2009, Hafted spears and the archaeology of mind, *PNAS* 106, 9544-9545.

REPRODUIR LA CERÀMICA IBÉRICA: UN NOU REPT DE L'ARQUEOLOGIA EXPERIMENTAL (2)

Ramon Cardona Colell* Noelia Calduch Cobos**
José Miguel Gallego Cañamero** Borja Gil Limón** Josep Pou Vallès*

En el II Congreso de Arqueología Experimental llevado a cabo en Ronda en 2008 se mostró la primera parte del trabajo objeto del presente artículo. La cerámica ibérica es el material más representativo y porcentualmente el más elevado de lo que se recupera en las excavaciones de este periodo. Su elaboración, que suponía un elevado grado de precisión artesanal y conocimientos técnicos, se desconoce completamente. Con el objetivo de intentar reproducir esta cerámica se está construyendo en Verdú (Urgell , Lleida) la réplica de un horno alfarero ibérico. Concretamente se ha tomado como modelo el horno de la Casa Grande (Alcalá de Júcar, Albacete) por su buen estado de conservación y la fiabilidad de los resultados de su excavación. En 2008 presentábamos los resultados de la construcción de la cámara de combustión. En la actualidad se está finalizando la cámara de cocción, paso previo a la puesta en marcha de las cocciones experimentales. Para la construcción de ésta, se ha realizado un estudio arquitectónico que evalúa la posibilidad de que la cámara fuera construida en falsa cúpula.

Cerámica ibérica, Verdú, horno de la Casa Grande, cocciones experimentales.

In the Second Congress of Experimental Archaeology held in Ronda in 2008 it was showed the first part of the research covered by this article. The Iberian pottery is the most representative material and the highest percentage of what is recovered from the excavations of this period. However, its production, which meant a high degree of skilled craftsmanship and technical knowledge, is completely unknown. With the aim of trying to reproduce this pottery is being built in Verdú (Urgell, Lleida) a replica of an Iberian pottery kiln. It was taken as a model the kiln of Casa Grande (Alcalá de Júcar, Albacete) for its good condition and reliability of the results of the excavation. In 2008 we presented the results of the construction of the combustion chamber. Today it has just finished the cooking chamber and now is ready for experimental firings. With the help of an architectural study the possibility of a false dome upper chamber is proposed.

425

Iberian pottery, Verdú, kiln of Casa Grande, experimental firings.

1. INTRODUCCIÓ

Verdú és un municipi de la província de Lleida, situat a uns 60 quilòmetres d'aquesta ciutat, concretament a la comarca de l'Urgell, la capitat de la qual és Tàrrrega i de la que es troba a cinc quilòmetres. És un municipi de 36 km² que es troba a 534 msnm i d' aproximadament mil habitants. La tria de la localitat de Verdú per dur a terme aquesta experimentació té varies raons. En primer lloc, perquè Verdú és una població famosa per la seva ceràmica negra de tradició medieval. Per aquesta raó es realitza anualment una fira de la ceràmica com aparador

de l'artesania ceràmica de les terres de Lleida. Encara existeixen al municipi tallers i forns que preserven tots els seus elements tradicionals.

Tanmateix, treballen al poble ceramistes que conserven les tècniques antigues de cocció amb llenya. Entre aquests artesans destaca Enric Orobitg, ceramista inquiet que ha construït un forn d'estil morú com a rèplica dels forns tradicionals de Verdú. Disposa d'un terreny annex al seu taller, un antic molí fariner pertanyent al monestir de Poblet dels segles XVI-XVII, on realitza tallers didàctics destinats a un públic escolar i que, en un futur, pretén ser parc temàtic d'experimentació i di-

* Centre d'Estudis Lacetans

** Equip de Reconstrucció Històrica Ibercalafell

vulgació de la ceràmica. El forn es realitza en aquest terreny annex, entre la carretera que va de Verdú al Mas de Bondia i el riu Cercavins (UTM X345316.19 / Y460847.68).

Es disposa, per tant, de valuosos elements etnogràfics que permeten obtenir informació allà on no arribi la documentació arqueològica. Entre aquests elements, cal assenyalar l'existència de forns i tallers de començaments del segle XX que han estat en funcionament fins fa pocs anys. També perviuen altres instal·lacions emprades en el procés de la fabricació de la ceràmica com basses, canalitzacions, torns, patis i altres associats a aquesta activitat, així com les pedreres per a l'extracció de l'argila adequada per a la producció ceràmica. Tots aquests factors han permès que pervisqui una rica tradició oral i que es conservi una abundant documentació en arxius i museus que ha permès la producció d'audiovisuals i bibliografia específica sobre el tema.

Per altra banda, tant a la comarca de l'Urgell com a les veïnes es duen a terme importants projectes d'investigació arqueològica centrats en el món íber tant a nivell d'intervencions programades com d'excavacions d'urgència, donat l'elevat nombre de jaciments existents. Destaquen les excavacions dels jaciments ibèrics de Molí de l'Espígol (Tornabous), gestionat pel Museu Comarcal de l'Urgell, i de l'assentament dels Vilars (Arbeca) amb importants treballs d'excavació i posada en valor coordinats pel departament d'Història de la Universitat de Lleida. Al mateix municipi de Verdú s'està duent a terme, des del 2002 l'excavació de la fortalesa dels Estinclells, projecte conjunt del Museu Comarcal de l'Urgell i del Centre d'Estudis Lacetans.

Cal destacar, a més, l'excavació, iniciada el novembre del 2008, dels forns ceràmics de les Hortes de Cal Pons (Pontons, Alt Penedès) per part, entre d'altres, d'alguns membres del projecte del present article. Es tracta d'uns forns amb una cronologia del s IV aC que conserven pràcticament senceres les cambres de combustió i gran part de les cambres de cocció.

Un cop més, volem incidir en el nostre agraïment a les més de trenta persones que fins al moment han participat en el projecte. Membres d'Ibercalafell, del Centre d'Estudis Lacetans, arqueòlegs i estudiants que, de forma desinteressada han col·laborat en els treballs desenvolupats fins ara i sense els quals no hauria estat possible arribar fins aquí. Esperem poder seguir comptant amb el seu entusiasme i predisposició per poder continuar amb el projecte.

2. PER QUÈ ES TRIA EL FORN DE CASA GRANDE?

Els motius de la tria del forn de Casa Grande (Alcalá de Júcar, Albacete) es troben abastament exposats en la primera presentació que es va fer de projecte en el marc del II Congreso Internacional de Arqueología Experimental, dut a terme a Ronda (Málaga) el 2008 (Cardona *et al.* 2011, 417-423). Només recordarem que es tracta d'un dels forns millor coneguts del món ibèric, amb unes dades fiables obtingudes a partir de la seva excavació científica (Broncano/Coll 1988). Els seu estat de conservació permet conèixer algunes mides essencials, com les del *praefurnium*, les de la cambra inferior, el pilar central i la graella. També es té constància i mesures parcials d'una porta de càrrega i descàrrega de la cambra superior. Altres dades importants són el gruix de les parets i les mesures de les toves amb què es va bastir (Fig. 1).

Cal dir també que en el present projecte s'ha utilitzat informació i dades tècniques sobre altres forns d'estructura molt semblant semblants al ibèrics i que han estat en ús fins a l'actualitat en zones de la mediterrània com Creta (Grècia)¹ i la vall d'Ourika (Marroc).

3. OBJECTIUS DEL PROJECTE

Malgrat l'evidència de caure en la reiteració considerem oportú recordar que tot projecte d'arqueologia experimental ha de partir d'unes hipòtesis prèvies i ha d'assolir uns objectius terminals. En el nostre cas, pel que fa a les hipòtesis prèvies, es resumeixen en l'ús de materials i tècniques que l'arqueologia ha pogut documentar, tant en excavacions pròpies com en d'altres dutes a terme i publicades per altres equips d'investigació. Allà on l'arqueologia no proporciona dades suficients es recorre a paral·lels etnogràfics. En el present cas, part d'aquests paral·lels es troben a la mateixa localitat de Verdú on, tal i com ja s'ha comentat, s'han realitzat fins fa pocs anys el procés d'elaboració i cocció de ceràmica de forma artesanal. Les diferents anàlisis (químiques, ceramològiques, etc.) publicades sobre la utilització de determinades terres per a l'elaboració de les peces ceràmiques, pigments, o temperatures aconseguïdes en coccions també s'empen com a base en les hipòtesis prèvies de treball.

El objectius específics del projecte són els que es relacionen a continuació:

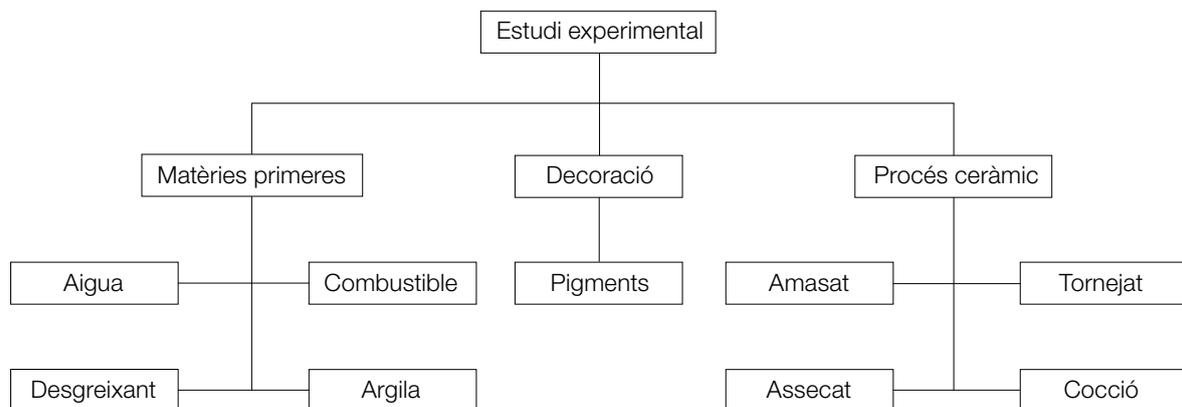
1. Conèixer el procés de construcció d'un forn de tiratge vertical de gran diàmetre.

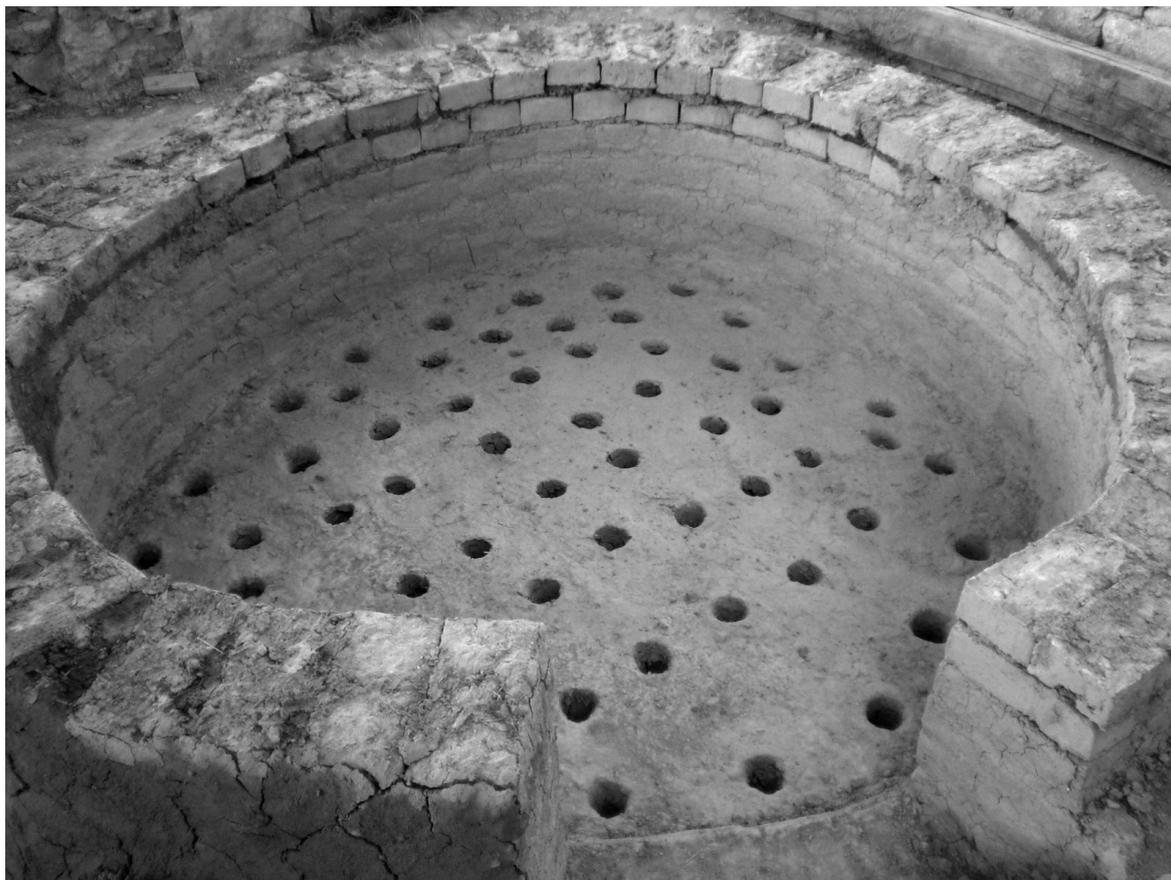
1.- Agraïm la col·laboració del ceramista George Daramvellas i del Cultural Movement of Margarites Centre for the Study of Traditional Pottery, pel seu interès en el nostre projecte i per l'assessorament tècnic a la hora de construir la graella del forn de Verdú.



Figura 1. Graella del forn de Casa Grande després de ser excavat.

- | | |
|--|--|
| <p>2. Estudi dels processos de reducció i oxidació de la ceràmica en època ibèrica.</p> <p>3. Estudi del control de temperatura.</p> <p>4. Estudi experimental de l'organització interna d'un forn ibèric.</p> <p>5. Conscienciació de la complexitat de processos que intervenen en la producció ceràmica.</p> <p>6. El procés de producció ceràmica com a principal condicionant dels estils ceràmics ibèrics.</p> <p>7. Cocció i estabilització del forn.</p> | <p>8. Elaboració de ceràmiques amb les mateixes formes que les ceràmiques ibèriques originals mitjançant torn.</p> <p>9. Decoració de la ceràmica mitjançant pigments naturals.</p> <p>10. Cocció de peces de diferent mida.</p> <p>11. Estudi de la ceràmica tipus <i>sandwich</i>.</p> <p>L'estudi experimental de l'arqueologia del treball ceràmic que es pretén dur a terme queda resumit en el següent quadre:</p> |
|--|--|





428

Figura 2. El forn de Verdú amb la graella acabada i inici de construcció de la cambra de combustió.

4. EL PROJECTE A COMENÇAMENTS DEL 2012

En la darrera publicació, ja citada, sobre l'estat dels treballs en el forn (Cardona *et al.* 2011, 417-423) aquest es trobava aixecat fins a nivell de la graella (Fig. 2). A partir d'aquí calia plantejar la construcció de la cambra superior o de cocció tenint en compte l'escassetat de les dades documentades en l'excavació arqueològica del forn original de la Casa Grande². Així, podríem dir que, a partir d'aquí, el projecte presentava una dificultat afegida. Fins aleshores, la part del forn que s'havia replicat es conservava en molt bon estat i, per tant, estava clar el que es volia aconseguir. A partir d'aquí calia plantejar una hipòtesi versemblant cercant la informació en altres fonts.

Els excavadors del forn original havien plantejat, a partir d'un estudi d'enginyeria, la hipòtesi que la cambra de cocció tingués forma cilíndrica. Es basaven en el fet que el gruix de la cambra de cocció conservat de

0'36 m era insuficient al seu parer per suportar les tensions d'una volta (Broncano/Coll 1988, 227). Hi havia però diferents factors que ens feien dubtar d'aquesta possibilitat i es va realitzar una recerca d'informació. En primer lloc, les interpretacions que s'han realitzat tradicionalment sobre forns antics, en general, plantegen la presència de cambres de cocció en forma de cúpula. Malgrat que molts dels forns interpretats pertanyen a època romana i posterior, quan el coneixement de la construcció amb cúpula es troba molt desenvolupat amb el coneixement de l'arc i la volta, també s'han interpretat cambres de cocció cupulars en recreacions de forns d'èpoques anteriors. Amb tot, aquests dibuixos no s'han fet basant-se en un estudi arquitectònic sobre la seva versemblança, tenint en compte el desconeixement de la construcció de cúpules en el món ibèric. Per tant, aquest argument no és, ni de bon tros, significatiu per a considerar-lo vàlid en el projecte.

2.- De fet, les úniques dades de les que es disposava era el diàmetre de la cambra, les mides de les toves amb les que aquesta s'havia construït i l'amplada d'una porta de càrrega i descàrrega.



Figura 3. Pintura grega de figures negres sobre fragment de ceràmica representant un forn ceràmic amb doble cambra.

En segon lloc, les representacions antigues, bàsicament gregues, ens presenten, amb els condicionants propis del dibuix sobre ceràmica, forns de diferents mides, però amb una cambra de cocció amb forma arrodonida que cal interpretar com una cúpula o, en aquest cas, falsa cúpula (Fig. 3).

En tercer lloc, la comparació etnogràfica amb forns en ús actualment a la vall d'Ourika (Marroc), ens mostra l'ús de falses cúpules fabricades amb la tècnica de l'acostament de fileres fins a deixar una obertura de 60-70 cms a la part superior.

Finalment, la dada més representativa ens l'ofereix l'arqueologia. En aquest cas, en l'excavació del complex de fabricació ceràmica de les Hortes de Cal Pons (Pontons, Alt Penedès) s'ha pogut documentar part de la cambra de cocció d'algun dels forns. En aquestes es pot apreciar, de forma clara, la forma semiesfèrica que presentava la cambra (Fig. 4). Cal dir que la forma semiesfèrica facilita la distribució de l'escalfor d'una forma més homogènia per tota la cambra, afavorint la cuita de les peces de forma més uniforme.

Partint d'aquesta argumentació, es va encarregar un estudi a l'arquitecte Antoni Martí i Falip per tal de valorar la possibilitat que la cambra de cocció del forn de la

Casa Grande pogués estar realitzada amb el sistema de falsa cúpula, a partir del sistema d'acostament de fileres de tovots de les mesures documentades en l'excavació arqueològica. El resultat d'aquest estudi (Fig. 5) ens ha permès materialitzar la hipòtesi de la construcció de la cambra emprant aquest sistema.

L'alçat de la cambra de cocció es va iniciar amb tres fileres de tovots col·locats de forma vertical. A partir de la quarta filera s'ha anat construint fent sobresortir els tovots per l'interior entre 4 i 5 cms aproximadament. D'aquesta manera s'ha aconseguit el tancament de la falsa cúpula amb 20 fileres, deixant a la part superior una obertura de 70 cms. Aquesta obertura es cobreix un cop la cambra estigui carregada de material ceràmic per coure i servirà per controlar el tiratge del forn (Fig. 6).

5. PROPERES ACTUACIONS

L'acabament del forn representarà el final de la primera fase del projecte. Perquè aquesta es pugui donar per conclosa tan sols és necessari l'arrebossat de l'interior de la cambra de cocció, l'acabament del *prae-furnium* i



430

Figura 4. Cambres de cocció de dos dels forns de les Hortes de Cal Pons a Pontons en els quals es pot apreciar la forma semiesfèrica d'aquestes.

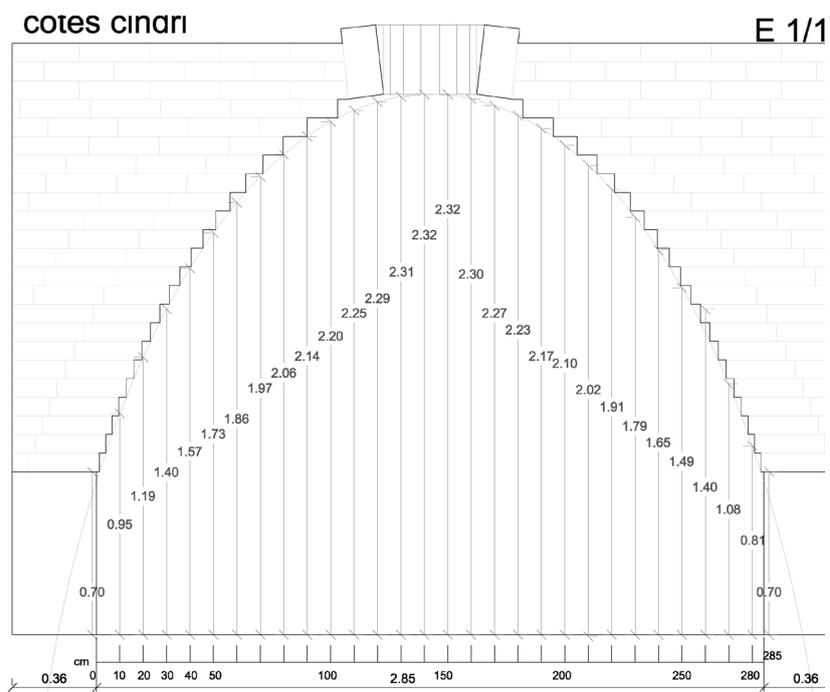


Figura 5. Secció hipotètica del forn a partir de l'estudi arquitectònic.



Figura 6. Estat actual del forn.

431

la instal·lació de diversos termoaparells per controlar la temperatura a l'interior del forn³.

Engagades aquestes accions, caldrà fer una primera cuita de peces ceràmiques que servirà, al mateix temps, per coure el propi forn. Per aquesta actuació, s'ha encarregat a quatre dels ceramistes que encara treballen actualment a Verdú rèpliques de diferents atuells ceràmics ibèrics seguint la tipologia dels documentats a les excavacions del jaciment proper dels Estinçells. Aquesta actuació servirà bàsicament per avaluar la funcionalitat del forn.

Paral·lelament, s'està duent un treball d'investigació experimental en col·laboració amb el Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona⁴. Aquesta part del projecte, fonamental pel que fa a l'experimentació, l'està realitzant Laia Castillo, sota

la direcció de David Asensio, i del qual en presentem l'esquema de treball:

1. Recerca bibliogràfica sobre treballs similars
2. Obtenció de mostres de materials
 - a. Argila de la zona del jaciment d'Hortes de Cal Pons
 - b. Peces cuites
 - i. Del jaciment d'Hortes de Cal Pons
 - ii. D'altres jaciments amb peces amb la mateixa tipologia
3. Caracterització de les mostres
 - a. Fluorescència per Raigs X (FRX) dels elements
 - b. Difracció per Raigs X (DRX) dels compostos
 - c. Microscopia
 - i. Òptica
 - ii. SEM (Scanning Electron Microscope)
 - d. Densitat
 - e. Porositat

3.- Aquesta tasca es realitzarà amb el suport l'empresa SAF S.L., amb seu a Verdú, a la qual volem agrair molt especialment la col·laboració desinteressada en el projecte.

4.- Departament dirigit per la Dra. Mercè Segarra Rubí, que ha estat des del primer dia molt receptiva amb el projecte i a la qual volem agrair també la seva predisposició per permetre'ns accedir als laboratoris de la Facultat de Química i, sobretot, la seva implicació en aquest treball.

4. Assajos de laboratori⁵
 - a. Relacions de pulpa
 - b. Relacions T/T (temperatura/temps)
 - c. Caracterització
 - i. Microestructures
 - ii. Proporcions mecàniques
5. Experimentació en el forn de Verdú
 - a. Elaboració de peces amb l'argila caracteritzada al laboratori
 - b. Coccio de les peces al forn
 - c. Control del forn a partir dels assajos previs realitzats en paral·lel al punt 4
6. Anàlisi de resultats
 - a. Caracterització de mostres de les peces obtingudes
 - b. Comparativa amb caracterització de les peces originals
7. Conclusions

6. EPÍLEG

L'elaboració de la ceràmica en època ibèrica era un procés altament tecnificat. Prova d'això és la qualitat de les ceràmiques autòctones presents al llarg dels diferents territoris ocupats per aquesta cultura. L'estudi de forns en un elevat grau de conservació com el de Casa Grande o els de Pontons permeten obtenir més dades sobre aquesta activitat. En primer lloc, posen de manifest l'elevada complexitat a l'hora de construir els propis forns ceràmics, la qual cosa ja hem pogut experimentar en primera persona. Però si el projecte finalitzés amb la construcció del forn, no tindria sentit la feina realitzada fins ara.

En aquest aspecte, considerem fonamental l'estudi al laboratori de les peces originals per obtenir-ne com més dades millor. Mirar de reproduir la ceràmica ibèrica intentant assolir els mateixos paràmetres que els originals ens proporcionarà un nou cabal d'informació que ens permetrà acostar-nos a un dels aspectes essencials de la complexa cultura ibèrica, com és la seva organització social.

7. BIBLIOGRAFIA

βαλλιάνου, Χ., Παδουβά Μ. 1986, Τα κρητικά αγγεία του 19ου και 20ου αιώνα. Μορφολογικά, κατασκευασικά μελέτη, Μουσείο Κρητικής Εθνολογίας Κάντρο Ερευνών, Αθήνα (Ατηνεσ), Ίδρυμα του πολιτιστικού συλλόγου Μεσαράς 3.

BLITZER, H. 1984, Traditional pottery production in Kentri, Crete, in P. P. Betancourt (ed.), *Workshops, materials, techniques and trade, East Cretan White-on-Dark Ware*, Philadelphia, University of Pennsylvania, 143-157.

BRONCANO, S., COLL CONESA, J. 1988, Horno de cerámica ibérica de La Casa Grande, Alcalá del Júcar (Albacete), *Noticiario Arqueológico Hispánico* 30, 187-229.

BRYANT, G. 1971, *Experimental Romano-British kiln firings at Barton-on-Humber, Lincolnshire*, Barton-on-Humber Branch, Workers' Educational Association, Occasional Paper 1.

CARDONA, R. 2009, Els cinc genis malèfics dels forns ceràmics. Estudi sobre els centres terrissers en època ibèrica a Catalunya, *Revista d'Arqueologia de Ponent* 19, 139-158.

CARDONA, R., CRESPO, M., CHOREN, J., GALLEGO, J., POU, J. 2011, Reproducir la cerámica ibérica: un nuevo reto de Arqueología experimental, in A. Morgado, J. Baena, J., D. García (ed.), *La investigación experimental aplicada a la Arqueología*, Granada, Universidad de Granada, 417-423.

CORDER, P. 1959, The structure of Romano-British pottery kilns, *Archaeological Journal* 114, 10-27.

CUOMO DI CAPRIO, N. 2007, *Ceramica in archeologia 2: antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, Roma, L'erma Di Bretschneider.

ESCOLÀ, A., BARROBÉS, E. 1995, *Aprendre a través de la ceràmica negra de Verdú*, Bellaterra, UAB, Dolce Fulmine Edicions, Apartat 4.

GREGORY, I. 1997, *Construcción de Hornos*, Barcelona, Gustavo Gili.

GREFF G. 1991, Les potiers du site gallo-romain de Bli- esbruck (Moselle): reconstitution experimentale de tours et production de ceramiques a a Archeologie d'Au- jourd'hui, in *Archeologie experimental, tome 1, Le feu, métal et céramique*, Paris, Éditions Errance, 214-226.

HASAKI, E. 2002, *Ceramic kilos in Ancient Greece: technology and Organization of Ceramic Workshops*, University of Cincinnati.

SEMPERE FERRÁNDIZ, E. 1992, Catalogación de los hornos de España y Portugal, *Tecnología de la cocción cerámica desde la antigüedad a nuestros días. Ponencias del Seminario celebrado en el Museo de Alfarería en Agost (Alicante) del 4 al 6 de octubre de 1990*, Alicante, Asociación de Ceramología, 187-237.

5.- Paral·lelament a aquest punt, s'experimentarà al forn de Verdú les temperatures de coccio i el temps d'escalfament del forn.

EL PROJECTE D'ARQUITECTURA IBÈRICA DEL CAMP EXPERIMENTAL DE LA PROTOHISTÒRIA (CEP) DE LA FORTALESA ILERGETA DELS ESTINCLELLS

Ramon Cardona Colell * Conxita Ferrer Àlvarez * Cristina Garcia Dalmau * Borja Gil Limón *
Jordi Morer de Llorens** Josep Pou Vallès *** Oriol Saula Briansó **** David Asensio Vilaró **

Entorno al poblado ibérico del Estinclells (Verdú, Urgell) se está desarrollando un proyecto de arquitectura experimental insertado dentro del marco del Campo Experimental de la Protohistoria (CEP). Éste, pretende realizar la construcción de un conjunto de casas del mismo asentamiento que han sido excavadas en los últimos años. A priori y como previsión de este objetivo basado en la arqueología experimental, se registraron de manera exhaustiva los restos arquitectónicos situados en los niveles de derribo de los diferentes recintos que constituían las casas.

Poblado ibérico de Estinclells, arquitectura experimental, restos arquitectónicos.

Related to the Iberian settlement of Estinclells (Verdú) an experimental architectural project is being carrying out as part of an Experimental Protohistory Field (CEP). The aim of this project is to make the exact restitution of a group of houses that have been excavated in recent years. Considering the execution of this purpose based on experimental archaeology, an exhaustive register was made of architectural remains located at different demolition levels of the Iberian houses.

Iberian settlement of Estinclells, experimental architecture, demolitions levels.

433

1. SITUACIÓ

El poblat ibèric dels Estinclells és un assentament ilerget del segle III aC emplaçat a l'extrem d'un promontori allargassat del terme municipal de Verdú, comarca de l'Urgell. Actualment, sota la seva falda sud, hi circula la carretera (LV2021) que va de Tàrrega a Sant Martí de Maldà. Es troba situat a 5 Km de Verdú i a 7 Km de Tàrrega. El jaciment presenta un accés fàcil i els 150 metres que es troben al final de recorregut es realitzen per un camí de terra.

Es tracta d'un conjunt d'estructures força complet i relativament ben conservat que constitueix un clar exemple del que seria un poblat ibèric de reduïdes dimensions, però amb una entitat defensiva i de control de territori destacable.

2. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

Conegut des de començaments del segle XX, el poblat ibèric dels Estinclells ha esdevingut durant els darrers anys un referent fonamental pel coneixement de la cultura ibèrica ilergeta. El major impuls que ha obtingut la investigació del jaciment ha estat gràcies al Servei d'Ocupació de Catalunya juntament amb el Consell Comarcal de l'Urgell. Ambdues institucions han dut a terme, l'any 2003-04, 2004-05, 2005-06 i 2010 sengles Plans d'Ocupació que, a banda de potenciar el coneixement científic del jaciment, han contribuït de forma decisiva a la seva preservació i difusió social. Gràcies a aquestes intervencions una part del jaciment ja és visitable.

* Centre d'Estudis Lacetans

** Mon Iber Rocs, S.L.

*** Universitat de Lleida

**** Museu Comarcal de l'Urgell-Tàrrega

El bon estat de conservació d'una gran part del jaciment, amb zones que conserven tota la part construïda en pedra, i el fet de tractar-se d'una excavació realitzada amb modernes tècniques d'excavació i d'anàlisis complementàries, ha permès obtenir prou dades per plantejar una interpretació arquitectònica de les restes exhumades emprant tècniques d'arqueologia experimental. Aquestes restes han estat, o estant sent, objecte de diferents anàlisis per determinar-ne la seva composició, densitat i altres aspectes útils per la seva interpretació i posterior experimentació. Amb les dades proporcionades per la pròpia excavació s'ha pogut redactar una part important del present projecte.

Actualment ja estan en procés de construcció dos dels recintes ibèrics. Quan les dades de l'excavació no han proporcionat solucions als problemes que es plantejaven, s'ha buscat orientació en altres jaciments de la mateixa època. Per aquells aspectes dels quals no es disposava de suficient informació arqueològica s'ha anat a cercar documentació etnogràfica al nord d'Àfrica, més concretament a les zones de l'Atlas i Antiatles i el Rif magrebí. Aquesta obtenció de dades, realitzada, entre d'altres, per part dels signants del present projecte, es va dur a terme els mesos d'abril de 2008, el desembre de 2009 i el febrer de 2011 i ha servit per obtenir informació sobre aquells aspectes de la dinàmica i evolució constructiva d'edificacions fetes amb els mateixos materials que els emprats a la fortalesa dels Estinclells i que no havien pogut ser registrats a través de l'excavació en el mateix jaciment arqueològic.

Avui dia, molts dels aspectes de l'arquitectura amb fang (a determinades parts del món) encara són vigents. Aquesta arquitectura actualment l'empra el 30 % de la humanitat (Sánchez 1996). És per això que podem observar com des d'altres camps de recerca, bàsicament etnològics i arquitectes, s'ha creat un considerable corpus de dades entorn l'arquitectura amb fang (Mimó 1996; Guidoni 1989), totalment aprofitables des de l'òptica arqueològica.

Creiem, tot i els problemes i reticències que pugui crear la comparació entre la dada arqueològica i la dada etnogràfica, que almenys en el camp de l'arquitectura amb fang, la col·laboració ha estat i pot ser més fructífera, essent un diàleg que encara està per potenciar. Així, si tenim present que moltes de les tècniques constructives realitzades amb terra en època preromana perviuen avui en dia (toves, tapial, amassats...), sembla lògic pensar que el recurs de la comparació etnològica no serà un recolzament gratuït, i que es pot configurar

com un instrument metodològic de primer ordre per a comprendre les tècniques i elements constructius que l'arqueologia posa en evidència. És en aquest sentit que el registre etnogràfic pot suposar una documentació addicional important, on es dona un principi d'analogia fonamental, on unes mateixes operacions tècniques deixen unes evidències materials semblants (Morera 2005).

Els únics antecedents d'arquitectura experimental ibèrica duts a terme a Catalunya es van desenvolupar al jaciment ibèric d'Alorda Park o les Toixoneres de Calafell (Baix Penedès). Els anys 1993 i 1994 es va desenvolupar el *Projecte de reconstrucció del poblat ibèric de Calafell*. Aquest pretenia transformar el jaciment arqueològic en un model en el que fos comprensible la seva interpretació per un públic d'ampli espectre (Pou *et al.* 2001). Actualment aquest projecte està sent objecte d'un nou replantejament, els resultats del qual també han estat presentats en el present Congrés¹.

3. LA INTERVENCIÓ CONSIDERACIONS PRÈVIES

A diferència de l'esmentat projecte de Calafell, la intervenció que s'està realitzant no s'executa sobre les mateixes restes arqueològiques originals, sinó que s'està fent una recreació a escala 1:1 a 100 m aproximadament del mateix jaciment i amb la mateixa orientació que els recintes originals, de tal manera que es podrà valorar la funcionalitat de l'activitat humana per la qual es va dissenyar l'estructura (Fig. 1). En aquest sentit, s'ha reproduït topogràficament el traçat dels recintes objecte de la intervenció, això és els recintes 15 i 16, així com del fragment de la muralla a la qual s'adossarien aquests recintes² (Fig. 2). Cal dir que, en el sector del jaciment corresponent a aquests àmbits, no s'ha conservat el traçat original de la muralla que encerclava tot l'assentament. És per això que, en aquest cas s'ha projectat el traçat de la muralla que sí es conservava en altres zones del poblat, i s'ha reproduït emprant la mateixa tècnica constructiva que l'original.

La funcionalitat de les cases 15 i 16 l'hem relacionat amb les activitats de producció d'oli i vi (Asensio *et al.* 2010). Es tracta de dues cases que cataloguem del tipus 2 (Asensio *et al.* 2009). Cases de planta trapezoïdal simple, que ocupen un espai de solar d'entorn els 35 m² cada una, i apareixen adossades a la muralla o mur

1.- Veieu en aquest mateix volum Garcia Bertran, L., Pou, J., *El nou projecte experimental d'arquitectura protohistòrica de la Ciutadella Ibèrica de Calafell*.

2.- La reproducció topogràfica ha estat duta a terme per l'empresa SAF de Verdú.

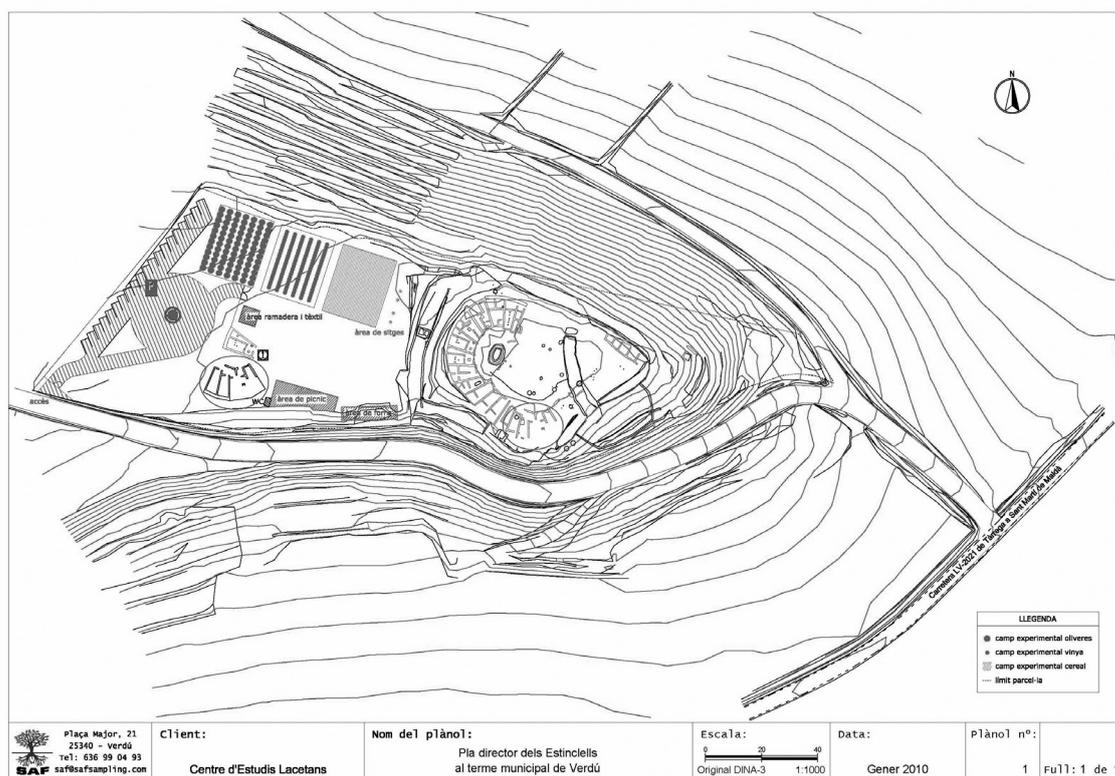


Figura 1. Planta general del CEP de Verdú, amb indicació dels recintes que serveixen de base per a l'experimentació arquitectònica i de l'indret on aquesta s'està duent a terme.

435

de tanca de l'assentament (tot i que en aquest sector la muralla està totalment desapareguda). Interiorment, es va documentar que les cases quedaven dividides en 2 recintes a partir de sengles murs mitgers, més estrets que les parets mestres (45 cm). Els estrats d'enderroc de l'àmbit 15A i 16A els documentem com uns nivells de terra cremada, on trobem barrejats tovots i argiles cremades amb capes de cendres, just sobre paviment, evidenciant-se un clar nivell d'incendi que va destruir el complex (Fig. 3). Durant l'excavació es van recuperar varis fragments de tova i de sostres amb empremtes vegetals.

En aquest procés de reconstrucció de les cases 15 i 16 del poblat ibèric dels Estinclells de Verdú cal tenir present que el que volem experimentar (en la fase actual dels treballs) és estrictament la construcció, no la forma d'obtenció del material constructiu ni els equipaments utilitzats per a aquella. És per això que emprem instrumental modern (òbviament més eficaç) per a totes o la majoria de funcions no estrictament relacionades amb el fet constructiu, sempre que no alterin la natura dels materials ni dels processos de construcció.

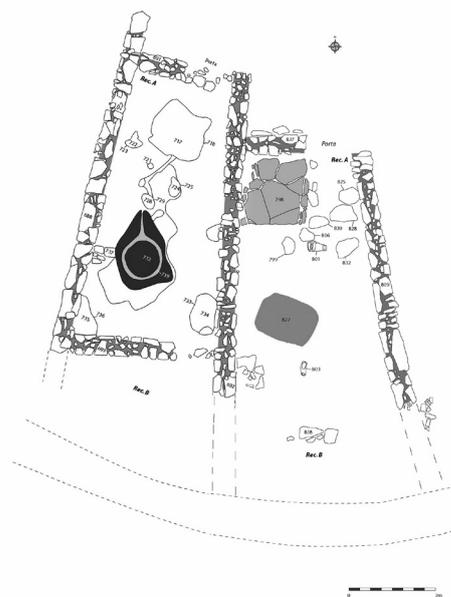


Figura 2. Planta dels recintes 15 i 16 del poblat ibèric dels Estinclells.



436

Figura 3. Imatge dels recintes 15A i 16A amb indicis clars d'incendi.

4. ELS MATERIALS

Els alçats dels murs de les cases i de la muralla s'han aixecat en pedra, essent la seva alçada d'uns 50 cms. Aquests sòcols s'han bastit tenint present la màxima alçada conservada i que era la màxima alçada de la que disposaven aquests, tal com es desprèn del fet que, a aquesta alçada el sòcol es trobava anivellat per poder continuar la construcció amb material terrós. Damunt d'aquests murs petris, lligats amb morter de fang s'aixequen les parets emprant tovots, ja que es tracta de l'únic sistema constructiu documentat en el procés d'excavació.

En el cas de la muralla s'utilitza un mòdul per als tovots de 50x25x10 cms. En el cas de les parets dels recintes s'empen tovots de 40x35x10 cms ja que és un dels mòduls documentats durant el procés d'excavació del jaciment. Puntualment s'utilitzen tovots de 26x14x11 cms, també documentats en l'excavació arqueològica (Fig. 3). De fet, la diversitat dels mòduls de toves ja es va constatar des de l'inici dels treballs d'excavació (Asensio *et al.* 2003, 226). Pel que fa a les toves originals conservades cal observar que estan elaborades amb terra de granulometria molt fina, molt versemblantment

garbellada, amb desgreixant vegetal molt fi. No s'hi observen esquerdes del procés d'eixugat, la qual cosa indica que el material ha estat preparat acuradament, essent un fang ben pastat i compactat donant un resultat de toves força denses i compactades (Belarte/Morer 2005).

Per fer tovots s'empra la mateixa terra recuperada durant el procés d'excavació, garbellada i barrejada amb palla i aigua (barreja abastament pastada). El resultat d'aquesta barreja és introduït dins de motlles de fusta que, un cop compactats, donen la forma i dimensions finals de cada tovot, força similars a l'aspecte de les toves originals exhumades durant el procés de l'excavació estratigràfica (Fig. 4).



Figura 4. Tovots de les mateixes mides que els recuperats a l'excavació, realitzats amb motllos de fusta.

Pel que fa a les cobertes, la hipòtesi que volem experimentar seria molt similar a la interpretada en altres assentaments protohistòrics que han lliurat indicis sobre aquest element constructiu (Morer 2000). Tal com es desprèn de les restes procedents de la casa 9 d'Estinclells s'hi documenten fangs amb empremtes de troncs de 8 cms de diàmetre, que devien haver fet la funció de bigues que sostenien la coberta, per damunt de les quals s'abocaria una capa de fang en el qual han quedat marcades les bigues (Belarte/Morer 2005). Quan a la fusta que s'utilitzarà, les anàliques realitzades de

les restes antracològiques recuperades en els recintes del jaciment que van patir l'acció d'un incendi, en més d'un 90% (Enrich *et al.* 2005) es documenta l'espècie *Quercus sp. caducifoli*. Per tant, les bigues i els trams entrebigats es realitzaran amb fusta de roure.

Entre les restes dels enderrocs d'alguns dels recintes excavats s'han recuperat fragments de coberta formats per argiles suposadament originàries de la mateixa zona on es troba l'assentament. Es tracte d'elements elaborats amb terra barrejada amb desgreixant vegetal abundant, format per tiges d'un gruix que oscil·la entre 1 i 2 mm i una longitud de fins a 3 cms. També conté pedres de mida petita (grava), incloent algun element de dimensions majors, de fins a 4-6 cms de longitud. Els fragments que conservem són molt més lleugers que els fragments de tova (abans descrits), fet que respon a la presència abundant de desgreixant (Belarte/Morer 2005). Alguns d'aquests fragments conserven empremtes vegetals en una cara llisa. Una vegada analitzades aquestes traces vegetals, el resultat obtingut correspon a l'espècie *Imperata cylindrica* encara actualment molt present a la zona i coneguda amb el nom de canya xisca. S'han realitzat proves per determinar les empremtes que aquest material vegetal deixa en una barreja d'argila i palla i els resultats han estat positius (Fig. 5).



Figura 5. Prova d'empremta de l'argila amb l'espècie *Imperata cylindrica*, coneguda a la zona com a canya xisca.

Per tant, es proposa col·locar, immediatament sobre els trams entrebigats amb branques de roure, una capa de canya xisca que, al seu torn anirà coberta per una capa de fang barrejat amb elements vegetals, en aquest cas palla. La palla emprada serà la d'alguna de les espècies de cereals documentades al mateix jaciment³.

A manca de més resultats de les analítiques que s'estan realitzant als fragments de cobertes caiguts de diferents recintes i recuperats en el procés d'excavació per determinar el tipus exacte d'argila emprada per a les cobertes, es preveu col·locar-ne tres capes barrejada amb palla. D'aquesta manera, es considera que es podrà impermeabilitzar les cobertes evitant-ne possibles filtracions d'aigua. Es proposa tres capes d'entre 8 i 10 cms per intentar aconseguir aquesta impermeabilització. Això no exclou que s'haurà de dur a terme una programació de manteniment. Malgrat que els paral·lels consultats en l'estudi etnogràfic no poden ser reproduïts, atès que les construccions que es realitzen actualment amb aquest sistema a la zona estudiada, totes utilitzen plàstics entre les canyes i les capes d'argila, la informació oral proporcionada per constructors que havien realitzat aquest tipus de construccions amb anterioritat a la utilització de plàstics, apunten a l'aplicació d'un mínim de tres capes d'argila barrejada amb palla (Cherradi 1993). Prèviament a la seva aplicació, però, l'argila serà garbellada per apartar-ne els nòduls de mida superior als 3-4 cms i que dificulten la formació d'una capa homogènia. La palla amb la que es barrejarà l'argila també serà trinxada per aconseguir fragments no més grans de 5-6 cms per tal de facilitar una millor barreja d'ambdós materials (argila i palla). Un cop més cal remetre's a l'estudi etnogràfic per justificar aquesta actuació. La proporció entre l'argila i la palla serà aproximadament de 4:1.

Els càlculs dels materials necessaris per a realitzar la intervenció són els següents:

Tovots:

Muralla: 2800 tovots de 50x25x10 cms

Recintes: 2187 tovots de 40x35x10 cms

En total seran 66 metres cúbics de terra (35 per la muralla i 31 per les cases).

Bigues de fusta:

114 bigues de fusta de 2,5m de llargada x 0,10/0,12 cms de diàmetre

20 bigues d'1m de llargada x 0,10/0,12 cms de diàmetre

2 bigues de 2,5m de llargada x 0,15/0,20 cms de diàmetre

19 bigues de 4,5m de llargada x 0,15/0,20 cms de diàmetre

A això caldrà afegir brancatge per cobrir uns 15 metres quadrats de cobertes, canya "xisca" per distribuir a la seva part superior i uns 3 metres cúbics d'argila per a fer les cobertes, que caldrà barrejar amb palla.

3.- L'anàlisi carpològica duta a terme per Daniel López, F. Xavier Cantero i Almudena Yagüe en diferents estrats del recinte 15 ha revelat la presència de diferents cereals (sobretot blat i ordi).

5. DESCRIPCIÓ DE LA INTERVENCIÓ D'ARQUITECTURA EXPERIMENTAL

En el moment de la redacció d'aquest article, ja s'ha procedit al condicionament del terreny, l'elaboració de les toves necessàries, la realització dels sòcols de pedra i s'ha iniciat parcialment l'alçat de la muralla i de les parets de les dues cases (Fig. 6). Pel que fa al tram de



Figura 6. Estat actual dels treballs d'experimentació.

438

la muralla, que s'ha aixecat en primer lloc (la totalitat de recintes excavats s'adossen al mur perimetral, per la qual cosa es dedueix que aquest va ser construït amb anterioritat als recintes), té una llargada de 10 m i una amplada d'1,10 m. L'alçada dels primers 50 cms s'ha realitzat amb pedres de mida gran, unides amb fang. Per damunt s'alcen 3,5m de paret terrosa formada per tovots de 50x25x10 cms lligats amb fang. L'alçada total de la muralla ve donada per l'alçada mínima que han de disposar els recintes que s'hi adossen tenint en compte que cal incloure un pas de ronda, tal com es descriurà posteriorment. A aquest alçat s'afegirà un amplit de tovots completat amb una filera de pedres lligades amb fang d'uns 80 cms d'alçada per 50 cms d'amplada. D'aquesta forma s'aconseguirà una alçada exterior del tram de muralla de gairebé 5 m, alçada mínima per tal que la muralla sigui efectiva a nivell defensiu.

Pel que fa al conjunt format pels recintes 15 i 16 la proposta arquitectònica és aixecar els murs amb tovots de 40x35x10 cms, reproduint un dels models recuperats durant el procés d'excavació del mateix jaciment. Aquestes mides s'ajusten perfectament a l'amplada dels sòcols de pedra originals, la qual oscil·la entre els 45 i 50 cms. El sistema de col·locació és trencant les juntes de la filera immediatament inferior per tal de donar una major consistència i estabilitat als murs.

Ambdós recintes presenten dues estances separades per un mur que els divideix en dos habitacles. El més

allunyat de la porta d'accés i que, per tant, té com a paret de fons la muralla, es troba situat a 2,5 m d'aquesta. L'excavació d'altres recintes del mateix jaciment amb la mateixa disposició que els recintes 15 i 16 ha posat de manifest la presència d'un segon pis en l'estança que es troba a tocar de la muralla. Aquest fet s'ha interpretat com la conseqüència de la necessitat de disposar d'un pas de ronda suficientment ample com per permetre una circulació fluida de persones i, potser, d'algun instrument defensiu. Aquest darrer fet és, però, difícil de demostrar, ja que no s'ha recuperat cap element que faci pensar en la presència d'algun tipus d'armament pesant, com per exemple una balista. Amb tot, cal destacar que aquest fenomen de pas de ronda ample d'entorn 2,5 metres, sembla repetir-se en altres fortificacions ibèriques del territori català datades també en el segle III aC, per la qual cosa podria respondre a una resposta d'enginyeria militar puntual d'aquest moment cronològic (Castellet de Banyoles a Tivissa; a Sant Esteve d'Olius; fins i tot a la fase del segle III aC d'Alorda Park a Calafell, entre altres...). En tot cas, la presència d'aquesta segona planta és segura, ja que, d'altra banda, resultaria molt difícil l'accés a la part alta de la muralla.

L'acabat final d'aquestes parets alçades a base de tovots serà un arrebossat fet amb el mateix material amb la que es fabriquen aquests, la qual cosa donarà un aspecte uniforme a la construcció. Es deixaran alguns fragments de paret sense arrebossar per poder incorporar l'explicació del sistema constructiu al discurs didàctic.

Pel que fa a les cobertes, la ubicació de les cases en la xarxa viària marca la direcció dels desguassos i orientacions d'aquestes, que havien de lliurar les aigües vers la zona central del poblat, per tal de poder ser acumulada a la gran cisterna central. Es plantegen dues hipòtesis possibles: fer la coberta plana, seguint els models de l'arquitectura púnica i la popular nord-africana, grega i eivissenca, o bé fer cobertes amb pendents més pronunciades. S'opta per la primera en base als paral·lels etnogràfics documentats en l'estudi realitzat al Marroc anteriorment esmentat, i també en base a les conclusions extretes d'altres treballs de reconstrucció de sostres de fang de cases protohistòriques, com ara a la Bastida de les Alcuses a Moixent (Bonet/Dies 2001), la reconstrucció a El Vendrell de les cases de Gàfols (Moré *et al.* 2001) i de la reconstruïda Ciutadella Ibèrica de Calafell (Pou *et al.* 2001).

Les cobertes seran finalitzades amb una revora al seu voltant. La funció principal d'aquestes serà que l'aigua de pluja que caigui al seu damunt sigui conduïda cap a unes obertures que es faran expressament per afavorir-ne l'evacuació. En aquests punts de sortida d'aigües pluvials es col·locarà una pedra o una fusta de perfil còncau incrustada a la paret que evitarà que l'aigua

regalimi directament sobre la paret. Els desguassos pluvials d'aquests recintes es faran en direcció cap al que era el carrer que, en el poblat original, transitava entre la cisterna central i els edificis perimetrals, ja que l'aigua era conduïda cap a la cisterna per ser aprofitada per al consum.

6. CONSIDERACIONS FINALS

En aquest projecte d'arquitectura experimental la verificació de les diferents hipòtesis de reconstrucció rau tant en la viabilitat estàtica de la construcció com en la seva capacitat per a complir les funcions que se li atribueixen (en aquest cas el funcionament d'una premsa bifuncional per a la producció de vi i d'oli). Això ens suposarà refer tots els elements interns recuperats a l'excavació i controlar durant un període prolongat la resistència als agents atmosfèrics i les condicions d'habitabilitat (propietats tèrmiques, humitat, capacitat de sortida de fums, etc...), la qual cosa implica a la vegada un marc temporal d'actuació de diversos anys.

Un dels principals problemes que afecta la construcció a base de terra i amb cobertes d'elements vegetals és la humitat. Per controlar aquesta, quan els diferents recintes del poblat ibèric es trobaven en funcionament originàriament, segurament la presència de llars de foc a l'interior dels recintes, amb la conseqüent escalfor i el fum que aquestes emanaven, contribuïen al seu descens i, per tant, al propi manteniment dels recintes.

Per a controlar les humitats a l'interior dels recintes es proposa la instal·lació d'uns mesuradors d'humitat, fent un registre diari de la humitat ambiental i mesurant la incidència de diferents actuacions que es puguin dur a terme a l'interior dels recintes, encenent els focs i altres mesures que es puguin endegar. També es proposa la instal·lació d'una petita estació meteorològica a l'exterior per tal de poder mesurar les incidències climàtiques i poder establir una relació entre aquestes i l'evolució del conjunt arquitectònic experimental.

Amb tot, és necessari realitzar un manteniment a l'exterior de les cobertes. A partir de l'estudi etnogràfic realitzat, es pot establir que el manteniment exterior ha de consistir en l'aplicació d'una capa d'argila garbellada barrejada amb palla un mínim de dos cops a l'any, un cop finalitzat l'hivern i l'estiu, és a dir, abans del començament de la primavera i la tardor, estacions en les que es produeix el major nombre de precipitacions. Les dates d'aquestes actuacions poden variar en funció de les previsions meteorològiques. A això cal afegir les reparacions que es puguin dur a terme de forma puntual quan sigui necessari pel desgast que es pugui produir degut a la utilització o a fenòmens climatològics de caràcter excepcional.

Finalment, el projecte (com gairebé tots els projectes d'arqueologia experimental) contempla també la necessitat d'aprofitar les estructures construïdes per tal de millorar la nostra comprensió sobre els processos de formació dels jaciments arqueològics del període ibèric, concretament el del Poblat dels Estinçells. Això suposa ineludiblement, en el futur, l'incendi d'algun dels recintes reconstruïts per tal de contrastar el resultat d'aquesta acció, tot verificant la correspondència amb l'evidència de les dades arqueològiques registrades en el nivell d'incendi documentat a les cases 15 i 16 del poblat.

7. BIBLIOGRAFIA

ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., MORER, J., POU, J., SAULA, O. 2003, El jaciment ibèric dels Estinçells (Verdú, Urgell): un assentament fortificat ilerget del segle III aC, *Revista d'Arqueologia de Ponent* 13, 223-236.

ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., GARCIA, C., MORER, J., POU, J., SAULA, O. 2009, L'arquitectura domèstica en el nucli fortificat ilergeta del Estinçells (Verdú, Urgell) segle III aC, *L'espai domèstic i l'organització de la societat a la protohistòria de la mediterrània occidental (Ier Mil·leni aC), Actes de la IV Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 6 al 9 de març de 2007)*, Arqueomediterrània 11, 125-142.

ASENSIO, D., CARDONA, R., FERRER, C., MORER, J., POU, J., SAULA, O., GARCIA, C. 2010, Una Almàssera del segle III aC dins del nucli ibèric dels Estinçells (Verdú, Urgell), *Urtx* 24, 55-76.

BELARTE, C., MORER, J. 2005, *Estudi dels materials constructius elaborats amb terra del jaciment dels Estinçells Campanyes 2000-2004* (Informe Inèdit).

BONET, H., DIES, E., RUBIO, F. 2001, La reconstrucció de una casa ibèrica en la Bastida de les Alcusses. *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània, Actes de la I Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 20, 21, 22 de gener de 2000)*, Arqueomediterrània 6, 75-93.

CHERRADI, F. 1993, *Architecture vernaculaire des oasis du sud du Maroc. Vallée du Draa*, Memòria mecano-grafiada, École d'Architecture de Normandie.

ENRICH, J., GÓMEZ, M., ENRICH, A., FERRERAS, V. 2005, *Estudi de diverses mostres procedents del jaciment ibèric del Estinçells (Verdú, Urgell)* (Informe Inèdit).

GUIDONI, E. 1989, *Arquitectura primitiva*, Madrid, Ed. Aguilar.

MIMÓ, R. 1996, *Fortalezas de barro en el sur de Marruecos*, Madrid, Compañía literaria SL.

MORER DE LLORENS, J. 2000, *L'experimentació en arquitectura protohistòrica: Les cases del Barranc de Gàfols. Memòria de Llicenciatura codirigida per Dr. Joan Sanmartí i Dra. M^a Carme Belarte*, Departament de Prehistòria, H^a Antiga i Arqueologia de la Universitat de Barcelona (Tesina inèdita).

MORER, J., BELARTE, C., SANMARTÍ, J., SANTACANA, J. 2001, El laboratori d'arquitectura protohistòrica de la Universitat de Barcelona. *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània, Actes de la 1^o Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 20, 21, 22 de gener de 2000)*, Arqueomediterrània 6, 157-180.

MORER DE LLORENS, J. 2005, La construcció amb terra en època ibèrica, *L'arquitectura de Terra, 6é cur-*

set d'estiu d'arquitectura popular, Barcelona, Amics de l'Arquitectura popular.

POU, J., SANTACANA, J., MORER, J., ASENSIO, D., SANMARTÍ, J. 2001, El projecte d'interpretació arquitectònica de la Ciutadella ibèrica de Calafell (Baix Penedès). *Tècniques constructives d'època ibèrica i experimentació arquitectònica a la Mediterrània, Actes de la 1^o Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 20, 21, 22 de gener de 2000)*, Arqueomediterrània 6, 95-115.

SANCHEZ, A. 1996, La problemàtica de las construcciones con tierra en la prehistoria y en la protohistoria peninsular. Estado de la cuestión, *Actas del XXIII C.N.A. Elche*, 349-358.

RECONSTITUTION EXPÉRIMENTALE D'UN HABITAT NÉOLITHIQUE DE LA CORSE: PREMIERS RÉSULTATS

Antonia Colonna* Nicolas Mattei**

L'arqueologia experimental ha estat objecte de nombroses investigacions dins del CNRS UMR 6240 Lisa de la Universitat de Còrsega. A partir de les dades arqueològiques i palinològiques del jaciment d'A Petra (Ile Rousse-Haute-Corse) s'ha realitzat una reconstrucció d'un hàbitat del neolític antic. Aquests procés ha permès desenvolupar la cadena operativa de la realització de les estructures de sosteniment i de la cobertura vegetal.

Jaciment d'A Petra, reconstitució experimental, Neolític antic, hàbitat.

Experimental archeology has been the subject of many research within the UMR CNRS 6240 Lisa from the University of Corsica. It is from archaeological and palynological data recorded on the site of A Petra (Ile-Rousse- Haute-Corse) that the experimental reconstruction of an early neolithic settlement was made. This research has allowed the realization of a complete chain of operation, the introduction of outrigger poles to cover.

Site d'A Petra, experimental reconstruction, early neolithic, settlement.

441

1. INTRODUCTION

La Corse est une île de la Méditerranée occidentale qui a connue une occupation humaine dès la Préhistoire.

Depuis de nombreuses années, des fouilles archéologiques ont été réalisées sur l'ensemble du territoire, mais aucune trace humaine datant du Paléolithique n'a pu être relevé à ce jour.

Les études réalisées sur différents sites archéologiques de l'île indiquent une présence humaine dès l'époque Mésolithique.

Les plus anciennes sépultures de Corse : Araguina Sennola (Bonifacio) et plus récemment Campu Stefanu (commune de Sollacaro) où l'on a découvert des vestiges osseux de plusieurs individus, démontrent une occupation ancienne de la Corse (Cesari 2012, 14-16).

Les fouilles effectuées sur plusieurs sites de cette période attestent d'une occupation humaine essentiellement basée sur les littoraux, les habitats sont en majorité en grottes ou en abris sous-roches et quelquefois de plein-air. Le site de plein air de la Punta di Caniscione est le premier gisement à présenter une organisation de l'espace à cette période (8400 av. J.C.) Une zone d'habitat complexe associée à une zone d'activités a pu être déterminée par A. Pasquet lors des fouilles. (Pasquet/Demouche 2012, 8-9).

Au Néolithique, les données archéologiques sont beaucoup plus importantes. Les opérations archéologiques réalisées sur divers sites de cette période attestent toujours d'une occupation littorale mais la morphologie de l'habitat diffère. Les gisements de plein air sont beaucoup plus nombreux et des données non négligeables ont pu y être relevées.

* Docteur en Archéologie. UMR 6240 Lisa. Campus Mariani – Université de Corse Pasquale Paoli. Avenue Jean Nicoli. 20250 CORTE

** Assistant Ingénieur. UMR 6240 Lisa. Campus Mariani – Université de Corse Pasquale Paoli. Avenue Jean Nicoli. 20250 CORTE

L'objectif de notre travail est donc de reconstituer la chaîne opératoire d'un habitat de plein air à partir de données scientifiques dans le but de déterminer les méthodes et les temps de réalisation de la structure. Notre choix s'est porté sur un habitat de plein air du Néolithique Ancien situé sur les îlots d'Île Rousse (Haute-Corse) fouillé durant plusieurs années par le Professeur Michel Claude Weiss (UMR CNRS 6240 Lisa - Université de Corse).

Nous nous sommes appuyés sur les résultats de ces recherches afin de reconstituer de manière expérimentale un habitat du Néolithique Ancien.

A l'heure actuelle, aucune étude ne fait référence à des reconstitutions expérimentales d'habitats de cette période en Corse, en revanche une restitution graphique de l'Age du Bronze (Monte Ortu de Lumio) (Weiss 1997, fig. 321) et une restitution virtuelle d'un habitat de l'Age du Fer (Cucciarpula) (Pêche-Quilichini/Py/Regert 2010, 3-20, fig.3) permettent de cerner l'évolution morphologique de quelques habitats pré et protohistoriques de l'île.

2. LES DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES

Les données recueillies sur le site d'A Petra indiquent que nous sommes en présence d'un gisement du Néolithique Ancien (Weiss 2010).

La céramique a des décors variés, à impressions cardiales, poinçonnées, circulaires et dont les motifs pouvaient être en chevrons ou en bandeaux. Les éléments lithiques retrouvés sont composés notamment d'armatures à tranchant transversal, de grattoirs, de burins, de lames de haches polies et surtout d'éclats en rhyolite et en obsidienne.

Il est à noter qu'au total, trois structures d'habitats furent retrouvées sur le site d'A Petra.

La première est identifiée en 1988 dans la couche IId, elle est attribuable au Néolithique cardial à zonation horizontale. Cette habitation a une forme globalement ovale et un diamètre pour le plus grand de 3.05 m et pour le plus petit de 2.50 m et au total une superficie de 6 m².

Les dernières opérations archéologiques conduites sur le site de A Petra à L'Île-Rousse, entre 2003 et 2006 dans les couches IIc3 et IIb2 ont donné l'occasion de mettre au jour de nouveaux fonds de huttes entières appartenant au Néolithique cardial à zonation horizontale et à l'Epicardial tyrrhénien. Nous sommes donc en présence d'une occupation datée du 6e millénaire avant notre ère.

La hutte de la couche IIc3 a une forme ovale plutôt irrégulière, (longueur de 3,10m à 3,05m, largeur de 2,65 m) son entrée est orientée en direction du nord-ouest, comme celle de la hutte de IId.

Le dernier habitat découvert en 2006 dans la couche IIb2 est lui aussi de forme ovale, il a un diamètre maximum de 3 m.

C'est ce dernier que nous avons choisi de reconstituer en raison du nombre important de données et du fait de son appartenance au Néolithique Ancien. Ainsi, nous pouvons envisager de réaliser par la suite de nouvelles reconstitutions à partir des données issues des unités stratigraphiques IIc3 et de IId. Cela nous permettrait de reproduire trois structures d'habitat appartenant au site et de visualiser l'évolution et les différences qui composent ces dernières. En effet, au-delà des données archéologiques recueillies sur la structure, d'autres éléments appartenant à une zone d'activités attenante à l'habitat ont pu être réunies. Nous avons choisi de présenter l'ensemble des données archéologiques de la couche IIb2 afin de présenter la structure dans son environnement global.

3. LES DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES DE LA COUCHE IIB2 (6400 BP ±70 BP SOIT 5480-5212 BC CAL.)

Le fond de la cabane découvert en 2006 dans la couche IIb2 a une forme ovale, elle a un diamètre maximal de 3m et un diamètre minimal de 2,73m, si l'on se réfère au cailloutis relevé à l'extérieur, et de 2,43m à l'intérieur. Lors de la fouille, des blocs de pierres disposés à intervalles réguliers ont été mis au jour, il est possible que des calages de piquets se soient appuyés dessus. Les diamètres de ces piquets avaient une moyenne de 9 à 10 cm de diamètre. Son entrée, d'une largeur de 90 à 100 cm est orientée au nord-ouest.

A l'intérieur de la structure un foyer appareillé de forme quadrangulaire a été mis au jour, avec des traces de petits charbons disposés au sud-est.

La structure de cet habitat est en relation directe avec une zone d'activités située à l'ouest de l'habitat. Celle-ci est de forme ovale d'environ 6 m² et entourée d'une bande argileuse.

Cette zone de travail a plusieurs éléments intéressants attestant d'une activité importante. En effet, on relève qu'un cailloutis serré associé à des vestiges céramiques et lithiques très importants compose cette aire d'occupation. On y trouve aussi une meule, une molette et un bloc volumineux qui a pu être utilisé comme table de travail.

Entre la zone d'activités et l'habitat se trouve un passage composé d'un cailloutis très serré et au nord-est du secteur un roché régularisé associé à une bordure de pierres formant semble-t-il une sorte de canalisation ayant pu servir à protéger l'habitat des eaux de ruissellement.

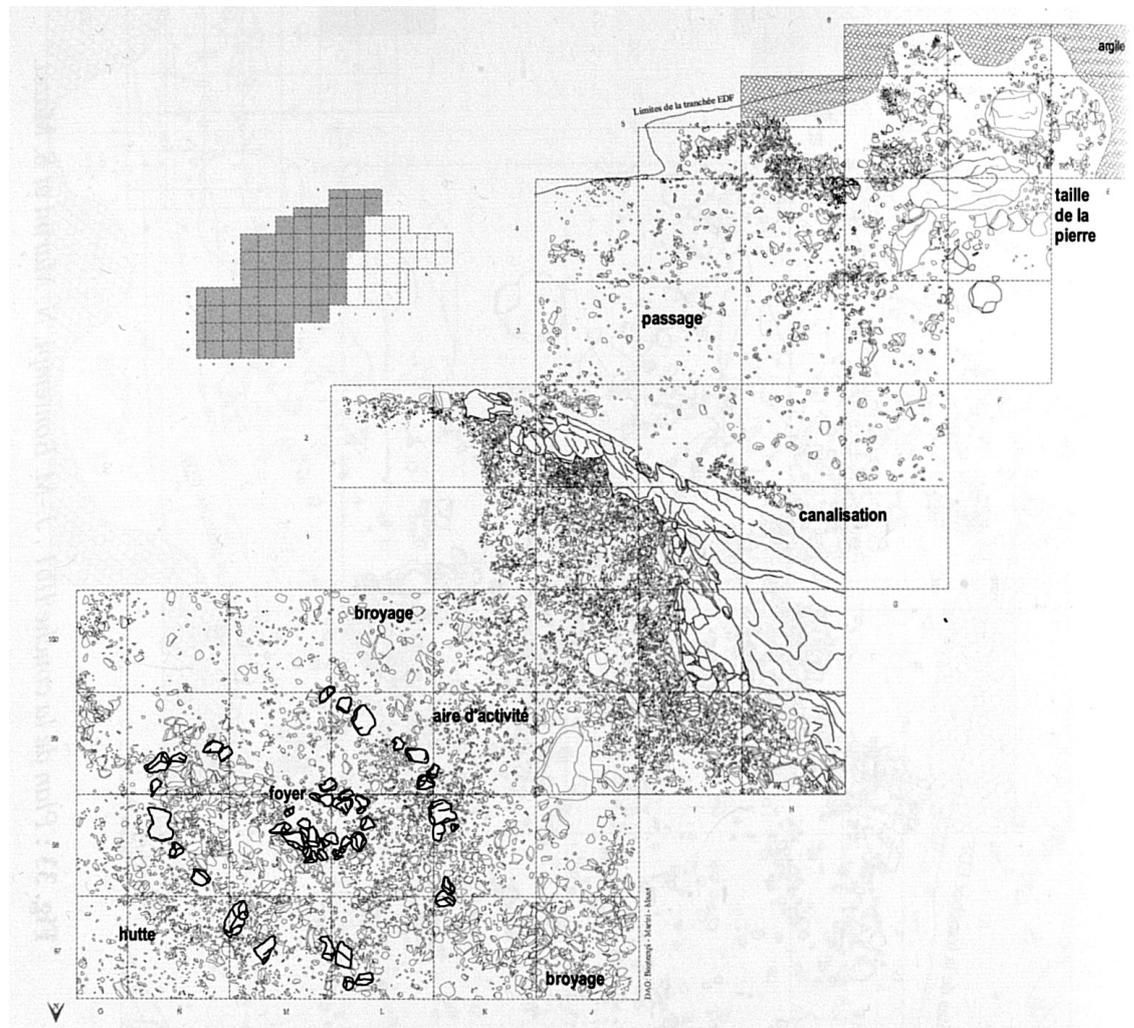


Figure 1. Plan d'ensemble du niveau IIb2.

4. LES DONNÉES PALYNOLOGIQUES

Les études palynologiques entreprises sur le chantier d'A Petra par Bui Thi Mai (Laboratoire de palynologie du Cepam-Cnrs- Université de Nice-Sophia Antipolis) permettent de déterminer l'environnement végétal du site d'A Petra au Néolithique Ancien. Les deux échantillons collectés dans le niveau IIb2 ont livrés de très nombreux pollens pour le premier, alors que le second a été altéré. (Bui Thi Mai 2010, 232-235).

Les arbres et les arbustes sont peu nombreux et essentiellement représentés par le pin (*Pinus sp.*) l'aulne, (*Alnus sp.*), le noisetier (*Corylus sp.*), le chêne blanc (*Quercus t. pubescens*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*). Certaines autres espèces sont aussi présentes mais en moins grand nombre : l'orme (*Ulmus sp.*), le tilleul (*Tilia sp.*), la vigne (*Vitis sp.*).

On notera aussi, que le chêne vert très présent aujourd'hui en Corse est quasiment absent à l'époque Néolithique sur le site d'A Petra.

Les données sur la strate herbacée révèlent qu'elle est composée de Graminées, de Composées ou Astérocées, de Chénopodiacées et des Ombellifères ou Apiacées. Les plantes cultivées sont abondantes (Céréales) mais elles sont mêlées à de mauvaises herbes tel que les Boraginées, les Caryophyllacées, les Fumariacées, les Rubiacées, les Crucifères etc.

On notera tout même la présence de la vigne sans pouvoir distinguer, à partir des pollens, si celle-ci était sauvage ou cultivée, en revanche, la présence de la fougère est quasi-nulle.

L'ensemble des données palynologiques permettent d'appréhender l'environnement végétal des néolithiques. Le paysage correspond à un paysage très

ouvert, avec quelques arbres de l'étage collinéen non méditerranéen.

La dégradation de la végétation est certainement due à l'emprise humaine. L'ouverture d'espaces dans les forêts a entraîné des bouleversements. Ces espaces étaient destinés à la culture (céréales et messicoles-compagnes), à des zones de prairies (graminées et composées) et la présence des Cichoriées associées aux plantains démontre le pacage d'animaux.

“La quasi-absence de rudérales, plantes favorisées par l'accumulation de déchets organiques et liées aux installations humaines, peut avoir deux origines: l'éloignement relatif du site des centres habités (villages) ou bien une fréquentation humaine assez brève du lieu.” (Bui Thi Mai 2010, 232-235).

Les données palynologiques recueillies dans les autres couches I, confirment celles de la couche IIb2. En effet, les arbres et arbustes sont peu représentés, on note des traces d'*Olea* et *Myrtus* en très faible quantité. La présence de champs céréaliers à proximité du site archéologique est confirmée par des messicoles-compagnes qui accompagnent habituellement les Céréales.

Ces analyses palynologiques sont un élément essentiel dans la réalisation de l'habitat préhistorique d'A Petra. Elles nous permettent de mieux connaître les essences utilisées à cette période pour la construction des huttes.

Nous nous sommes donc appuyés sur ces échantillonnages de la couche IIb2 pour réaliser la chaîne opératoire de la structure d'A Petra.

444

5. LA RECONSTITUTION EXPÉRIMENTALE

Avant de commencer le montage de la structure, une première étape de nettoyage et d'aplanissement du sol doit être réalisée, ce temps de nettoyage a eu une durée de 20 minutes. L'étape suivante consiste à tracer le pourtour de l'habitation de forme ovale et d'environ 6 m². D'après les données archéologiques le diamètre des piquets étaient de 9 à 10 cm et d'une hauteur d'environ 2.20 mètres.

Nous avons donc réalisé des trous de piquets de 25 cm de profondeur et de 15 à 20 cm de diamètre. Ceci afin que les piquets de la structure soient solidement enfoncés, cette opération a pris au total 45 minutes. D'après les études palynologiques, l'une des essences les plus représentées dans l'unité stratigraphique est le pin, nous avons donc choisi de réaliser les piquets de la structure dans cette essence (Bui Thi Mai 2010, 232-235).

Ils ont été disposés dans les trous puis calés avec de gros blocs permettant ainsi un bon maintien de la structure finale.

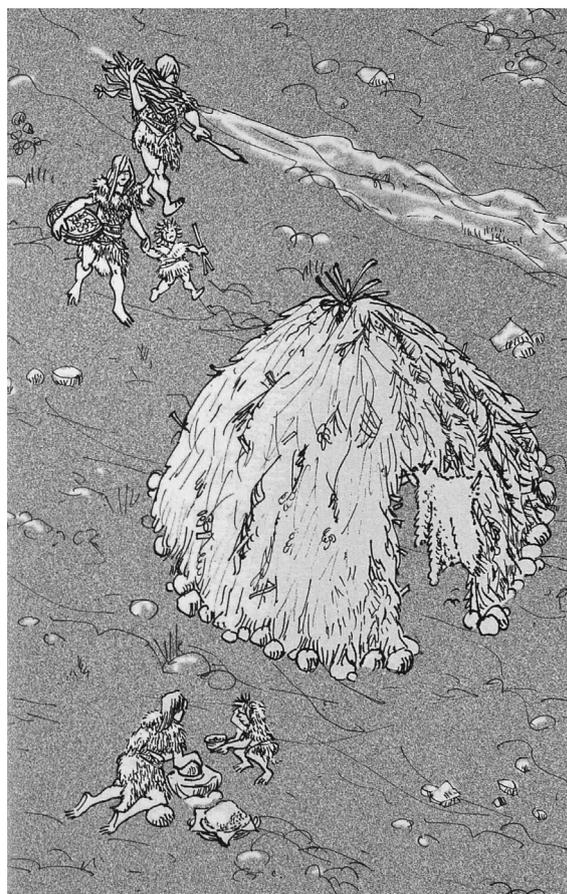


Figure 2. Restitution graphique de la structure du niveau IIb2. Dessin: Batti Manfrulli.

L'étape suivante consiste à réaliser le cerclage de la structure. Pour ce dernier nous avons opté pour des baguettes d'aulne d'environ 3 à 4 cm de diamètre et d'une longueur de 1.60 m. Cette espèce est elle aussi bien représentée dans les analyses palynologiques de la couche IIb2, de plus c'est un bois flexible et facile à travailler. Nous avons effectué plusieurs cerclages (au total: 7) à différentes hauteurs; le premier à environ 20 cm du sol les suivants espacés entre 30 et 40 cm jusqu'au dernier à environ 2 m de hauteur.

Les baguettes sont liées entre elles à l'aide de liens végétaux, nous nous sommes servis de cordelettes réalisées à partir d'écorce de tilleul. Le choix s'est porté sur cette essence en raison de sa représentation dans les analyses palynologiques du site d'A Petra. Le temps de travail pour cette étape a été de 4 heures,

Lors des fouilles, des blocs et des pierres de petites dimensions ont pu être mis au jour, délimitant ainsi l'aire occupée. On a donc un alignement de pierres qui concrétise le contour de l'habitat et qui auraient pu servir à fixer la structure ou le revêtement.



Figure 3. Mise en place de la structure.
Photographie: Nicolas Mattei.



Figure 5. Mise en place du revêtement végétal.
Photographie: Nicolas Mattei.



Figure 4. Sol en pierres de l'habitat.
Photographie: Nicolas Mattei.

A l'intérieur de la hutte nous avons réalisé, un sol de pierres de petites et moyennes dimensions attestant d'une volonté de recouvrir en partie le sol de l'habitat. Cet empiècement ne se retrouvait pas sur la totalité de la hutte, nous en avons donc réalisé qu'une partie. Le recouvrement de cette partie a pu se faire en 1h30, le foyer de forme quadrangulaire a été réalisé par la suite au centre de l'habitat.

Après la réalisation de la structure, la question du choix de la couverture s'est posée. D'après les études archéologiques opérées par le Professeur Weiss (Weiss 2010) cet habitat était considéré comme un habitat saisonnier printanier, réalisé en structures légères; de plus aucun élément de torchis n'a été découvert lors de la fouille de la couche IIb2. Par conséquent, si l'on prend en compte l'importance des pollens et notamment de certaines essences, on peut supposer que la couverture était constituée de branchages recouverts de végétaux (aulne, bruyère arborescente, noisetier...) localisés à proximité immédiate du site.

Les données archéologiques indiquent que l'entrée de la hutte avait une largeur de 90 à 100 cm et qu'elle avait été renforcée. En effet, les indications recueillies lors des fouilles démontrent que l'entrée se situait au Nord-ouest. Or, on a retrouvé un double alignement de pierre révélant une consolidation de la paroi ainsi que deux calages de piquets retrouvés à proximité de l'entrée laissant supposer un renforcement face aux vents dominants. Lors de la reconstitution de cet habitat nous sommes conformés aux données recueillies, nous avons donc renforcés l'entrée par deux piquets supplémentaires de 1.60m de hauteur.

En conclusion, cette première expérimentation d'une hutte du Néolithique Ancien, nous a permis d'appré-



Figure 6. Reconstitution de la structure du niveau IIb2.
Photographie: Nicolas Mattei.

hender de façon concrète les différentes étapes de construction d'un habitat.

446

Les temps de réalisation de chacune des étapes nous montre que l'assemblage de cette structure a été rapide. En effet, de la mise en place du sol (20mn) au recouvrement végétal de l'habitat, il n'a fallu qu'une seule journée de temps. On notera que le cerclage de la structure a été l'étape qui a pris le plus de temps lors de ce travail: environ 4 heures.

L'ensemble des données archéologiques ainsi que la phase d'expérimentation de cet habitat tend à nous démontrer que nous sommes donc en présence d'un habitat saisonnier (structure légère, temps de montage rapide...).

Ces premiers travaux de recherches nous ouvrent sur différentes perspectives de travail, notamment sur l'expérimentation d'autres structures du Néolithique Ancien (habitat du niveau IId du site d'A Petra) et du Néolithique moyen et final.

L'intérêt serait de réaliser les chaînes opératoires complètes de ces différentes structures afin de pouvoir établir une comparaison des différentes phases d'assemblages et de montages.

6. BIBLIOGRAPHIE

BUI THI MAI 1988, Quelques aspects de la flore néolithique révélés par l'analyse pollinique de deux sites

archéologiques de Balagne (la Pietra et Carcu) in M. C. Weiss (dir.), *Les temps anciens du peuplement de la Corse, la Balagne*, tome I, Université de Corse, 97-108.

BUI THI MAI 2010, Etude pollinique du sol d'habitat épicaudal IIb2 in M. C. Weiss (dir.), *Au VI e millénaire avant notre ère – A Petra, l'Île-Rousse – campagnes de fouilles (2003-2006)*, Albiana, Université de Corse, 232-235.

CESARI, J. 2009, Punta di Caniscione a Monaccia d'Ullene. Un établissement humain côtier de cent dix siècles face à la Sardaigne in J. Cesari et al. *Grandes découvertes de l'archéologie méditerranéenne (1959-2009)*, Actes Sud, Ministère de la Culture et de la Communication, 136-137.

CESARI, J. 2009, Vallée et plaine du Taravo, le berceau des sociétés corses – Basi (Serra-di-Ferro), Filittosa, Campo Stefano, I Calanchi-Sapar'Alta (Sollacaro) in J. Cesari et al, *Grandes découvertes de l'archéologie méditerranéenne (1959-2009)*, Actes Sud, Ministère de la Culture et de la Communication, 138-143.

CESARI, J. 2012, Le site de Campu Stefanu une occupation du Mésolithique et du Néolithique Ancien dans le contexte corso-sarde (Sollacaro), *Stantari Histoire naturelle et culturelle de la Corse 20 années de recherche sur la préhistoire récente* 29, 14-16.

DE LANFRANCHI, F., WEISS, M. C. (dir.) 1997, *L'aventure humaine préhistorique en Corse*, Albiana.

PASQUET, A., DEMOUCHE, F. 2012, La Punta di Caniscione (Monaccia-d'Aullène), *Stantari Histoire naturelle et culturelle de la Corse 20 années de recherche sur la préhistoire récente* 29, 8-9.

PECHE-QUILICHINI, K., PY, V., REGERT, M. 2010, Exploitation des matières premières végétales en contexte insulaire montagnard. L'exemple de l'habitat du premier âge du Fer de Cuciurpula (Serra-di-Scopamène et Sorbollano, Corse-du-Sud), in C. Delhon, I. Théry Parisot, S. Thiébault (ed.), *Des hommes et des plantes. Exploitation et gestion des ressources végétales de la Préhistoire à nos jours, Session Usages et symboliques des plantes, XXXe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (22-24 octobre 2009)*, Antibes, *Anthropobotanica* 01, 3-20.

WEISS, M. C. (dir.) 1988, *Les temps anciens du peuplement de la Corse, la Balagne*, tome I, Université de Corse.

WEISS, M. C. (dir.) 2010, *Au VI e millénaire avant notre ère – A Petra, l'Île-Rousse – campagnes de fouilles (2003-2006)*, Albiana, Université de Corse.

EXPERIMENT AND INDIRECT EVIDENCE (THE RECONSTRUCTION OF CHALCOLITHIC ARCHITECTURE)

Dragoș Gheorghiu*

La reconstrucció d'estructures d'hàbitat prehistòriques és probablement un dels temes, a causa de les múltiples variables que hi intervenen, més difícils en els que s'enfronta l'arqueologia experimental. Es pot identificar la forma i les dimensions de la planta de les construccions, els seus fonaments, el gruix de les parets, i algunes vegades, la dinàmica del seu col·lapse, però no es pot entendre la forma precisa de l'espai construït sense l'ús d'evidències indirectes. Aquesta és la raó per la qual l'experimentador ha d'utilitzar les dades basades en l'analogia, com les que ofereix l'etnografia, l'enginyeria estructural, la iconografia de les poblacions estudiades i els models en argila d'arquitectura en miniatura. El nostre treball presenta un cas d'estudi de la reconstrucció de les cases construïdes amb entramat i aplicació de fang en el 5è mil·lenni aC a la zona del Baix Danubi.

Reconstrucció de cases prehistòriques, Baix Danubi.

La reconstrucción de las viviendas prehistóricas es probablemente uno de los temas más difíciles de la arqueología experimental, debido a las múltiples variables que intervienen. Se puede identificar la forma y las dimensiones de la planta de las construcciones, sus cimientos, el espesor de las paredes, y algunas veces, la dinámica de su colapso, pero no se puede entender la forma precisa del espacio construido sin el uso de evidencias indirectas. Esta es la razón por la que el experimentador debe utilizar los datos basados en la analogía, como los ofrecidos por la etnografía, la ingeniería estructural y la iconografía de las poblaciones estudiadas, como los modelos en arcilla de arquitectura en miniatura, para reconstruir la forma de las construcciones o asentamientos. El trabajo presenta un caso de estudio de la reconstrucción de las casas construidas con entramado y revoque en el 5º milenio aC. en la zona del Bajo Danubio.

447

Reconstrucción viviendas prehistóricas, bajo Danubio.

1. INTRODUCTION

The reconstruction of prehistoric houses built of clay presents a series of methodological difficulties for the experimentalist, due to the scarcity of specific architectural traits left in the archaeological record, with the exception of the building plan. In this scenario a possible solution to understanding the methods of building and the general form of the architectural object, lies in the use of indirect evidence, with the help of analogical approaches.

This paper will present the approach taken to investigate the Chalcolithic wattle and daub architecture of the 5th millennium B.C. from South Eastern Europe (see Chapman 2010; Gheorghiu 2001; Bailey 2000), using indirect evidence. Some of the wattle and daub surface buildings of this period retained a small portion of their features due to an intentional ritual of destruction through fire (Stefanović 2002), but the information thus preserved was related mostly to the floor surface, or to the thickness of the crumbled walls.

* Doctoral School, National University of Arts, Bucharest, RO. gheorghiu_dragos@yahoo.com

The difficulty of experimentally reconstructing such architectural objects is due to the large set of variables involved in the process of the archaeological imagination, to cite only the following: the mechanical structure of the building, the image of the whole object (implying the volume and proportions of the built space), the positioning and dimensions of the voids (entrance and windows), or the decoration of the walls.

2. INDIRECT EVIDENCE

Faced with these difficulties, the experimentalist is compelled to use indirect approaches to overcome the invisible aspects of the archaeological record. I will begin the presentation of the indirect evidence needed to start a house reconstruction with the study on the statics of the construction.

Starting from the archaeological evidence of the voids left in the soil by the principal and auxiliary wooden posts, one can identify with accuracy the number and the diameter of the vertical structure of the building. The next step is the reconstruction the plaited structure of the wattle, which offers additional resistance to the building. Openings larger than three meters required a central post to support the transversal beams of the ceiling and subsequently the whole structure of the roof. This study of the statics of architecture, carried out on scaled model, used information from the history of traditional architecture and from building mechanics.

Working on the resulting model (from the above studies) facilitated the design of a basic structure for the roof, an architectural feature always invisible in the archaeological record.

At this level of the research I employed another indirect approach, i.e. ethnography. One can consider ethno-archaeology as a complementary tool for experimental archaeology, and use ethnographic data to create models of interpretation, and as a source of experimental research.

For the study of the wattle and daub architecture, ethnography is a valuable source of inspiration (see Balen 2010). Thus, I searched in the ethnography of the Lower Danube Area and northern Balkans the answer to some questions I believed to be important in understanding wattle and daub architecture, to cite only the shape and efficiency of the foundation trenches, or of the plaited vegetal material fixing the wooden posts.

A last indirect approach, but a very important one nonetheless, is the iconographic one. Fortunately in the South Eastern Chalcolithic there is a corpus of miniature clay models (see Todorova 1982; Done 1997), which display some of the architectural details missing in the

archaeological record, such as the proportions of the buildings, of the openings of the building, the shape and inner structure of the roofs, or the positioning of the decoration on some facades.

3. EXPERIMENTING WITH INDIRECT EVIDENCE

Taking into account these three indirect sources of information, I began the construction of a series of replicas of the Chalcolithic wattle and daub houses from the Late Boian – Gumelniţa traditions. The surface constructions emerging in the 5th millennium BC are characterized by a wattle and daub architecture, relatively robust compared with that of the Early Neolithic, and designed to counteract the adverse weather conditions of a temperate climate.

From the series of the building operations undertaken the remainder of the text will focus on the examples that used the indirect evidence approaches mentioned above.

A first Chalcolithic architectural element on which experiments were conducted was the foundation trench (Todorova 1982; Popovici/Rialland 1996-1997; Ursulescu/Tencariu 2010). The technique of digging trenches as foundations is still in use in the geographical area of the

448



Figure 1. Foundation trenches with wooden posts (Vădastra village, 2005)

Lower Danube, and the villagers with whom I worked to reconstruct the buildings employed it as an efficient way to dig for the purpose of fixing a row of posts in the ground. (Fig. 1) The experiments demonstrated the trench's V- or U-shape was the result of the simplest technological way to dig a groove.

To fix the wooden posts on the bottom of the trench, without any additional digging (visible in the archaeological record), another ethnographic method was employed: the thrust of the wooden posts in the wet soil (Gheorghiu 2010; Gheorghiu 2007). One or more persons slowly rotated the post, while another person slowly poured water at its base (Fig. 2)



Figure 2. Thrusting into the soil the central post with a movement of rotation (Vădastra village, 2005)

In this way the principal and secondary posts were firmly fixed into the ground without any supplementary digging. The addition of soil to fill the trench added an extra rigidity to the wooden structure of the house.

The following phase involved the calculation of the height of the house. In this instance the dimensions of the clay models available from the archaeological record (Fig. 3), and the vernacular architecture of the area where I worked (the south of Oltenia County), were the main sources of information.

The V-shape of some Chalcolithic architectural clay models' roofs, as well as the angle of those roofs, was viewed in relation with the design solution of crossed beams of the roofs of the traditional houses from Eastern Europe (see Oliver 1997, 1420 ff), designed to be thatched with grass or reed. All this indirect data was analyzed in a holistic approach that suggested the general form of the house.



Figure 3. Chalcolithic clay model of a house, Oltenia Museum.



Figure 4. Villager from Vădastra fixing the wooden structure with treads and acacia nails (Vădastra, 2003)

Wooden nails and ropes were used to fix the aerial part of the building (Fig. 4). The imprint of a rope binding on a fired piece of clay (Comća 1990) was another piece of indirect data used for the reconstruction. In time, the experiments demonstrated the efficiency of this way of fixing. After being covered with clay, the wood pieces fixed with wooden nails and hemp ropes lasted for a decade despite weathering and diverse human actions (Fig. 5).

The reconstruction of the decoration of the walls was realized by combining the data from the archaeological record with that from the architectural clay models, to identify the patterns and their position on the built surfaces (Fig. 6).



Figure 5. The threads fixtures after a decade of weathering (Vădastra village, 2012)



Figure 6. Wall decoration inspired from a clay model from Radingrad, Bulgaria.

450

4. CONCLUDING REMARKS

For the South Eastern Europe Chalcolithic period I am investigating, the only indirect evidence I discovered up so far is that mentioned in this text. In the present paper I tried to offer a methodology that could combine existing data and methods into an articulate approach to help the experimentalist.

By using the indirect evidence available from diverse types of approaches I tried to minimize the percentage of subjectivity inherent to every reconstruction experiment where a significant amount of data is missing.

I am fully aware that the shapes resulted from the experiments still integrate many subjective interpretations, but on the positive side by combining architectural studies, ethnography and iconography the approach allowed the experimental inclusion of multiple features which were generally ignored by previous experimental reconstructions of ancient houses.

Acknowledgements

The author wishes to express his thanks to the organizers of the Congress for the kind invitation to participate and to contribute with a paper, to the anonymous reviewer for useful comments, as well as to the team of experimentalists and to the people of Vădastra village who contributed to the project during an entire decade. Last, but not least, many thanks to Mr. Bogdan Căpruciu for the review of the English text.

The experiments described were funded by two CNC-SIS grants (Nos.1612 and 945) and by the Olt County Committee for Culture.

5. BIBLIOGRAPHY

BAILEY, D. 2000, *Balkan prehistory. Exclusion, incorporation and identity*, London and New York, Routledge.

BALEN, J. 2010, Building techniques during the Neolithic and Eneolithic in Eastern Slovenia, in D. Gheorghiu (ed.), *Neolithic and Chalcolithic architecture in Eurasia: Building techniques and spatial organization*, BAR International Series 2097, Oxford, Archaeopress, 55-62.

CHAPMAN, J. 2010, Houses, households, villages, and proto-cities in Southeastern Europe, in D. W. Anthony, J. Y. Chi (ed.), *The Lost World of Old Europe. The Danube Valley, 5000-3500 BC*, Princeton and Oxford, Princeton University Press, 75-89.

COMĂ, E. 1990, Complexul neolitic de la Radovanu, *Cultură și civilizație la Dunărea de Jos*, VII.

DONE, S. 1997, Modele de locuire și sanctuare eneolitice, *Cultură și civilizație la Dunărea de Jos* XV, 232-259.

GHEORGHIU, D. 2001, Southeastern European Late Chalcolithic, in P. N. Peregrine, M. Ember (ed.), *Encyclopedia of Prehistory* vol. 4, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, Kluwer Academic and Plenum Publishers, 367-380.

GHEORGHIU, D. 2007, Material, spațiu, simbol. Note despre tehnologia de construcție și deconstrucție a locuințelor Chalcolitice din sud-estul Europei, *Anuarul Muzeului Etnografic al Transilvaniei*, Cluj-Napoca, 364-377.

GHEORGHIU, D. 2010, The technology of building in Chalcolithic Southeastern Europe, in D. Gheorghiu (ed.), *Neolithic and Chalcolithic architecture in Eurasia: Building techniques and spatial organization*, BAR International Series 2097, Oxford, Archaeopress, 95-100.

OLIVER, P. (ed.) 1997, *Encyclopedia of vernacular architecture of the world*, Cambridge, Cambridge University Press.

POPOVICI, D., RIALLAND, Y. 1996-1997, *Vivre au bord du Danube il y a 6500 ans* [cat.], Saint Jean de la Ruelle.

STEVANOVIŞ, M. 2002. Burned Houses in the Neolithic of Southeastern Europe, in D. Gheorghiu (ed.), *Fire in Archaeology*, BAR International Series 1098, Oxford, Archaeopress, 55–62.

TODOROVA, H. 1982, *Kupferzeitliche Siedlungen in Nordostbulgarien*, München, C.H. Beck.

URSULESCU, N., TENCARIU, A. F. 2010, New data regarding the architecture of the Precucuteni culture buildings, in D. Gheorghiu (ed.), *Neolithic and Chalcolithic architecture in Eurasia: Building techniques and spatial organization*, BAR International Series 2097, Oxford, Archaeopress, 101-109.

CÁMARAS DE COCCIÓN MÓVILES DE LA EDAD DEL HIERRO DEL NO PENINSULAR: UNA PROPUESTA DE RECONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL

Josefa Rey Castiñeira* Andrés Teira Brión* Nuria Calo Ramos*
Javier Rodríguez Corral* Tomás López González**

En diversos jaciments de l'edat del Ferro del nord-oest de la Península Ibèrica s'han recuperat restes d'estructures de fang cuit i fons perforat que han estat objecte de diverses interpretacions. Atesa una nova interpretació d'elements d'aquest tipus del castro de Castrovite, es presenta un estudi d'una de les cambres de combustió més completes, apareguda en Castromao, i que ha suposat un primer pas per repensar aspectes de la seva manufactura i funcionalitat. Les diferents perspectives establertes a través de la combinació de les anàlisis arqueomètriques, la reconstrucció experimental i la revisió de dades arqueològiques i etnogràfiques, han possibilitat establir preguntes i respostes en una reflexió en què ha participat un terrissaire de la ceràmica tradicional de Gundivós (Sober, Lugo)

Edat del Ferro, nord-oest ibèric, càmeres de cocción, ceràmica.

The remains of baked clay structures with perforated bases have been found on several Iron Age sites in NW Iberia, with various interpretations as to their function. Following a new typological attribution of examples from the hillfort of Castrovite, a study is presented of one of the most complete combustion chambers from the site of Castromao, marking a first step to rethinking aspects of its production and functionality. The different perspectives provided by a combination of archaeometric analysis, experimental reconstruction, and the revision of archaeological and ethnographic data, as well as the participation of a traditional potter from Gundivós (Sober, Lugo), has made it possible to pose questions and formulate answers in a reflection on this phenomenon.

Iron Age, NW Iberia, baked clay structures, pottery.

453

1. INTRODUCCIÓN

Esta experimentación surge de la identificación de fragmentos de hornos en el castro de Castrovite, dentro de un estudio arqueológico integral de las actividades de producción reconocidas a través de las evidencias recuperadas en la excavación de 1986 (Rey *et al.* 2011). A través de ella se pretende investigar la funcionalidad de estos hornos, la mayoría correspondientes a diferentes momentos de la Edad del Hierro del NO Ibérico, entre el siglo VIII a.C. al I d.C., y en dos casos en yacimientos romanos. Apenas conocemos contextos de uso, pues suelen aparecer amortizados en rellenos o en derrum-

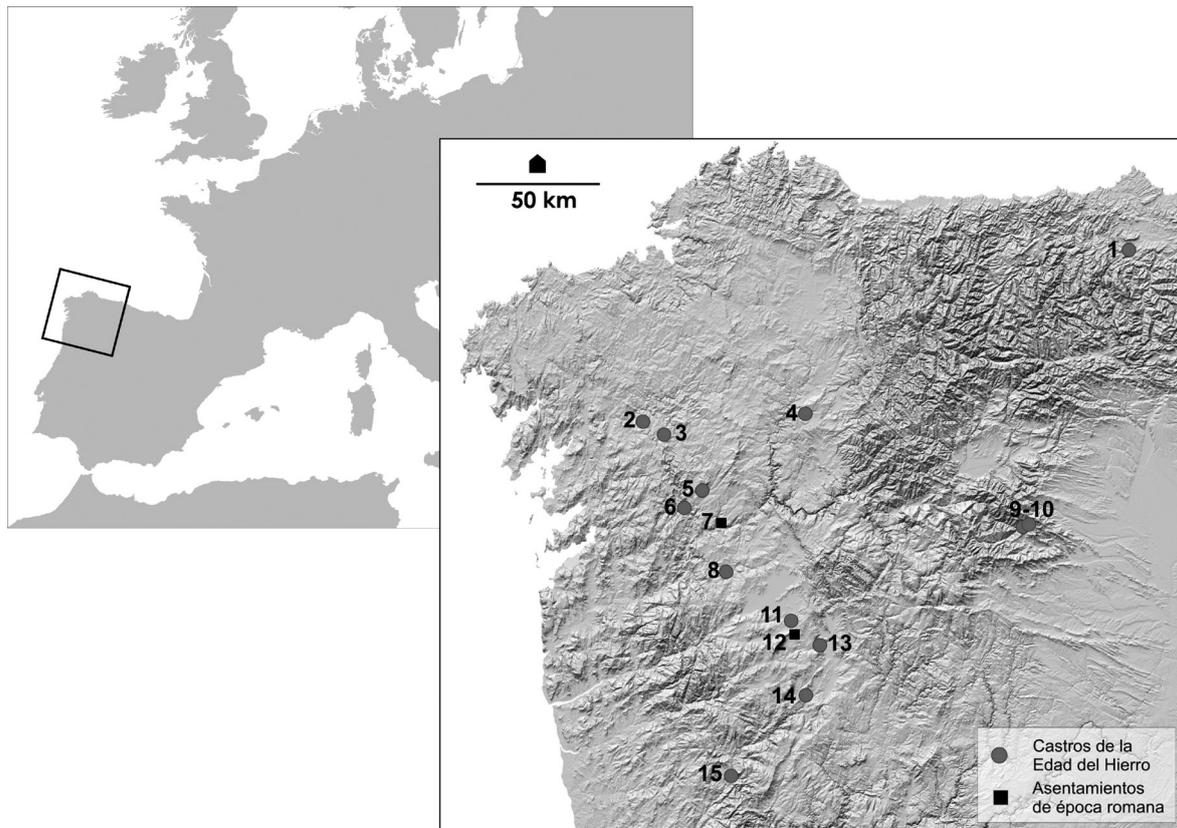
bes. Los únicos hallazgos *in situ* son en territorio astur, en el Castro y en la Corona de Corporales (Fernández/Sánchez 1988; Sánchez/Fernández 1985) donde aparecen dentro del interior de varias construcciones, que podría haber actuado como cámara de combustión (Fig. 1).

2. LA CONFIGURACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

La configuración de esta experimentación incluye planos de actuación muy diversos, tanto en las activida-

* Grupo de Estudos para a Prehistoria do NW Ibérico. Dep. de Historia I. Universidade de Santiago de Compostela.

** Fígulus. *Olería* tradicional de Gundivós.



454

Figura. 1 Hornos y fragmentos de Hornos Castromao en el NW. 1) Llagú. 2) Castrovite. 3) Piñeiro. 4) Barán. 5) Coto do Mosteiro. 6) Cameixa. 7) As Pereiras. 8) Castromao. 9) Castro de Corporales. 10) Corona de Corporales. 11) Novás. 12) Santa Marta de Lucenza. 13) Medeiros. 14) Muro da Pastoria. 15) Crastoeiro.

des realizadas como en el personal involucrado, dentro de un diseño en cierto modo poliédrico. La ejecución estuvo en manos de un alfarero (Tomás López) de la tradición de Gundivós, en la que aún se practica el modelado a torno bajo y la cocción en horno de leña. Su participación fue más allá de tutelar el experimento y atender a las cuestiones formuladas por arqueólogos. Tras el primer contacto se convirtió en parte activa e interesada en el proyecto. Proporcionó sus lecturas sobre el uso y la manufactura de las piezas arqueológicas y encauzó el ensayo con su visión de artesano.

Parte del desarrollo se ha encuadrado en las actividades de la asignatura de Tecnologías Protohistóricas de la licenciatura de Historia. La integración parcial del experimento como un recurso didáctico puso de manifiesto cambios de ritmos de la puesta en escena, en la ejecución y también en el lenguaje empleado en los diálogos según fuesen los integrantes de la actividad.

El registro de todo el proceso se ha realizado en soporte audiovisual y por profesionales¹. La grabación cons-

tante con dos cámaras ha convertido al vídeo en una herramienta de trabajo de doble dirección. Por un lado en el registro de información, aquel que proporcionaba la imagen y el audio de las conversaciones grabadas y las reflexiones en alto por parte del alfarero. Por otro, la posibilidad de convertirse en un recurso didáctico en sí mismo en un futuro.

Desde el punto de vista arqueológico el experimento goza de diversos intereses, tantos como investigadores implicados. Están en marcha la realización de varios análisis: la determinación de pastas y temperaturas alcanzadas, el análisis de los residuos de uso, y la caracterización de combustibles, ya que todas las vías de ensayo, empezando por su propia manufactura, implican la acción del fuego. Así mismo, está el deseo último de ensayar su uso e intentar responder a la pregunta de qué significaría dentro de la actividad alfarera o en el procesado y preparación de productos alimentarios. Es por ello que este proyecto sólo se concibe en el largo recorrido, que va más allá del problema aquí pre-

1.- <http://maraproducciones.es>

sentado de su manufactura, con tiempos de ejecución distanciados e involucrados en marcos diversos.

3. LA OBSERVACIÓN DE LOS DATOS

El horno (u hornos) de Castromao, el más reconstruido y el único decorado, fue pronto un espejo interpretativo de los hallazgos en el Noroeste desde su aparición. A través de él podemos resumir ciertas características más o menos comunes a los ejemplos conservados más completos. Se trata de cámaras de cocción de

dos piezas independientes y exentas: una parrilla y una campana. La parrilla es circular, entre 60-68 cm de diámetro, 2,5-7 cm de grosor y una altura entre los 20 a 36 cm, jalonada -no siempre- por un número variable perforaciones de sección ligeramente cónica y rebabas al exterior producto de su manufactura (2,5- 6 cm de diámetro) que parecen no reproducirse en una cuerda de la circunferencia. La superficie externa del fondo contiene abundantes improntas de helechos (posiblemente *Pteridium aquilinum*) y a menudo señales de haber sido expuesta al fuego. No conservamos campanas, sólo su reconstrucción hipotética y la identificación

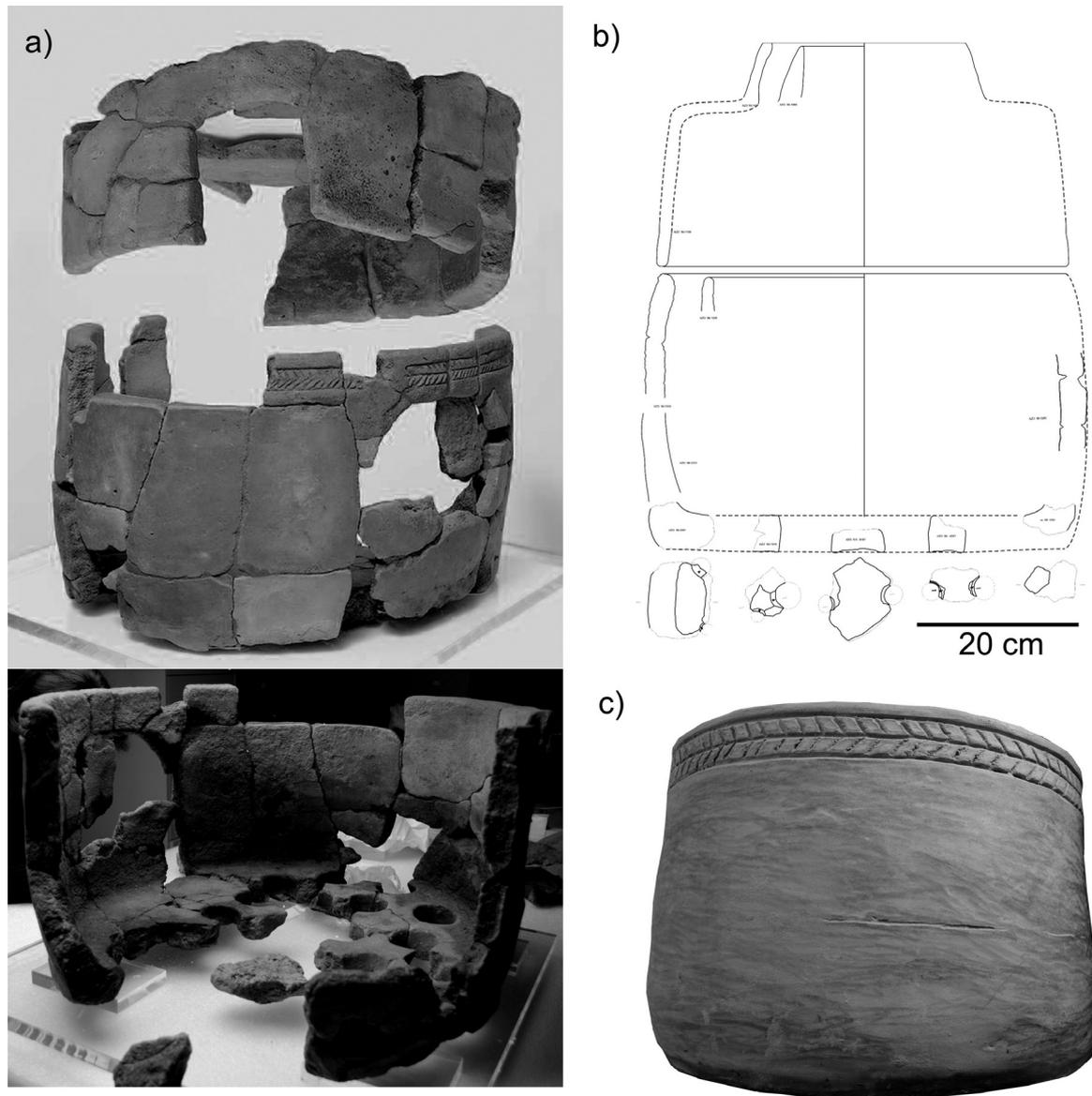


Figura. 2 a) Horno y parrilla inferior de Castromao. b) Reconstrucción de la posición de fragmentos de varios hornos de Castrovite. c) Réplica experimental (Horno 1).

de fragmentos de chimenea en Castrovite y en Barán que ocuparían posiblemente una posición central en la estructura (Fig. 2).

Las formas de las fracturas de las paredes sugieren que su fabricación pudo hacerse con la técnica de placas y/o churros. Las pastas contienen desgrasantes gruesos de formación natural propias de un barro sin tamizar y en algún caso (los menos) la inclusión de desgrasantes de origen vegetal. El tratamiento exterior de la superficie es muy desigual, desde los habituales acabados toscos a cuidados.

La opinión más corriente en la bibliografía arqueológica concibe al horno de Castromao como una cámara completa (García 1971; Fariña 2001), pero consideramos que se trataría más bien de dos parrillas independientes. El diámetro de ambas -57 y 61 cm- coincide lo necesario como para poder ser ensambladas. No obstante la supuesta cubierta debería no combarse hacia adentro, y si las colocamos según la reconstrucción habitual, la huella del fuego aparece en los extremos opuestos de cada parte, tanto al exterior como al interior cuando debería proyectarse hacia arriba, en un mismo sentido.

4. LA EXPERIMENTACIÓN REALIZADA

456

La previsión inicial de una parrilla se convirtió finalmente en dos por imposición del propio alfarero para corregir errores: el desequilibrio de grosor en las paredes y un mal control del secado. Esta circunstancia se aprovechó para ensayar otras opciones en la manufactura y tener una mejor percepción del comportamiento general de la estructura. Las diferencias más significativas son en la composición del barro, el acabado, la técnica empleada y en el soporte utilizado: el Horno 1 (H1) se realiza sobre una plataforma estática, el Horno 2 (H2) en el plato de un torno bajo y empleando el principio de rotación.

Se gastaron alrededor de 70 o 80 kg de barro húmedo en cada parrilla de 60 cm de diámetro y 35 cm de altura, con un grosor de 5 cm en la base y 3,5 cm en la pared. En el Horno 1 fue una mezcla de 90% de barro de gran consistencia compuesto de micas, feldespatos y cuarzo (*faragullán*), y un 10% de barro muy plástico, con más caolín (*correúdo*). Ambos barros muy curtidos (podridos), siete años el primero y doce años al menos el segundo. El Horno 2 fue sólo *faragullán*, más grueso, con mucho desgrasante natural (mica), y menos trabajado -dos años de curtido-. Aunque el barro empleado presenta diferencias respecto al de los restos arqueológicos se eligió el *faragullán*, por ser el barro local en

Gundivós, a criterio del alfarero, con más cualidades para emplearse en cacharros grandes y el de mejores propiedades refractarias.

Para la elaboración de las bases se utilizaron planchas de barro amasadas y estiradas sobre un soporte rígido, previamente espolvoreado con ceniza², descartando la idea de un amasado en el suelo para un mejor transporte. Los dos hornos se situaron sobre una cama de helechos para intentar reproducir las habituales improntas en la parte exterior inferior de las parrillas.

En este trabajo se suceden muchos *gestos técnicos*, algunos de ellos también en las paredes (Fig. 3 y 4):

- Comprime y distribuye el barro palmeando en diferentes sentidos y direcciones, con el puño, con el canto y con la palma de la mano, con brazo y mano a la vez..
- Arrastra, reparte y estira el barro con la mano y con el dedo índice doblado.
- Regulariza y arranca el barro sobrante con el lado más largo y recto de una *pitela* de madera con forma de triángulo escaleno.
- Aplica y extiende cachos de barro en los huecos que aún quedan.
- Controla el grosor de la base clavando alguna vez la *pitela*.
- Corrige el grosor del primero aplicando churros (*cirillotes*) enrollados del exterior hacia adentro, que se estiran y se sueldan con los gestos mencionados.

El perímetro en el Horno 1 se dibuja con la *pitela* tomando la distancia mediante una cuerda desde el centro. En el Horno 2 la forma la define desde un principio el plato del torno. El gesto final es rebajar con el lado corto de la *pitela* un tramo del perímetro para asentar la pared.

Las paredes se levantan con churros enrollados, aún así, en el Horno 1 se intercalan hiladas de placas con el fin de observar en el futuro diferencias en el comportamiento de las roturas. Según el alfarero la fragmentación reticulada de muchos originales podría ser una marca de uso provocada por choques térmicos y no marcas de factura.

Cada churro es una porción de barro compuesta por tres "pellizcados" en *a bola do barro*. Son dos veces las manos llenas. Tres o cuatro churros por hilada. Lo hace con las dos manos en suspensión o sobre una mesa. Lo acuesta sobre el antebrazo, lo aplica con el índice y pulgar, lo comprime y lo estira. La otra mano contrarresta el empuje al exterior. Una vez colocado, se regulariza el grosor, se estira y comprime el churro con los dedos pulgar e índice, con el puño, con el paño y la *pitela*, en todas las direcciones. Los gestos son más regulares y rápidos en el Horno 2 pues la

2.- No tenemos constancia de que se utilizase ceniza en los paralelos arqueológicos. En todo caso decidimos respetar este paso propio de la alfarería de Gundivós.

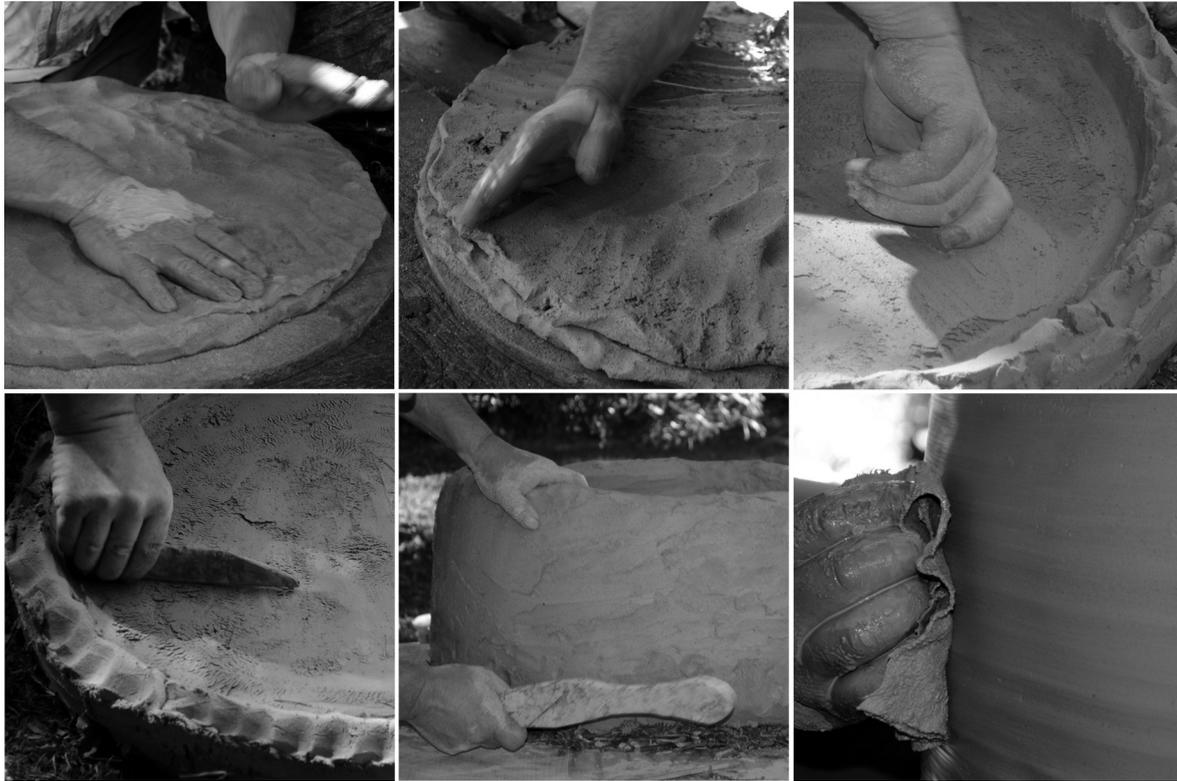


Figura. 3 Varios de los gestos técnicos empleados.

rotación del torno facilita el estirado y regularización de la pared.

En el H1 corrige el grosor aplicando churros por dentro desde la base hacia arriba. Una vez se alcanza la altura deseada siega el borde con una cuerda, lo raspa con la *pitela*, lo repasa con las manos y lo suaviza con un paño mojado, presionando con las yemas de los pulgares encima y los índices doblados por los laterales, configurando una sección recta y horizontal con un ligero reborde por ambas caras.

En la elaboración de los *orificios* se taladra desde el interior con el ángulo mediano de la *pitela*. La cama de helechos facilita la factura en el primero y el empuje ejercido sobre el barro se refleja en la aparición de rebordes exteriores. Mientras, en el segundo, con una cama muy reducida, fue preciso matar la punta de una *pitela* para conseguir una sección troncocónica.

En el *tratamiento de la superficie* las paredes se repasan con el lado recto de la *pitela* y se frotan con un paño húmedo.

La *decoración* de espiga se encuadra en tres líneas paralelas. En el Horno 1 se hacen con la horquilla de una rama, girando alrededor del horno. Una punta hace de guía y la otra traza el surco. En el primer trazo se usa

de referencia el borde, en el segundo la primera línea y en el tercero la segunda. En el Horno 2 –sobre torno– se utiliza la punta de una *pitela*. El giro a determinada velocidad y el buen pulso hacen las paralelas. Para el espigado se utilizan trazos cortos, de la primera línea al centro y del centro a la inferior. El primer contacto rasga y arranca barro, con el palo o la *pitela*. El segundo define mejor la sección y elimina rebabas. El tercer contacto ensancha y regulariza con la *pitela* cubierta con un paño húmedo. En el último paso lo redondea y suaviza con una esquina doblada del paño (Fig. 4).

En el Horno 2 se finaliza el acabado en este paso, pues el tipo de barro empleado es “*suave al tacto y no necesitará bruñido*”. El Horno 1 recibe un *bruñido* con una piedra pasados unos días, en el momento que adquiere la dureza necesaria.

Uno de los momentos más delicados del proceso es el *secado*. La precaución de un curado uniforme se tiene ya durante la manufactura, pues las corrientes de aire por muy leves que sean secan el barro y lo contraen. Por este motivo de vez en cuando es preciso girar el horno y arreglar alguna grieta que se comience a formar. Con el barro ya amasado se trabaja con dos grados de saturación de humedad: el más seco para



458

Figura. 4 Secuencia de elaboración de las parrillas. Imágenes combinadas de H1 y H2.

el fondo y el más húmedo en las paredes. Cada dos, tres hiladas establece un intervalo de tiempo para que el barro adquiera consistencia y poder seguir subiendo. En las piezas grandes para reducir al mínimo el riesgo de contracción el control de la humedad cobra aún más importancia.

Durante el secado ambos hornos se agrietaron en el interior de las paredes y en el fondo por lo que fue necesaria su reparación. Las grietas se lograron retraer y curar en el H2 pero persistieron en el H1 que también sufrió un abombamiento. La desproporción entre el grosor del fondo y las paredes exigía un secado diverso para que las partes finas, más rápidas en secar no tiraran de lo más húmedo. Otra razón importante radicó en los hehechos,

que no fueron desprendidos y mantuvieron más tiempo la humedad en la base de la parrilla.

5. LA COCCIÓN Y EL USO. TEMAS PENDIENTES

Las reconstrucciones experimentales conocidas –cuatro- para este tipo de hornos se realizaron en Francia, siempre como horno de cerámica (Andrieux 1976; Garidel inédito; Journées de la Céramique 1994) y teniendo como modelo al horno de Sévrier (Bocquet/Couren 1976). Los resultados han sido positivos, alcanzando temperaturas en el interior entre los 475 a 950°C que posibilitaron la transformación de la arcilla.

Los análisis de Difracción de Rayos X que hemos efectuado sobre las dos piezas del Horno de Castromao, y sobre diez fragmentos de la parrilla, las paredes y la chimenea de Castrovite establecen una valoración sobre la temperatura a la que fueron sometidas. Las analíticas muestran la ausencia de caolinita, por lo tanto todos superaron o se aproximaron a los 550°C. La ausencia de elementos de neoformación como el dióxido, derivado de la exposición de la tremolita a altas temperaturas, unido a la presencia de mica moscovita son indicadores de que no se superarían los 1.050°C a los que desaparece este tipo de mica que forma parte de la arcilla utilizada. Sin embargo la ausencia casi total de moscovita en el fondo de las parrillas apunta que tal vez éstas fueron sometidas a procesos largos de calentamiento o a temperaturas próximas a los 1.000°C. Este rango de temperaturas coincide con las alcanzadas en las reproducciones experimentales francesas.

Los argumentos sobre su funcionalidad son diversos: horno de cerámica para una producción artesanal o doméstica (García 1971; Bocquet/Couren 1976; Álvarez 1993; Aboal/Cobas 1999), fogón de cocina (Sánchez/Fernández 1985) o secadero de alimentos (López/Lorenzo 1986) y también hornos metalúrgicos a raíz de su asociación con alguna escoria (Fariña 2001; Berrocal *et al.* 2002). Sin embargo no parece muy probable interpretarlas para la metalurgia³. Su morfología no es apta para reducción, aunque sí para fundir pero con condiciones demasiado oxigenantes y un tamaño exagerado para los crisoles usados en la *cultura castrexa*. Resulta extraño que no presenten gotas de fundición, que sería habitual aunque se utilizasen crisoles y el metal no estuviese en contacto. Ésto sólo ocurre en un fragmento del castro de Llagú (Berrocal *et al.* 2002) del que carecemos de más información que su dibujo, lo que no nos permite valorarlo adecuadamente.

Las hipótesis sobre su funcionalidad para la preparación de alimentos o como horno cerámico pueden ser complementarias (Gascó 2002). Esta es la idea que convence al criterio de Tomás, como alfarero: *"Podría servir para cocer cerámica. Dentro se pueden obtener las calidades de Castrovite y de la cerámica Miño, pero como algo complementario a una cocción más amplia"*. Desde su perspectiva actual incumple condiciones básicas en la rentabilidad de energía: *"Una parrilla tan cuidada y decorada y tan bien conservada permanecería al aire libre, usada de esta manera gran parte de la temperatura se pierde y tampoco su grosor -3,5-6 cm- contribuye a retenerla"*. En algunas de las reconstrucciones experimentales para paliar esta pérdida de calor el horno se cubrió parcialmente de tierra. Por lo tanto estamos, a priori, trabajando sobre

la hipótesis de un morfotipo que bien podría presentar diversos usos.

6. LA FORMULACIÓN DE LA COCCIÓN

El siguiente paso a dar es la planificación de un ensayo para la cocción cerámica aún por realizar. A diferencia de las anteriores experimentaciones en los que horno y cerámica se cocieron a la vez, las réplicas serán cocidas previamente. Es probable que estas estructuras tan pesadas se cocieran en el mismo sitio en donde se hicieron y posiblemente algunas durante su utilización.

Las parrillas de Castromao y Castrovite nos ofrecen dos opciones con premisas desiguales. Castromao se enmarca dentro de la alfarería Miño, retratada por formas selectas que definen un nivel de producción más allá del autoconsumo. Sus piezas son vajilla de calidad en castros del área septentrional y compiten con las producciones del área de las Rías Baixas en los mercados próximos. La cuestión que surge es conocer si realmente este es su modo de cocer habitual o si es ocasional. Aceptando la primera hipótesis estimamos que serían necesarios 20-25 kilos de barro húmedo para llenar una hornada hipotética de 20-25 vasijas de formas características de esta tradición alfarera. Por ejemplo: 6 recipientes *Forca*, 5 *Tipo Castromao*, 7 del tipo *Cameixa* y dos fuentes tipo *Miño*. En la colocación se busca aprovechar el espacio para que no rompan las vasijas, no haya deformaciones y por supuesto se cuezan. Las vasijas grandes abajo y las pequeñas se utilizan para rellenar huecos. El horno debe estar compactado para retener el fuego y que no escape a sus anchas, que circule por los espacios entre las piezas. Queda recubrir la carga bien con un segundo cuerpo o con fragmentos cerámicos (Fig. 5).

Para el caso de Castrovite (Rey *et al.* 2011) contamos con otras variables. Tenemos recuentos totales de su evidencia cerámica y su reparto en el tiempo, pero en cambio carecemos de reconstrucciones completas para calcular volúmenes y planificar hornadas. También es diferente el tipo de producción, la del Hierro I sobre todo, pensada para autoconsumo, con el detalle añadido de que en la segunda Edad del Hierro adquieren cerámicas del Miño como un producto de lujo. La opción más atractiva, para ilustrar el ensayo en este segundo castro es calcular las hornadas, cuantas suceden por año. Partimos de la cantidad de vasijas calculada en 55 m², y la extrapolamos al total del yacimiento. Aún tratándose de una muestra poco representativa, el cálculo aproximado de cada hornada, estimando una carga de 20 vasijas entre 1,5 y 2,5 litros –las capacidades más

3.- Comentario personal de Beatriz Comendador.

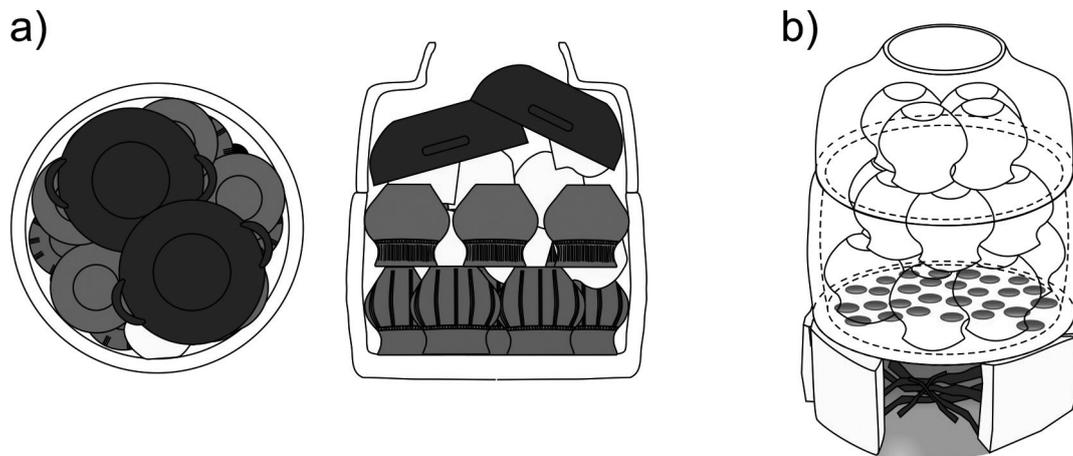


Figura. 5 a) Reconstrucción hipotética de una hornada según tipologías cerámicas del área del Miño. b) Recreación del funcionamiento de un Horno Castromao

habituales-, dividido entre los 800 años de pervivencia del castro, arroja de siete a once hornadas al año suponiendo que toda la cerámica, excluida la del Miño, se cociese en él (Fig. 6).

vía de trabajo interesante que requiere del ensayo de nuevas variables para su interpretación.

460

	Vasijas en 55 m ²	Proyección vasijas 10.000 m ²	Proyección total hornadas (800 años)	Hornadas por año
NMA	1019	185.272,72	9263,63	11,57
NMI	645	117.272,72	5863,63	7,32

Figura. 6 Estimación de un número posible de hornadas por año en Castrovite.

7. CONCLUSIÓN

Una vez finalizada esta parte de la manufactura, establecemos que el Horno 1, realizado sobre un soporte fijo, presenta características de factura más próximas a los paralelos arqueológicos que el Horno 2, mucho más regular y con ciertos estigmas propios del torno que no hemos observado hasta ahora en los restos estudiados. Otras características deberán ser cotejadas una vez se cuezan, como el acabado de la superficie, o al romperse para averiguar si las roturas reticuladas pueden originarse por una levantamiento de la pared mediante placas o por churros.

Con respecto a la cocción resulta atractivo ver el doble sentido que se va desarrollando entre el paralelo etnográfico y la evidencia arqueológica. Cierto que aún es muy especulativo hablar del ritmo o del número total de hornadas, pero el abrir estas cuestiones en los procesos productivos de la alfarería castrexa constituye una

8. BIBLIOGRAFÍA

- ABOAL FERNÁNDEZ, R., COBAS FERNÁNDEZ, I. 1999, *La Arqueología en la Gasificación de Galicia 10: Sondeos en el Yacimiento Romano-Medieval de As Peireiras*, Traballos en Arqueoloxía da Paisaxe, Santiago de Compostela.
- ÁLVAREZ NÚÑEZ, A. 1993, Castro de Barán 91: Informe de la primera intervención arqueológica, *Boletín do Museo Provincial de Lugo* 5, 153-178.
- ANDRIEUX, P. 1976, Essai d'un four de potier reconstitué du type de Sévrier (Bronze final), *Études Préhistoriques* 13, 37-40.
- BERROCAL-RANGEL, L., MARTÍNEZ SECO, P., RUIZ TRIVIÑO, C. 2002, *El Castiellu de Llagú (Latores, Oviedo): un castro astur en los orígenes de Oviedo*, Madrid, Real Academia de la Historia.
- BOCQUET, A. 1976, Les civilisations de l'Age du Bronze dans les Alpes, *La Préhistoire Française* 2, 452-458.
- BOCQUET, A., COUREN, J. P. 1974, Le four de potier de Sévrier. Haute-Savoie (Age du Bronze Final), *Études Préhistoriques* 9 (juin), 1-6.
- FARIÑA BUSTO, F. 2001, *Forno Cerámico. Castromao. Celanova. Peza do Mes (marzo 2001)*, Museo Arqueológico Provincial de Ourense.
- FERNÁNDEZ-POSSE, M. D., SÁNCHEZ-PALENCIA, F. J. 1988, *La Corona y el Castro de Corporales II. Campaña de 1983 y prospecciones en La Valdería y La Ca-*

brera (León), Ministerio de Cultura, Junta de Castilla y León.

GARCÍA ROLLÁN, M. 1971, Memoria de la excavación arqueológica de Castromao (Caeliobriga), *Archivo Español de Arqueología* 44 (123-124), 175-211.

GARIDEL, Y. 1994, *Les structures de cuisson á sole perforée*, Documento inédito.

GASCÓ, J. 2002, Structures de combustion et préparation des végétaux de la Préhistoire récente et de la Protohistoire en France méditerranéenne, *Civilisations* 49, *Pain, fours et foyers des temps passés*, 285-309.

LÓPEZ CUEVILLAS, F., LORENZO FERNÁNDEZ, X. 1986, *Castro de Cameixa. Campañas 1944-1946*, Arqueoloxía/Memorias 1, Xunta de Galicia.

REY CASTIÑEIRA, J., MARTIN SEIJO, M., TEIRA BRIÓN, A., ABAD VIDAL, E., CALO RAMOS, N., CARBALLO ARCEO, X., COMENDADOR REY, B., PICÓN PLATAS, I., VARELA MONTES, A. M. 2011, "CastroBYTE": un modelo para a xestión da información arqueolóxica, *Gallaecia* 30, 67-106.

SÁNCHEZ-PALENCIA, F. J., FERNÁNDEZ-POSSE, M. D. 1985, *La Corona y El Castro de Corporales I. Truchas (León). Campañas de 1978 a 1981*, Ministerio de Cultura.

JOURNÉES DE LA CÉRAMIQUE (1994)
<http://ceramique.chez.com/sevrier3.htm>

LA POLICROMÍA EN LAS TERRACOTAS ARQUITECTÓNICAS PROCEDENTES DE LA HISPANIA ROMANA: CONCLUSIONES SOBRE LOS TRABAJOS DE EXPERIMENTACIÓN ARQUEOLÓGICA

María Luisa Ramos*

Es descriuen dues de les tècniques pictòriques més utilitzades a l'antiguitat per al seu ús en exteriors: la policromia a l'encàustica i la policromia al tremp amb caseïna. S'experimenta amb les dues tècniques sobre reproduccions de terracotes arquitectòniques (antefixes) d'època romana. S'observa que la policromia al tremp ofereix més avantatges i és més longeva que a l'encàustica, tot i que no podem oferir dades conclouents respecte al seu ús a la Península Ibèrica.

Policromia, terracotes, encàustica, temple amb caseïna.

We describe two of the most widely used painting techniques in ancient times for outdoor use: the polychrome encaustic and casein tempera. Is experienced with both techniques on architectural terracotta reproductions (antefixes) from Roman times.

It is observed that the polychrome tempera offers more advantages and is more long-lived in encaustic, but we can not provide conclusive data regarding its use in the Iberian Peninsula.

Polychrome, terracotta, encaustic, casein tempera.

463

1. INTRODUCCIÓN

En la Hispania romana muchas fueron las terracotas arquitectónicas empleadas para engrandecer los edificios de carácter público o privado. Lo que en un principio tenía un carácter apotropáico de protección, luego se fue convirtiendo en un mero adorno, utilizado también en la arquitectura doméstica (Ramos 2008, 779). Su cronología se establece, para la mayoría de las terracotas, en torno a los ss. I a.C. al s. II d.C.

En sus orígenes estas piezas tenían un valor simbólico, representando a divinidades y monstruos fantásticos. Pero en época augustea algunos de estos símbolos cambiaron su significado en favor de un meditado pro-

grama de propaganda imperial, asociados al culto del emperador, como es el caso de los trípodés y candelabros hallados en la Villa romana del Vilarenc en Calafell (Dupré/Revilla 1991), asociados al culto del dios Apolo, al que Octaviano estaba ligado en su programa ideológico (Zanker 1992, 216-220).

La palabra de origen italiano *Terracotta* (tierra cocida), hace alusión a un conjunto de piezas elaboradas con arcilla y cocidas a diversas temperaturas, no llegando a superar los 900 °C. El proceso de manufactura era estandarizado, empleándose para ello el uso de moldes, aunque también tenemos algunos pocos ejemplares elaborados a mano, que son casos rarísimos (Ramos/Fuentes 1998, 35, fig. 52).

* Profesora Titular de Arqueología de la Universidad de Cantabria.

En la arquitectura romana existían diversos tipos de terracotas (lastras, simas, acroteras, gárgolas...) siendo las más difundidas en Hispania las antefijas, palabra procedente del latín *antefixium* = *ante* + *figere*, cuyo significado era el de fijar o poner delante. Las antefijas se colocaban delante de la primera hilera de ímbrices o tejas curvas, al objeto de clausurar dicha zona y evitar que penetraran humedades o anidaran pájaros. En su mayoría las terracotas hispanas son productos locales, aunque existen algunos ejemplos de piezas importadas de la Península Itálica (Ramos 1996, 148-149).

2. LA POLICROMÍA

La característica común a todas las terracotas es que iban policromadas y que se utilizaron colores no ceramizados, es decir, colores que no se fijaron mediante cocción a la superficie de la terracota, si no que fueron empleadas en frío. Las terracotas analizadas en el área hispana no conservan los colores originales, salvo algunos restos de pintura roja, en el caso de una antefija procedente de Toledo (Ramos/Fuentes 1998, 52, fig. 85); sin embargo en piezas provenientes de la metrópoli romana, han aparecido algunas piezas con restos de una variada policromía (Anselmino 1977). En la antigüedad existían dos tipos de policromía para elementos que tuvieran que estar a la intemperie: la policromía a la encáustica y la policromía al temple con caseína.

En ambos casos las terracotas se preparaban con un fondo blanco realizado con una lechada de cal, lo que ofrecía la ventaja de dar mayor luminosidad a los colores empleados. La cal se mezclaba con óxido de plomo para acentuar su tono blanco. Los análisis químico-mineralógicos realizados en más de trescientos ejemplares procedentes de la Tarraconense así nos lo demuestran (Vigil/Ramos/García 1993).

2.1. POLICROMÍA A LA ENCÁUSTICA

La policromía a la encáustica fue descrita por Plinio (H.N, XXXV, 45), como una técnica sólida y muy empleada en decoraciones al aire libre. Ésta consistía en mezclar los pigmentos minerales con cera de abeja y grasa animal.

Descripción de la técnica

En primer lugar se calienta la cera de abeja, los recipientes utilizados deben ser esmaltados o estañados, para evitar que se oxiden al contacto con la cera fundida. Cuando ésta ha alcanzado su punto de fusión, en torno a los 62° C, se le añaden los pigmentos minerales reducidos a polvo. Los pigmentos empleados han sido: el rojo, procedente del óxido de hierro, el blanco, de polvo de zinc y el negro, de huesos calcinados.

La cera y los pigmentos han de removerse constantemente hasta que se aglutinen. Para permitir que la masa no espese demasiado y tenga fluidez se le añade la grasa animal (en una proporción del 10%). Su empleo se hacía para evitar que la cera se enfriara y pudieran aplicarse los colores a la superficie cerámica, sin el inconveniente de que quedarán adheridos al pincel, debido a un enfriamiento rápido de la misma. Por el contrario si se añade más cantidad de grasa, la pintura podría tardar mucho en secar, pudiendo descolgarse el encausto.

Hay que tener precaución con el empleo de la cera, no es recomendable que tenga más de un año de antigüedad, o de lo contrario adquirirá una tonalidad amarilloparda, lo que influirá en la tonalidad de los colores.

Experimentación

En el año 2004 hicimos la reconstrucción de un tejado romano, para lo que preparamos más de una decena de antefijas policromadas con encausto. En el 2007 la policromía empezó a alterarse sufriendo agrietamientos y desconchones (Fig. 1), año y medio después no quedaban restos de la pintura.

En el 2009 repetimos el experimento, en esta ocasión no se bizcochó (horneado a baja temperatura, a 350° C) la capa de cal, para observar si esta variable aportaba mayor o menor grado de durabilidad a la policromía a la encáustica. Los resultados fueron muy semejantes. En 2010 las antefijas comenzaron a tener alteraciones en la superficie cerámica se apreciaron pequeños desconchones y grietas. En 2011 la pintura arrastró la capa de cal, dejando al descubierto en algunas zonas el núcleo de cerámica.

Por tanto ha quedado demostrado que este tipo de policromía fue una técnica ineficaz para ser utilizada sobre las terracotas arquitectónicas, ya que evidentemente no sería práctico tener que cambiar las antefijas en tan corto espacio de tiempo.



Figura 1. Antefijas con policromía a la encáustica, pasados tres años desde su colocación a la intemperie en Santander.

2.2. POLICROMÍA AL TEMPLE CON CASEÍNA

La policromía al temple con caseína es descrita en las Fuentes Antiguas como una técnica eficaz para ser usada en exteriores (Pedrola 1998, 137). Tiene una serie de características que la hacen diferente: es una técnica muy resistente al agua (no es hidrosoluble), muy estable y de gran poder adhesivo, lo que facilita su aplicación sobre todo tipo de superficies irregulares. Además tiene una gran intensidad luminosa.

Descripción de la técnica

La pintura al temple se obtiene de mezclar los pigmentos molidos, de origen mineral y orgánico con agua y cola. Esta operación se llama “templar los colores”, de ahí la denominación de pintura al temple. En la pintura al temple con caseína eran utilizados los pigmentos mezclados con agua y caseína (*caseus*, “queso”) como aglutinante. La caseína se obtiene del requesón de la leche. Al ser insoluble es muy resistencia a los agentes atmosféricos.

Experimentación

Se preparó una lechada de cal que sirvió de aglutinante para fijar los colores y se mezclaron conjuntamente con la caseína (Fig. 2). Fue necesario emplear la cal apagada como emulsionante ya que la caseína por sí misma es insoluble en agua. Por cada 100 gramos de requesón fueron añadidos 20 gramos de cal apagada, de esta forma se obtuvo el caseinato cálcico. Después la masa se diluyó en agua de cal para poder ser empleada.

En el 2009 se prepararon 12 antefijas: la mitad con masa de cal mezclada con caseína fresca (partiendo de la leche desnatada) y la otra parte mezclada con caseína seca (partiendo del requesón). Luego las piezas se dejaron secar por espacio de dos días. Transcurrido dicho tiempo la masa quedó perfectamente integrada en la terracota, por lo que no fue necesario darle otra mano (Fig. 3).



Figura 2. Aplicación de la técnica pictórica del temple con caseína.



Figura 3. Antefijas con policromía al temple con caseína, pasados tres años desde su colocación a la intemperie en Santander.

Los pigmentos minerales que se emplearon fueron los mismos que en el caso de la policromía a la encáustica. La aplicación de la pintura hubo que darla con cuidado, ya que la mezcla de los pigmentos con la caseína y la masa de cal quedó muy diluida y goteaba. Se les dio una sola mano, no había la posibilidad de repasar o de lo contrario levantábamos la película aplicada previamente. Por último se dejó que el color fraguase sobre la superficie de la terracota por espacio de 15 días, antes de ponerlas a la intemperie (Ramos 2010, 282-284).

Seis de las antefijas realizadas fueron colocadas en Santander, localidad de clima atemperado y de un grado de pluviosidad muy alto (clima de costa) (Fig. 4). Y las otras seis en Juliobriga (Retortillo) donde llueve menos y hace más frío (clima de montaña) (Fig. 5). En el 2011 las antefijas al temple empezaron a perder su policromía. Pero se conservan mejor que las realizadas al encausto, a pesar de perder la intensidad de sus colores.



Figura 4. Antefijas con policromía a la encáustica y al temple con caseína dispuestas en el exterior de una terraza en Santander.



Figura 5. Antefijas con policromía al temple con caseína en la domus de Juliobriga (Retortillo, Cantabria).

3. CONCLUSIONES

Finalizada la experimentación arqueológica sobre la policromía en la antigüedad, podemos sacar una serie de conclusiones. En ambos casos las piezas reciben un fondo blanco mediante una lechada de cal, que en la pintura a la encáustica se hará previamente, pudiendo bizcocharse o no, para que se fije mejor a la superficie cerámica (la presencia de fundentes en algunas piezas así lo acredita). Y en el caso de la pintura al temple con caseína, la lechada no se hornea y se mezcla con los propios pigmentos minerales. Otra de las diferencias, es que en la primera los colores se aplican en caliente y en la segunda, en frío.

En ambos casos se requiere un elaborado proceso de realización, aunque a la hora de aplicar la pintura el temple, resulta más simple que la encáustica. La primera es una técnica apropiada para las terracotas, cuya superficie irregular es compleja de pintar. Mientras que la segunda requiere ir más despacio, resultando ser más eficaz sobre la superficie lisa de las paredes.

La longevidad estas policromías es muy similar, a partir del tercer año comienzan estropearse. En la encáustica los colores permanecen con la misma luminosidad del 1er día, pero al deteriorarse, caen arrastrando la capa de cal. En la pintura al temple los colores se aclaran, pero la masa de cal está firmemente adherida a la superficie de la antefija.

En lo que se refiere a las antefijas colocadas en el clima de costa, respecto a las de montaña, su proceso

de deterioro ha sido muy similar, salvo el caso de las terracotas realizadas al temple y más expuestas al sol, porque se han decolorado mucho antes que el resto. En todas ellas, tanto daño ha hecho el frío y calor intenso, como la lluvia o el granizo.

Así pues podemos concluir diciendo, que la policromía a la encáustica era una técnica de uso improbable en terracotas arquitectónicas, mientras que la policromía al temple pudo haber sido una técnica de uso común, pero alcanzando un grado de mayor de saturación de los pigmentos minerales.

4. BIBLIOGRAFÍA

ANSELMINO, A. 1977, *Terrecotte architettoniche dell'Antiquarium Comunale di Roma: Antefisse*, Roma, X Ripartizione Antichità, Belle Arti e Problemi della Cultura.

DUPRÉ, X., REVILLA, V. 1991, Lastras Campana en Tarraco (Hispania Citerior) y su territorio, *Madrid Mitteilungen* 32, 117-141.

PEDROLA, A., 1998, *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*, Barcelona, Ariel.

RAMOS, M. L., VIGIL, R., LACAL, M., ALCEGA, M. 2010, Arqueología experimental en las termas romanas de San Juan de Maliaño (Camargo, Cantabria-España), in L.G. Lagóstena, J. L. Cañizar, L. Pons (ed.), *Aquam. Perdvendam.Cvrvavit. Captación, uso y administración del agua en las ciudades de la Bética y el Occidente Romano*, Universidad de Cádiz, Cádiz, 271-285.

RAMOS, M. L. 2008, Terracotas y elementos de coplastia, in D. Bernal, A. Ribera (ed.), *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Cádiz, Rei Cretariae Romanae Fautores, 775-785.

RAMOS, M. L., FUENTES, L. 1998, *Arqueología experimental: la manufactura de terracotas en época romana*, BAR International Series 736, Oxford.

RAMOS, M. L. 1996, *Las terracotas arquitectónicas en la Hispania romana: La Tarraconense*, Madrid, UAM.

VIGIL, R., RAMOS, M. L., GARCÍA, R. 1993, Estudio mineralógico y químico de terracotas en época romana en la Tarraconense in X. Dupré (coord.), *La ciudad en el mundo romano, XIV Congreso Internacional de Arqueología Clásica*, Tarragona, 430-431.

ZANKER, P. 1992, *Augusto y el poder de las imágenes*, Madrid, Alianza Editorial.

LA CADENA TÉCNICO-OPERATIVA DEL ALFAR DE LAS COGOTAS (CARDEÑOSA, ÁVILA): LA CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL DE UN HORNO CERÁMICO DE LA II EDAD DEL HIERRO

Juan Jesús Padilla Fernández* Raquel Jiménez Pasalodos**
Carlos García Benito*** Linda Chapon****

Tot i que la ceràmica constitueix l'element de cultura material més representatiu en les excavacions de la II Edat del Ferro, desconeixem pràcticament del tot la tecnologia emprada en la seva manufactura. Els treballs arqueològics en la terrisseria del jaciment de les Cogotas ha posat al descobert una àrea de treball especialitzada en la producció de ceràmica a torn. Evitant una simple interpretació dels objectes i amb la intenció de reconstruir la cadena tècnica operativa, hem recorregut a l'etnoarqueologia i l'arqueologia experimental. Aquest procés ens ha permès obtenir conclusions òptimes sobre el paper i la funció social del terrisser a la Hispània preromana; a més de presentar les investigacions realitzades sobre la darrera fase del procés, la cocció.

II Edat del Ferro, les Cogotas, ceràmica, cadena operativa, cocció.

Even though the pottery can be considered the more representative archaeological remain in the Second Iron Age digs we are practically unaware of the technology used for his manufacture. The archaeological works fulfilled in the site of Las Cogotas had permitted the discovering of a specialized pottery production work area where the potter's wheel technique was used. Avoiding a mere interpretation of the objects and in order to reconstitute the chaîne technico-operative, we had recourse to the Etnoarchaeology and the Experimental Archaeology, obtaining optimal conclusions about the potter role and social function in the Pre-Roman Hispania. Also, in this paper, we present the final process phase research, the firing.

II Iron Age, Las Cogotas, pottery, chaîne technico-operative, firing.

467

1. INTRODUCCIÓN

Las excavaciones realizadas en el yacimiento de Las Cogotas (Fig. 1) con motivo de la construcción de una presa que afectaba a su integridad, documentaron el único complejo alfarero constatado con seguridad a día de hoy en el ámbito asociado a la cultura vettona. Los trabajos arqueológicos iniciados en la campaña de 1987 corroboraron las sospechas creadas en campañas anteriores al rescatar los primeros vestigios de las estructuras denominadas más tarde como 1, 2 y 3 (Salas 2008).

La finalización del proyecto de investigación dirigido por Gonzalo Ruiz Zapatero trajo consigo la visualización, junto a la muralla del segundo recinto, de un área de trabajo especializada en la producción de cerámica a torno, perfectamente compartimentada y con una extensión superior a los 300 m².

La concepción de estas entidades arqueológicas, y dentro de ellas la cultura material, no como entes aislados, sino como formas producidas por la acción social y, por tanto, sólo comprensibles en relación al contexto cultural en el que se engloban, ha planteado la necesidad de reconstruir la totalidad del proceso productivo

* Universidad de Granada. jjpadillafernandez@correo.ugr.es

** Universidad de Valladolid. raquel.jimenez@uva.es

*** Universidad de Zaragoza. cgb@unizar.es

**** Universidad de Granada. lindachapon2002@hotmail.com

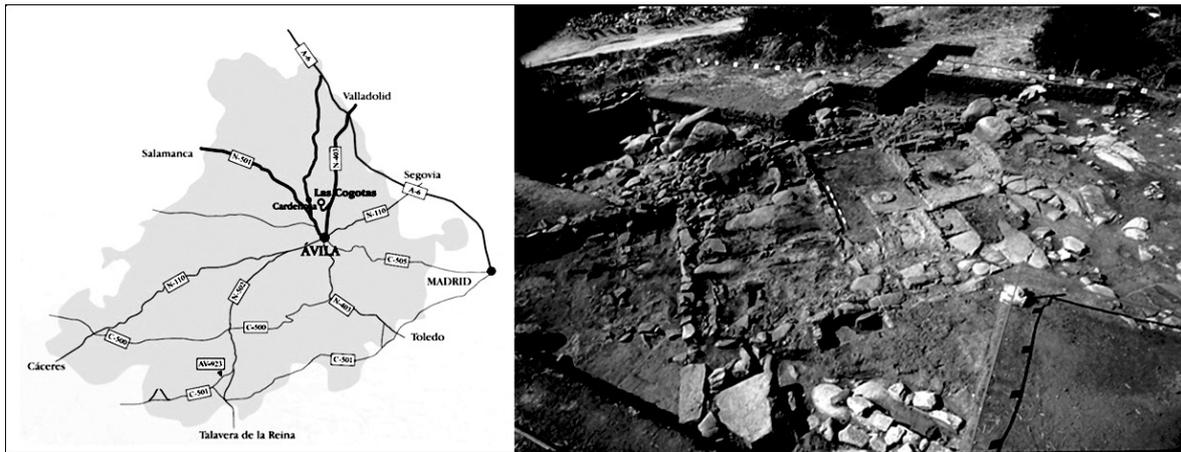


Figura 1. (Izquierda) Emplazamiento del yacimiento de Las Cogotas (Cardenosa, Ávila) (Ruiz Entrecanales 2005). (Derecha) Vista panorámica del Alfar de Las Cogotas (Cardenosa, Ávila) (Padilla Fernández 2011).

puesto en práctica en este alfar, centrando un interés especial en su última fase, la Cocción. Interpretando las evidencias de tipo arqueológico y teniendo en cuenta las limitaciones a las que nos enfrentamos, hemos llevado a cabo la construcción experimental de un horno cerámico característico de la II Edad del Hierro en la Península Ibérica, con el objetivo de indagar en la complejidad inherente del periodo de cochura y demostrar el grado elevado de conocimientos técnicos especializados de aquellos alfareros que produjeron piezas hace más de dos mil años.

El lugar escogido para llevar a cabo nuestro experimento ha sido el alfar jienense de Bartolomé y Antonio Padilla Herrera, junto con la colaboración de Antonio Miguel Troyano Merino. Estos tres artesanos Bailenenses aún perpetúan y fomentan el oficio milenario, resistiendo al fuerte desafío de la Postmodernidad (Hernando Gonzalo 2006).

2. LA EVIDENCIA ARQUEOLÓGICA

Como se encargaba de señalar García Heras (1999), los estudios sobre tecnología cerámica de la II Edad del Hierro en la Península Ibérica no han hecho otra cosa que empezar, razón por la cual se erigen en un reto para la investigación. No obstante, a lo largo de los últimos años hemos asistido a toda una revolución en todo lo relacionado con el estudio de los centros productores cerámicos. Concretamente, en nuestro ámbito de estudio meseteño, la documentación de diversos talleres (Izana, Roa, Coca, Padilla/Pesquera de Duero o Las Cogotas) permite suponer una actividad común en los centros de población del Valle del Duero a finales de la Edad del Hierro (García Heras 1994, 148; Sacristán de Lama 1986, 155-156; Blanco García 1992, 121; Escudero Navarro/Sanz Mínguez 1993; Ruiz Zapatero/Álvarez Sanchís 1995).

Lamentablemente, los trabajos arqueológicos desarrollados en el alfar de Las Cogotas no fueron capaces de encontrar indicios de estructuras que guardaran relación con los posibles hornos de cocción utilizados. No obstante, gracias a las características propias de la cultura material registrada, la recomposición etnográfica del proceso de cocción y la asociación de diversos espacios debidamente documentados con éste, somos capaces de establecer hipótesis en relación a su probable tipología y ubicación.

El hallazgo de producciones cerámicas a torno de cocciones oxidantes y desgrasantes finos, con bordes exvasados y fondos en umbo, perfiles en S y carenados y decoraciones de baquetones y pintura con motivos geométricos, demuestra que la tecnología del alfar de Las Cogotas es similar a la de los centros alfareros excavados en áreas colindantes. Del mismo modo que la cerámica a torno fabricada por las comunidades celtíberas e ibéricas, las cerámicas vettonas pertenecen a la categoría de terracotas no vitrificadas, cocidas aproximadamente entre 500 y 850-900°C, una esfera térmica lo suficientemente práctica para producir piezas cerámicas de buena calidad que han perdurado miles de años sin demasiados problemas de conservación (García Heras 2005, 359).

La introducción del torno rápido trajo consigo la construcción de estructuras de combustión complejas, tales como hornos de doble cámara de tiro vertical o llama libre, permitiendo la ejecución de cocciones independientes, unas en atmósfera oxidante y otras en atmósfera reductora. Asimismo, la presencia de una cámara de combustión separada de la cámara de cocción, por medio de una parrilla perforada, favorecía un dominio efectivo de las tres fases en las que se encuentra dividida la cochura: el precalentamiento, la cocción en sí misma y el enfriamiento posterior (Sempere 1992, 155-

169). Descartamos por tanto, el empleo de hornos de una sola cámara, que aunque alcanzan perfectamente los 800°C, la temperatura suficiente para producir tanto las cerámicas finas como las más toscas (Escudero Navarro 1999, 251-253), los productos finales no alcanzan el mismo grado de perfección.

3. LA CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL

El interés por conocer el cómo para interpretar el por qué y el significado social de la producción cerámica en el alfar de Las Cogotas, ha incentivado la construcción experimental de un horno cerámico de la II Edad del Hierro. Poniendo en práctica un concepto de Etnoarqueología complejo, en el que incluimos estudios de cultura material contemporánea, revisiones etnográficas y etnológicas, así como análisis arqueológicos experimentales, hemos sido capaces de erigir con éxito una estructura de combustión de doble cámara y tiro vertical, correspondiente al tipo B6 dentro de la tipología ideada por Coll Conesa (2000), precisamente por ser el más común en el ámbito meseteño a partir del s. III a.C. No obstante, la propia construcción motivaría a *posteriori* un cambio de orientación en nuestro planteamiento inicial.

En lo referente a sus dimensiones, 3,6 m de altura x 2 m de diámetro (1,5 m de superficie real), no seguimos ningún patrón determinado, debido a que nuestro estudio no pretendía hacer una representación a escala, sino estudiar la complejidad y conocimientos técnicos implícitos en la edificación y el uso de una estructura de tales características (Fig. 2).

3.1. LA MANUFACTURA DE ADOBES

Recurriendo tanto a la Etnografía como a la Arqueología logramos entender la estrecha vinculación de los alfareros con la manufactura del adobe. El uso de barro mezclado con paja trillada para realizar elementos estructurales se remonta a miles de años, permaneciendo asombrosamente invariable a lo largo del tiempo. Ya representada iconográficamente en el antiguo Egipto, la producción de adobes ha sido tradicionalmente tarea de artesanos alfareros.

La estructura 6 del alfar de Las Cogotas, en la que pudieron ser documentados una serie de adobes paralelepípedos, alineados y paralelos dos a dos, de dimensiones idénticas (40x20x10 cm), se constituye como la prueba inequívoca de que la actividad productiva del centro productor no se veía únicamente reducida a la fabricación de recipientes cerámicos, destinándose también

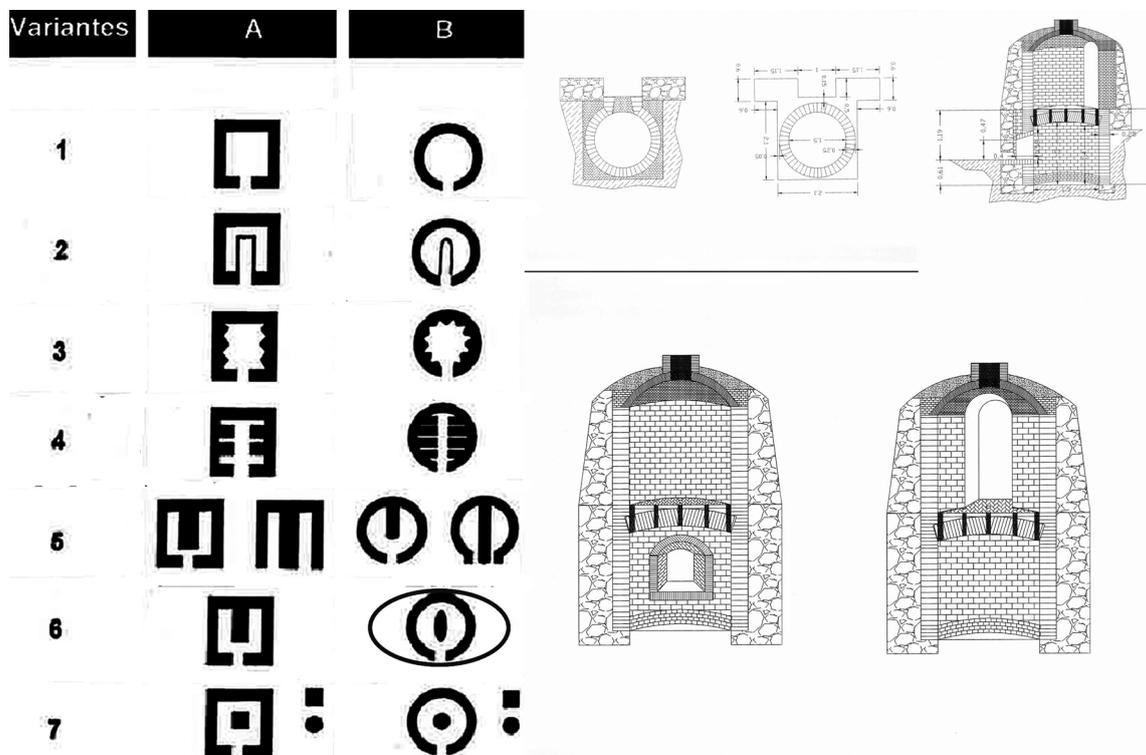


Figura 2. (Izquierda) Tipología básica de las cámaras de combustión de los hornos de la Hispania Prerromana (Coll Conesa 2000). (Derecha) Planimetrías correspondientes al horno experimental: Planta, Alzado y secciones transversales (Ilustración Autor).

esfuerzos en la elaboración reglada y estandarizada de materiales constructivos empleados en la arquitectura de los castros y *oppida* (Álvarez Sanchís 1999, 156). Haciendo uso de adoberas, elaboramos a mano 7850 adobes, todos ellos utilizados en el levantamiento de la estructura de combustión. Así, 5500 adobes, de dimensiones mayores (40x20x10 cm), fueron diseñados para subir las paredes que conforman las dos cámaras

del horno. Los 2350 adobes restantes, de dimensiones menores (30x15x5 cm), se destinaron para construir la parrilla y la cubierta permanente. Finalmente, 2450 fueron cocidos anteriormente en una covacha excavada en el suelo que fue tapada con trozos de piezas cerámicas defectuosas. El empleo de materiales cocidos se convierte en una cuestión vital para garantizar el éxito de la construcción (Fig. 3).

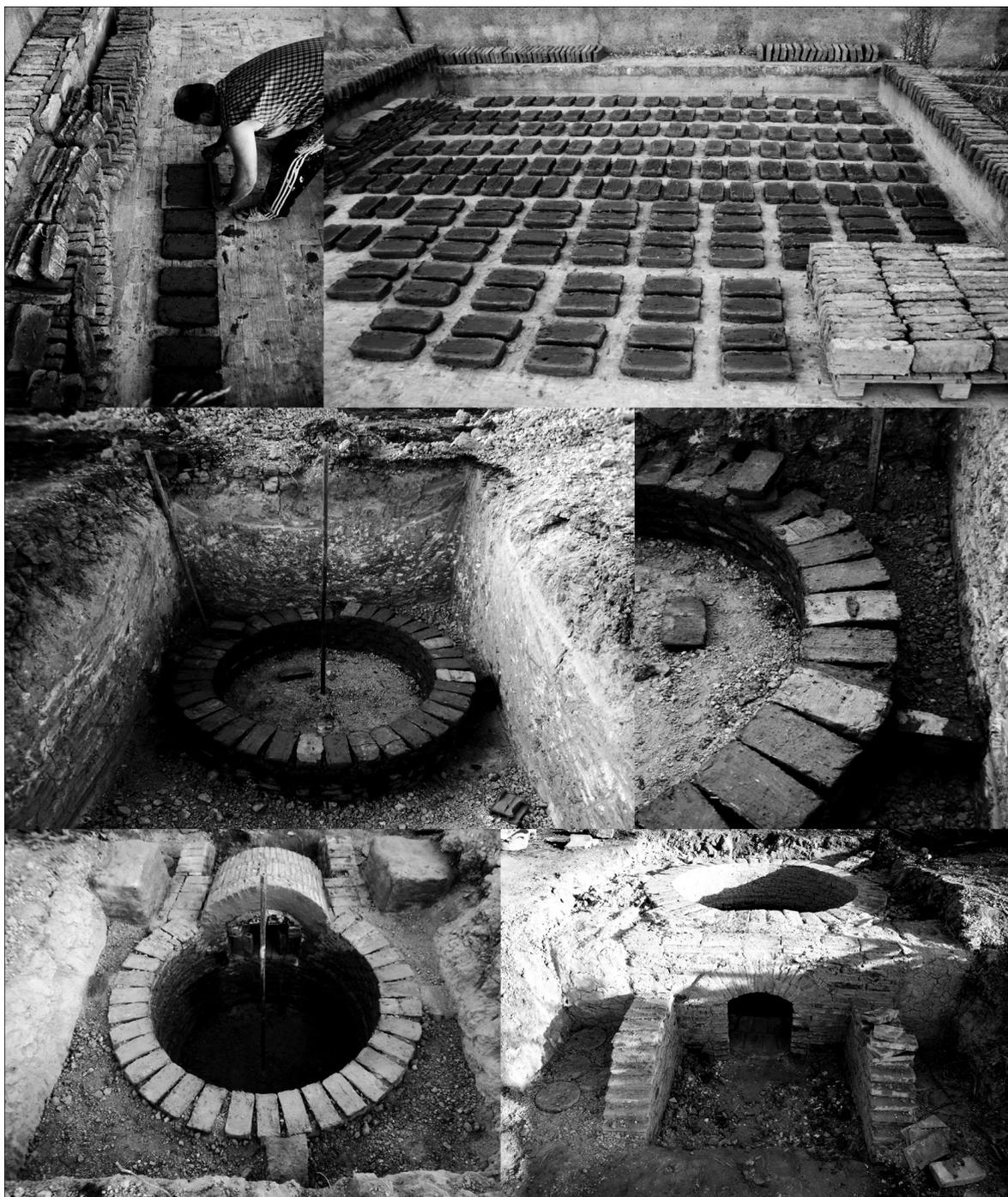


Figura 3. (Arriba) Secuencia de producción de adobes. (Abajo): Secuencia de construcción experimental de la cámara de combustión o prae-furnium. (Foto: Autor).

El proceso de manufactura de estos bloques de barro no comporta grandes dificultades, aunque sí que se caracteriza por ser un trabajo de técnica laboriosa. Tras extraer la arcilla de contextos locales, una vez que se encuentra totalmente seca, ésta se introduce en un contenedor donde se disuelve en agua y se mezcla con paja triturada. El movimiento debe ser constante hasta quedar configurada una masa homogénea con la que se rellenan los moldes que le dan al adobe su forma final. Posteriormente, el sol se encarga de su secado, permitiendo la configuración de unidades resistentes y macizas, totalmente preparadas para su uso a nivel constructivo.

3.2. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN ADECUADA

Desde un punto de vista práctico y funcional, la necesidad de embutir la cámara de combustión del horno, exige la elección de un espacio específico que cuente con un talud suficiente que garantice su sujeción.

El hallazgo arqueológico de numerosos ejemplares permite conocer de forma precisa la estructura de los hornos prerromanos de la II Edad del Hierro, coincidiendo en su totalidad en la elección de un emplazamiento idóneo que favorezca el desarrollo de su funcionamiento. De esta forma, la cámara de cocción o *praeurnium* permanece bajo el nivel del suelo y orientada hacia el sur, resguardada de las inclemencias de los agentes meteorológicos y de los efectos de dilatación y contracción ocasionados por la acción del fuego.

Teniendo en cuenta la importancia que subyace en el punto de ubicación del horno, decidimos situarlo junto al complejo de tradición islámica que aún pervive en el alfar de Bartolomé y Antonio Padilla Herrera. Delimitamos perimetralmente una zona anexa de 6 m² para profundizar posteriormente 1,80 m, con el fin de crear un área segura que favoreciera la contención y estableciera una base consistente capaz de soportar la parrilla y la totalidad de la cámara de cocción con su cubierta permanente.

3.3. CÁMARA DE COMBUSTIÓN (PRAEFURNIUM)

Debemos tener en cuenta que la cámara de combustión se erige como una parte vital, de la que aparte de soportar los efectos abrasivos del fuego debe constituirse como el pilar central en torno al cual se sustenta el conjunto de la estructura. Precisamente y gracias a su fortaleza suele ser junto a la parrilla el elemento que perdura al paso de los siglos, permitiendo su estudio y análisis desde un punto de vista arqueológico.

Su levantamiento exige la colocación de contrafuertes en los laterales con el objetivo de empotrarla literalmente en el suelo y poder soportar el peso total de la construcción. En nuestro caso, al contar con una

superficie circular, dispusimos ocho contrafuertes, intentando paliar los efectos de apertura provocadas por las fuerzas físicas (Fig. 3).

Como podemos observar en la tipología establecida por Coll Conessa (2000), cuatro de los 7 tipos poseen columna central, y nosotros, al reproducir exactamente la forma que corresponde al tipo B6 (Fig. 2), debíamos llevar a cabo tal elemento estructural a modo de soporte, pero no fue finalmente necesario. La construcción experimental de un horno de tales dimensiones pone de relieve la no obligatoriedad de disponer una columna central, motivada por la estabilidad proporcionada tanto por los contrafuertes como por la curvatura de la parrilla. Las leyes físicas imperan, manteniendo una armonía y equilibrio perfectos. Planteamos por tanto, que sólo a raíz del proceso de degradación natural motivada por el uso sería necesaria la puesta en práctica de apuntalamientos. Esta interpretación se apoya también en la experiencia etnográfica, gracias a la cual hemos podido corroborar que hasta hace escasos años los hornos de tradición musulmana prolongaban su periodo de vida útil a través de reforzamientos centrales cimentados a base de adobes. Así mismo, proponemos una reducción de los tipos propugnados para clasificar los hornos prerromanos peninsulares (Coll Conessa 2000, 201), pasando de siete a cuatro, al considerar del mismo tipo a todos los que tienen, o no, pilares o espigas centrales. La diferencia entre ellos radicaría únicamente en el nivel de amortización alcanzado.

3.4. CONSOLIDACIÓN DE LA PARRILLA

Sin duda nos encontramos ante uno de los pasos de mayor riesgo y complejidad. Sin parrilla, sería prácticamente imposible que el fuego originado por la combustión cociera con éxito las piezas cerámicas. Afortunadamente contamos con numerosos yacimientos de la II Edad del Hierro que cuentan con parrillas conservadas de forma excepcional, tales como, Coca (Escudero Navarro/Sanz Mínguez 1993), Padilla/Pesquera de Duero (Blanco García 1992) o la Oruña (Saiz Carrasco/Gómez Villahermosa 2008-2009), que nos permiten indagar en sus caracteres de tipo formal.

Tomando nota de la información proporcionada tanto por los contextos arqueológicos como por los etnográficos, utilizamos adobes de pequeñas dimensiones (30x15x5 cm) dispuestos en posición vertical. Rompiendo con la tradicional visión, que no errónea, de la disposición de los adobes mediante el acercamiento de hileras, hemos empleado una cintra de madera o formalete a modo de guía para su construcción, una técnica perfectamente factible en la II Edad del Hierro al disponer los artesanos alfareros de conocimientos tecnológicos complejos y especializados, no inferiores a los propios de periodos posteriores.

La separación entre los bloques debía ser mínima, ocultando más tarde los pequeños resquicios con cuñas y una lechada de barro. Los caños o salidas de fuego fueron respetados colocando elementos cerámicos, ca-

rretas, que intervienen en el propio proceso de cocción separando los materiales cerámicos, pudiéndose utilizar en el pasado cualquier otro soporte, quizás de origen vegetal u orgánico (Fig. 4).

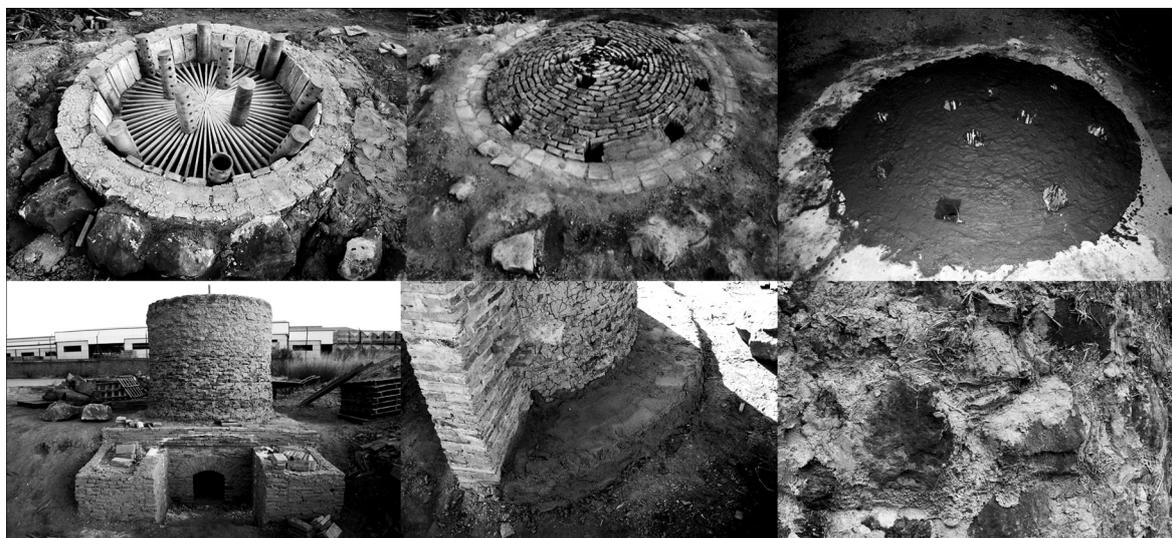


Figura 4. (Arriba): Secuencia de construcción experimental de la parrilla. (Abajo): Secuencia de construcción de la cámara de cocción, empleando adobes y llevando a cabo un revestimiento posterior de piedra arenisca. (Foto: Autor).

3.5. CÁMARA DE COCCIÓN Y CUBIERTA PERMANENTE

Una vez consolidado el suelo con forma de parrilla, planteamos la construcción de la cámara de cocción y la cubierta permanente. Lamentablemente contamos con pocos datos de tipo arqueológico al no disponer hasta a día de hoy de vestigios suficientes que permitan conocer cómo eran las paredes y las cubiertas de cerramiento.

Las inferencias de tipo etnográfico cobraron fuerza a la hora de llevar a cabo el levantamiento, realizado con adobes crudos al igual que la cámara de combustión o *prae-furnium*, y revestido más tarde con tierra apisonada y piedra arenisca¹ con el objetivo de buscar la consecución de una estructura elástica que no estalle fruto de las dilataciones que el fuego origina. Además de limo de arcilla, siguiendo los consejos de José Valdarcos Nájera, un veterano constructor jubilado de hornos cerámicos tradicionales islámicos, empleamos un mortero a base de cal y arena con el que otorgamos consistencia al conjunto. El grosor que alcanzaron las paredes tras el proceso constructivo llegó a los sesenta

centímetros, manteniendo la misma superficie interior de dos metros.

García Heras (2005, 363) interpreta que los hornos prerromanos eran tapados con una cubierta no permanente, construida en los momentos previos a cada cocción con cascotes de cerámicas defectuosas, dejando aberturas por las que se pudiera controlar la entrada o no de oxígeno. No obstante, debido al grado de perfección que alcanzan las piezas se hace impensable la no existencia de una cubierta cerrada por completo, rematada por una chimenea en su punto central más alto. Tanto a nivel etnográfico como etnológico, podemos constatar la existencia de ambas cubiertas, correspondiendo a los hornos que no gozan de este elemento permanente las producciones de menor calidad, al no controlar de forma directa la oxidación. Es el caso de las comunidades tradicionales egipcias de Ehnasya el Medina, que ven como aproximadamente un 40% de las piezas cerámicas presentan defectos de cocción (Fig. 5).

A tenor de las evidencias, decidimos poner en práctica una cubierta permanente que tras la puesta en marcha experimental del horno nos ha proporcionado resultados provechosos.

1.- La planta del horno 2 de Carralaceña hallado en Padilla/Pesquera de Duero permite inducir la existencia de un zócalo de piedras que reforzara las paredes de adobe de la cámara de cocción (García Heras 2005).



Figura 5. (Arriba): Secuencia de construcción de la cubierta permanente. (Abajo): Horno cerámico que carece de cubierta permanente, ubicado en la comunidad alfarera egipcia de Ehnasya el Medina. (Foto: Autor).

3.5. PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO

Con anterioridad al encendido del horno, una vez finalizada la construcción, se procede a *repellar* por completo con barro y paja tanto la cámara de cocción como la de combustión. Teniendo en todo momento la orientación de los maestros alfareros Bartolomé y Antonio Padilla Herrera, efectuamos un breve precalentamiento con el objetivo de secar y consolidar el forraje final de la estructura.

Justo en los momentos previos del prendido, seleccionamos los troncos de encina (*Quercus ilex*) y pino mediterráneo (*Pinus pinaster*) de mayor grosor y los dispusimos de forma alineada en el interior de la cámara de combustión o *praefurnium*, consiguiendo una base estable que aportara calorías suficientes en el transcurso de todo el proceso. El alcance de temperaturas cercanas a los 800° C tendría lugar mediante el empleo

de leña de monte bajo (lentisco, jara, coscoja, etc.) para producir llamas vivas y rápidas, fundamentales para que el agua de constitución de las formas cerámicas se eliminara por completo. García Heras (2005, 363) está en lo cierto cuando estima que para cocer un kilo de cerámica en estos hornos bicamerales son necesarios más de cinco kilos de madera como media.

Tras 6 horas y media de trabajo y mantenimiento con una buena oxidación fomentada por el tiro vertical, se consiguió alcanzar más de 1000°C en la cámara de combustión, 900°C en la base de la parrilla, 850°C en la cámara de cocción y 758°C en la cubierta de tipo permanente, realizando una cocción modélica. Pudimos visualizar en directo, las mismas experiencias que ya fueron reflejadas a través de iconografías en un *pinax* de origen greco-corintio durante los siglos VI y V a.C., una llama que emergía de la chimenea determinando la llegada a su fin de la cochura (Fig. 6).



Figura 6. (Arriba): Puesta en marcha y funcionamiento del horno experimental. (Foto Autor). Similitud con las representaciones iconográficas de un pinax greco-corintio de los siglos VI y V. (Coll Conessa 2000). (Abajo): Reproducciones arqueológicas óptimas fruto de la cocción experimental. (Foto: Autor).

4. CONCLUSIONES

La Etnoarqueología y la Arqueología Experimental se constituyen como herramientas esenciales en cuanto a la interpretación social de las comunidades del pasado. Gracias a esta construcción experimental hemos podido concluir los siguientes aspectos:

- Corroborar que los datos arqueométricos coinciden con los obtenidos en un proceso experimental.
- Las réplicas arqueológicas producidas de la II Edad del Hierro poseen todas las propiedades y características de los restos encontrados en contextos arqueológicos.
- Comprobar que cocer a esta temperatura y no a temperaturas mayores, tales como las empleadas por los romanos, no indica un mayor desconocimiento tecnológico, tal y como se creía hasta ahora, sino todo lo contrario, pues evidencia la gran funcionalidad (Optimización de recursos) puesta en práctica por los alfareros prerromanos, que no necesitaban cocer a mayor temperatura sencillamente porque ya alcanzaban resultados de gran calidad, superiores incluso a los obtenidos por alfareros populares que perviven actualmente.

- La confirmación de que los alfareros de la II Edad del Hierro poseían elevados conocimientos tecnológicos, transmitidos de generación en generación a través de la experiencia. Se dedicaban a tiempo completo a sus labores artesanas y gozaban de un status “privilegiado” dentro de estas comunidades, precisamente por los conocimientos que poseían.

- La necesidad de revisar la tipología estructural de hornos existente actualmente para este periodo y que sólo se basa en las evidencias arqueológicas. La construcción experimental de este horno permite simplificar la tipología estipulada e interpretar nuevos aspectos en relación con el reaprovechamiento y la prolongación de la vida útil de estas estructuras.

De igual modo, el estudio y análisis de cada una de las fases y secuencias que conforman el estadio de la cochura permite adentrarnos de forma somera en los rituales simbólicos que son inherentes a la secuencia de producción. Si somos capaces de entender la importancia que una hornada de objetos cerámicos tiene en la economía de la vida de un alfar, es natural que el rito de encender el fuego y todas las manipulaciones que implica la cocción se hayan visto siempre envueltas en rogatorias vinculadas al mundo de lo místico y de lo espiritual (Seseña 1997, 72).

5. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ SANCHÍS, J. R. 1999, *Los vettones*, Madrid, Real Academia de la Historia, Bibliotheca Archaeologica Hispana 1.
- BLANCO GARCÍA, J. F. 1998, Las producciones cerámicas del alfar de Cauca (Coca, Segovia), *Madridier Mitteilungen* 39, 121-141.
- COLL CONESA, J. 2000, Aspectos de tecnología de producción de la cerámica Ibérica, *III Reunió sobre Economía en el Món Iberic, Saguntum-Plav. Extra 3*, Valencia, Universitat de Valencia, 191-209.
- ESCUDERO NAVARRO, Z. 1999, Consideraciones sobre la alfarería vaccea. La producción de cerámica a torno, in F. Burillo Mozota (coord.), *IV Simposio sobre celtíberos. Economía. (Daroca, 1997)*, Zaragoza, Institución Fernando el Católico, Diputación Provincial, 241-257.
- ESCUDERO NAVARRO, Z., SANZ MÍNGUEZ, C. 1993, Un centro alfarero de época vaccea: el Horno 2 de Carralaceña (Pesquera de Duero, Valladolid), in F. Romero, C. Sanz, Z. Escudero (ed.), *Arqueología Vaccea. Estudios sobre el mundo prerromano en la cuenca media del Duero*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 471-492.
- GARCÍA HERAS, M. 1994, El yacimiento celtibérico de Izana (Soria). Un modelo de producción cerámica, *Zephyrus* XLVII, 133-155.
- GARCÍA HERAS, M. 1999, La artesanía alfarera celtibérica. Un reto para la investigación, in F. Burillo Mozota (coord.), *IV Simposio sobre celtíberos. Economía (Daroca, 1997)*, Zaragoza, Institución Fernando el Católico, Diputación Provincial, 221-239.
- GARCÍA HERAS, M. 2005, La tecnología cerámica, in A. Jimeno Martínez (comisario), J. I. de la Torre Echávarri, A. Chaín Galán (coord.), *Celtíberos: Tras la estela de Numancia*, Soria, Diputación de Soria, 359-366.
- HERNANDO GONZALO, A. 2006, Arqueología y Globalización. El problema de la definición del "otro" en la Postmodernidad, *Complutum* 17, 221-234.
- RUIZ ZAPATERO, G., ÁLVAREZ SANCHÍS, J. R. 1995, Las Cogotas: Oppida and the Roots of Urbanism in the Spanish Meseta, in B. W. Cunliffe, S. J. Keay (ed.), *Social Complexity and the Development of Towns in Iberia: from the copper age to the second century ad*, Proceedings of the British Academy 86, Oxford, Oxford University Press, 209-236.
- SACRISTÁN DE LAMA, J. D. 1986, *La Edad del Hierro en el valle medio del Duero: Rauda (Roa, Burgos)*, Valladolid, Universidad de Valladolid.
- SAIZ CARRASCO, M. E., GÓMEZ VILLAHERMOSA, S. 2008-2009, Avance del estudio de la alfarería celtibérica en la Oruña (Vera de Moncayo-Trasmuz, Zaragoza), *Turiaso* XIX, 34-61.
- SALAS LOPES, N. 2008, *El alfar de la Segunda Edad del Hierro de Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila)*, Trabajo de Investigación inédito de Doctorado del Departamento de Prehistoria de la Universidad Complutense de Madrid.
- SEMPERE, E. 1992, *Catalogación de los hornos de España y Portugal. Tecnología de la cocción cerámica desde la antigüedad a nuestros días*, Alicante, Asociación de Ceramología, 155-169.
- SESEÑA, N. 1997, *Cacharrería popular. La alfarería de basto en España*, Madrid, Alianza Editorial.

RESTITUCIÓN FORMAL Y FUNCIONAL DE UN HORNO ROMANO DE LA ALFARERÍA DE QUINTA DO ROUXINOL (SEIXAL, PORTUGAL): ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL, CONTROL DE CONDICIONES DE COCCIÓN Y ANÁLISIS DEL MATERIAL CERÁMICO

Jorge Raposo* João Coroado** Ricardo Triães**
Carlos Fabião*** João Almeida**** Cézer Renato dos Santos*

La terrisseria romana de Quinta do Rouxinol (Seixal, Portugal) produïa àmfores i ceràmica comuna entre els segles III i V. Una exposició dedicada al jaciment va incloure un model d'un dels forns terrissaires. La seva construcció es va basar en la recerca arqueològica i etnogràfica així com també en la digitalització 3D amb tecnologia làser i fotogrametria de l'estructura original. Un forn similar ha permès testar i avaluar les presumptes solucions productives en un workshop d'arqueologia experimental. El forn es va emplenar de rèpliques d'àmfores i altres ceràmiques. Les condicions de cocció han estat monitoritzades i les pastes ceràmiques analitzades per DRX i FRX.

477

Terrisseria romana, Quinta do Rouxinol, 3D, fotogrametria.

The Roman kiln centre of Quinta do Rouxinol (Seixal, Portugal) produced amphorae and common ware from the third until the fifth century. In the context of an exhibition dedicated to the archaeological site the model of one of the kilns was built. The model was made based upon the archaeological record and some ethnographic research but also by the digital recording of the remains with 3D laser and photogrammetric technologies. A similar kiln was tested and the supposed production techniques evaluated during an experimental archaeology workshop. The kiln was fulfilled with amphorae and common ware replicas. The conditions were controlled and the clay and ceramic matrix were analysed by XRD and XRF.

Roman kiln, Quinta do Rouxinol, 3D, fotogrammetric.

* Câmara Municipal do Seixal / Ecomuseu Municipal do Seixal, Praça 1º de Maio, 1, 2840-485 Seixal, Portugal, jorge.raposo@cm-seixal.pt, cezer.santos@cm-seixal.pt.

** Departamento de Arte, Conservação e Restauro, Instituto Politécnico de Tomar / GeoBioTec. Estrada da Serra – Quinta do Contador, 2300-313 Tomar, Portugal, jcoroado@ipt.pt, rtrias@ipt.pt.

*** Departamento de História da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa / Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa (UNIARQ). Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal, cfabiao@fl.ul.pt.

**** Bécario FCT en el Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa (UNIARQ), joao.pla@gmail.com.

1. NOTA PREVIA

Este trabajo parte de un proyecto de investigación arqueológica y arqueométrica que, desde el año de 1985 y con distintas configuraciones, ha identificado, excavado, registrado, interpretado, estudiado y divulgado los centros alfareros de época romana del área del estuario del Tajo. Esta investigación transcurre en paralelo con un programa de puesta en valor patrimonial y de Arqueología Pública que visa producir conocimiento científico sobre el pasado pero también socializar ese conocimiento junto al de las comunidades locales y contribuir a la rentabilización y puesta en valor social y cultural de este patrimonio arqueológico.

El camino hecho incluye una investigación etnográfica sobre las cadenas operatorias de la alfarería tradicional, recurriendo a distintas fuentes de información (bibliográficas, documentales, fotográficas y de imágenes en movimiento) así como con trabajo de campo junto a alfareros y comunidades alfareras que se conservan en actividad o mantienen todavía la memoria y la experiencia del ejercicio de esa actividad tradicional.

Una de las más recientes concretizaciones ha sido la exposición "Quinta do Rouxinol: una alfarería romana en el estuario del Tajo (Corroios, Seixal)" inaugurada en 2009 en el Museo Nacional de Arqueología (MNA), en Lisboa. En ella se integra la restitución en escala natural de uno de los hornos alfareros de Quinta do Rouxinol, que se realizó con base al levantamiento por tecnología digital 3D con fotogrametría incorporada del original.

El posterior desarrollo de este concepto justificó la realización del Seminario Internacional y *workshop* de Arqueología Experimental "A Olaria Romana" (Seixal, Portugal, febrero de 2010). Para la componente experimental se construyó un nuevo horno, también en tamaño natural, en el cual se realizó la cocción de una hornada de ánforas y cerámica común que replicaba las piezas originales documentadas en la excavación de la alfarería. Como complemento a la observación empírica de los arqueólogos, alfareros y otros especialistas, se crearon las condiciones técnicas para la monitorización y estudio del comportamiento del horno durante la cocción y para los análisis de los resultados de la cocción sobre las cerámicas cocidas.

2. EL SITIO ARQUEOLÓGICO

La alfarería romana de Quinta do Rouxinol se localiza en el ayuntamiento de Seixal, en el estuario del Tajo. Está clasificada como Monumento Nacional y integra la estructura del Ecomuseu Municipal de Seixal (EMS) (Fig.1).

Identificada en 1986 se realizaron ahí campañas anuales de excavación arqueológica hasta 1991, en el ámbito del proyecto "Ocupación Romana en la orilla izquierda del estuario del Tajo" (Raposo et al. 1995; Filipe/Raposo 1996). Posteriormente, desde 1999, se ha desarrollado el proyecto OREsT, "Alfarería Romana en el Estuario del Tajo" (Raposo et al. 2005), que incluyó el estudio del sitio arqueológico y de sus producciones cerámicas¹.

Este último proyecto tuvo también una fuerte componente arqueométrica, de caracterización química por activación con neutrones térmicos (Cabral et al. 1993-1994; Dias et al. 2001, 2003, 2009; Prudêncio et al. 2003).

La alfarería produjo, entre el inicio del siglo III y la primera mitad del V d.C., cerámica común, materiales de construcción, lucernas y sobretodo ánforas, destinadas al envase de salazones y, probablemente, de vino también. En el sitio arqueológico se encuentran los vestigios de tres hornos alfareros y se identificaron también las fosas con testares de materiales descartados durante el proceso de fábrica.

3. LA EXPOSICIÓN SOBRE LA ALFARERÍA ROMANA Y LA RESTITUCIÓN FORMAL DEL HORNO 2

La exposición "Quinta do Rouxinol: una olaria romana no estuario do Tejo (Corroios / Seixal)" resulta de una colaboración entre el EMS y el MNA (Filipe/Raposo 2009) y fue inaugurada en Marzo de 2009 (para una visita virtual v. www.mnarqueologia-ipmuseus.pt/). Además de las tradicionales componentes gráficas, audiovisuales y artefactuales, tiene como punto central del discurso expositivo un modelo en tamaño natural de uno de los hornos alfareros, parcialmente relleno de réplicas de ánforas y cerámica común de la producción local (Fig. 2).

Una vez que del horno original se conserva solamente la base de la cámara de combustión, faltando toda la cámara de cocción y su parrilla, la construcción del modelo se basó en un amplio proceso de investigación arqueológico y etnográfico. Por una parte, buscando paralelos en otras alfarerías romanas conocidas, no solamente en *Lusitania* sino en otros lugares del Imperio Romano. Por otra parte, buscando los posibles paralelos entre la alfarería romana y la alfarería tradicional portuguesa, con recurso a fuentes arqueológicas, históricas y etnográficas. La pesquisa en el archivo de imágenes de la RTP (televisión pública portuguesa) y los trabajos de campo junto a alfareros y comunidades alfareras (antiguos y actuales) se revelaron fundamentales para justificar las propuestas de restitución integral

1.- Para una síntesis actualizada de conocimientos sobre centros alfareros de ánforas de Lusitania y sus producciones v. FABIÃO 2004; 2008.



Figura 1. Planta general y ubicación de la alfarería romana de Quinta do Rouxinol (Seixal, Portugal).

del horno y de la gestualidad asociada a las tareas de los alfareros (Fig. 3).

El proceso de investigación aplicada a la interpretación funcional se basó en un modelo tridimensional de los restos de la estructura original romana, que se conserva *in situ*, con recurso de tecnología digital laser 3D con fotogrametría digital incorporada (Fig. 4) (Raposo/Oliveira 2010).

La utilización combinada de estos distintos frentes de trabajo posibilitó las soluciones elegidas para la restitución volumétrica total del horno donde se basó la documentación técnica (ortofotografías, planos y alza-

dos) de apoyo a la construcción física del horno y su implantación en el espacio expositivo del museo, así como a la producción de una animación en 3D que permite a los visitantes percibir su estructura y su funcionamiento.

4. EL WORKSHOP DE ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL

Con la investigación conducente a la exposición se intentó desarrollar distintos modos de diálogo e intercambio de ideas en las diferentes comunidades científicas,



Figura 2. Aspecto parcial de la exposición sobre la alfarería romana de Quinta do Rouxinol en el Museo Nacional de Arqueología (Lisboa), con detalle del horno y de las réplicas de cerámica que lo rellenan.

480

tanto por su presentación en encuentros científicos², como sobre todo por la organización en Seixal de un Seminario Científico y Workshop de Arqueología experimental “A Olaria Romana” (La Alfarería Romana), de 17 al 20 de Febrero de 2010.

La componente de Arqueología experimental pretendía testar y validar las soluciones propuestas para la restitución formal y funcional del horno, con la construcción de un segundo horno junto al sitio arqueológico, donde se realizó la cocción con fuego de madera de una hornada de réplicas de ánforas y cerámica común de las producciones locales. Las réplicas han sido realizadas por un alfarero a partir de los originales recuperados en contexto estratigráfico³.

La producción de las réplicas se reveló muy interesante porque, a lo largo del proceso, el alfarero ha empíricamente recuperado varios de los gestos técnicos de los alfareros romanos, por sencillas razones de eficacia práctica. Por ejemplo, la utilización de refuerzos con

tiras de arcilla en las bases de las asas de las ánforas –las hizo para garantizar la solidez de la junción asa/cuerpo del contenedor cerámico–, una realidad que se observa en las mismas ánforas recuperadas en la excavación de la alfarería. Como hubo necesidad de realizar varias replicas, después de hecha (y aprobada) la primera, el alfarero construyó con trozos de cañas, colladas con pelotas de arcilla a otra caña vertical, un “*template*” para hacer las réplicas con las mismas dimensiones. Este “aparato” tan sencillo es suficiente para garantizar una uniformidad de las ánforas, en lo referente a formas y dimensiones, sin necesidad de recurrir a complejos aparatos de medición.

En nuestra propuesta de restitución del horno, en conformidad con paralelos arqueológicos y etnográficos, la cámara de cocción tiene un vano lateral para que el alfarero pueda cargar el horno y la parte superior es simplemente cubierta a cada hornada con fragmentos cerámicos, que se retiran en el final para reutilización

2.- Por ejemplo, el poster “Quinta do Rouxinol (Seixal, Portugal): surveying, reconstructing, 3D modelling and digitally representing a Roman era pottery kiln”, en el *First International Graphic, Heritage and Innovation in Archaeology Congress – Archaeology 2.0* (Sevilla, junio de 2009).

3.- El alfarero Paulo Franco (del pueblo de Achada, Mafra). Los hornos (exposición y *workshop*) han sido construidos por los maestros Amândio Santos y Nuno Santos, y la cocción experimental ha sido realizada por los alfareros Álvaro Silvestre Gomes, Michael da Silva Gomes y Francisco Abel da Silva (todos del pueblo de Sobreiro, Mafra).



Figura 3. El alfarero Paulo Franco realizando una réplica de ánfora producida en la alfarería romana de Quinta do Rouxinol.



Figura 4. El horno 2 de la alfarería de la Quinta do Rouxinol en proceso de digitalización por la empresa Artescan, Digitalização Tridimensional.

en nuevas cocciones. El cierre del vano lateral se hace con trozos de cerámica y arcilla cruda para rellenar los huecos, garantizando la plasticidad del cierre. La solución nos pareció buena por dos razones. Primero, por cuestiones prácticas, el alfarero tendría que acceder a la cámara de cocción al nivel de la base de la parrilla para cargar el horno. Podría hacerlo de distintas for-

mas, pero, como habitualmente los hornos romanos se encuentran parcialmente enterrados para potenciar la conservación del calor, parece natural que el acceso se hiciera desde un plano superior. Verificamos también que la solución de la entrada lateral en la cámara de cocción es la más frecuente (aunque no única) en las alfarerías tradicionales portuguesas. Por otro lado, verificada la inexistencia de informaciones sobre elementos de cobertura/cierre de los hornos romanos hasta el momento excavados en *Lusitania*, todas las posibilidades serían admisibles, pero, consideramos que la inexistencia de información, en sí misma, podría ser una información relevante; además se verifica en varias alfarerías tradicionales portuguesas la utilización de los cacharros resultantes de la producción local como elemento de cierre.

Así, todos los participantes en el *workshop* han podido verificar los buenos resultados obtenidos, que confirman la posibilidad de ser ésta la solución técnica utilizada en época romana, en la alfarería de Quinta do Rouxinol. A la acción experimental realizada se pueden apuntar dos debilidades: por una parte, se ha utilizado una pasta industrial por no ser posible recuperar en tiempo útil todo el saber hacer de la preparación de las pastas cerámicas a la romana; por otro, por cuestiones prácticas, se ha usado madera de eucalipto (seguramente no usada por los alfareros romanos). En estos dos puntos no ha sido posible una mayor aproximación a los gestos y técnicas de los alfareros romanos.

En síntesis, importa retener algunos datos prácticos de la experiencia: dos alfareros gastaron cerca de tres horas y media para rellenar el horno con veinte ocho (28) ánforas y ciento cincuenta (150) cuencos de cerámica común. Las ánforas fueron los elementos prioritarios en el cargamento del horno y los cuencos, de menor dimensión, rellenaron los huecos. La entrada lateral y la cima del horno han sido cerrados con trozos cerámicos y alguna arcilla cruda. En la propia cocción trabajó otro alfarero y se utilizó cerca de 5 m³ de madera de eucalipto (c. 3750 kg).

Un registro vídeo puede ser visionado en www.youtube.com/watch?v=vFSvOgRvsuY.

Se realizó la monitorización de la cocción, procurando registrar las variaciones de temperatura en el interior de la cámara de cocción durante el proceso y estudiar sus efectos en las variaciones de las fases cristalinas del material cerámico.

5. MONITORIZACIÓN DEL CICLO DE COCCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS CERÁMICAS

Para el control del ciclo de cocción se colocaron en el interior de la cámara de cocción tres cañas pirométri-



Figura 5. El horno construido en la alfarería de Quinta do Rouxinol en proceso de cocción y algunos aspectos de la retirada de las replicas de ánforas después de terminado el proceso.

482

cas (termopares) calibradas, acopladas a un *datalogger* Testo 454 Logger, que permitió monitorizar la evolución de la temperatura. Una de las cañas se colocó 20 cm arriba de la base de la cámara (posición P3), otra en el medio de la misma (posición P4), cerca de un metro arriba de la parilla, y otra entre la cima de las piezas de mayor dimensión (las ánforas) y las cerámicas que cerraban el horno en la parte superior (posición P5). En las extremidades de las cañas y en la base de la cámara de cocción, próximo de la pared, se colocaron varios conos pirométricos de Seger con referencias 8a (940°C), 6a (980°C) y 4a (1020°C), con temperatura aproximada de fusibilidad de 940°C, 980°C y 1020°C, respectivamente. Se colocó también un anillo de Buller nº 55, sensible al intervalo térmico de 960° hasta 1100°, para comparar la temperatura máxima alcanzada por los distintos métodos disponibles y para evaluar los respectivos desvíos.

También se colocaron otros tres anillos de Buller junto a las paredes de la cámara de combustión, a la izquierda, a la derecha y en frente del pasillo de acceso, para estimar la temperatura máxima alcanzada en esos puntos.

La cámara de combustión ha sido preparada con madera de eucalipto de mediana dimensión (c. de un metro de largo por 10 a 20 cm de diámetro). Después de la ignición, la carga de la cámara se hizo sistemáticamente hasta alcanzar una temperatura de 1000° C, registrada por el “datalogger”, después se cerró la

cámara de combustión. El enfriamiento ha sido lento y sin intervención.

La reapertura del horno y la retirada de los materiales se iniciaron con la remoción de la cubierta de trozos cerámicos y de la entrada lateral cuando la temperatura registraba 150°C. Las quiebras observadas fueron muy escasas, solamente algunas asas de ánforas y una u otra pequeña fisura en algún cuenco.

Los resultados obtenidos en las tres cañas pirotécnicas se representan por una curva en la Fig. 6 y las temperaturas máximas registradas por cada uno de los métodos usados se discriminan en la Tabla 1.

Temperatura máxima en la cámara de cocción			
Muestras	Buller	Seger	Termopar
P5	980°C	980°C<T<1020°C	1120°C
P4	970°C	980°C<T<1020°C	1090°C
P3	1000°C	980°C<T<1020°C	1150°C
P2	960°C	980°C<T<1020°C	n.e.
P1	970°C	980°C<T<1020°C	n.e.
Temperatura máxima en la cámara de combustión			
	Izquierda	Fondo	Derecha
Buller	1030°C	1015°C	1010°C

Tabla 1. Temperaturas máximas obtenidas en el horno por los distintos métodos de registro.

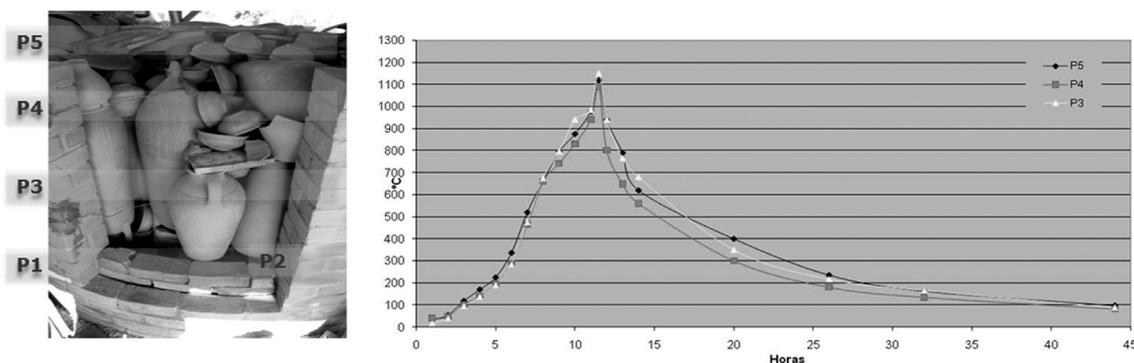


Fig. 6. Posición de los sensores de medida de temperatura (P1 e P2, conos de Seger y anillo de Buller; P3, P4 e P5, cañas pirométricas con conos de Seger y anillo de Buller) y curvas de temperatura registradas en P5, P4 e P3.

Los valores revelan un calentamiento al ritmo aproximado de $1.5^{\circ}/\text{min.}$, alcanzando la temperatura máxima en 11.30 horas. El tiempo de enfriamiento hasta la apertura del horno ha sido de aproximadamente 37.30 horas. El tiempo total de cocción ha sido de 49 horas.

Las temperaturas máximas alcanzadas y registradas por los distintos métodos (Tabla 1) revelan algunas diferencias, sobre todo entre la monitorización continua de la temperatura y los valores obtenidos por los anillos de Buller y los conos de Seger, pero, considerando el margen de error asociado a estos materiales, puede considerarse que la temperatura máxima registrada ha sido análoga. La diferencia entre la medición en los termopares P3, P4 y P5 (1150°C , 1090°C y 1120°C , respectivamente), corresponde a un episodio térmico de corta duración, que no dejó marcas significativas en el material cerámico. Así, puede estimarse en cerca de 1000°C la temperatura máxima que produjo transformaciones efectivas de fase en las cerámicas, con resultados observables en Difracción de Rayos X (DRX). Se verifica también que el registro de temperaturas máximas, para el mismo método, señala diferencias en los distintos lugares del horno donde se hizo la medición y que esta variación es de la misma orden de magnitud, cuando se comparan los distintos métodos. Así, se concluye que pueden ocurrir diferencias de temperatura tanto en el interior de la cámara de cocción como en la de combustión de la orden de 30°C .

5.1. METODOLOGÍA ANALÍTICA

El estudio de las transformaciones térmicas que sostiene las conclusiones indicadas por el análisis de las curvas de cocción, de los anillos de Buller y de los conos de Seger, presupone la caracterización de la composición química de la materia-prima por recurso a Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X en

Longitud de Onda Dispersivo (FRX), utilizándose el espectrómetro Philips PW 1410/00, usando la radiación $\text{Cr-K}\alpha$. El valor de pérdida al rubro (P.R.) se obtuvo por el tostado de la muestra a 1000°C durante tres horas, después de secada a 60°C y reducida a polvo. El conocimiento de la composición mineralógica de la materia-prima y de las fases cristalinas de las muestras de fragmentos cerámicos cogidos en el interior del horno, junto a los puntos de monitorización de la temperatura, se obtuvo por DRX, con un Difractómetro Philips X'Pert PW 3040/60, con radiación de $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) en condiciones de trabajo de 50kV e 30mA, con registro de datos a los $1^{\circ}/2\theta/\text{min.}$ en el espacio de $4-65^{\circ} 2\theta$. La preparación de las muestras siguió la metodología usada para la FRX y la identificación de las fases cristalinas presentes en los difractogramas recurrió a las fichas de identificación de la *Joint Committee of Powder Diffraction Standards* (JCPDS). El análisis textural se hizo por Microscopía Electrónica de Barrida (MEB), en un microscopio Hitachi S4100, en micro muestra revestida de grafito.

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PASTA CERÁMICA

La pasta utilizada en las replicas cerámicas tiene una composición mayoritaria de cuarzo, feldespato potásico y minerales arcillosos de caolinita y illita, se verifica también la presencia de oxi-hidroxilos de hierro (goethita). La composición química obtenida por FRX referente a los elementos mayoritarios (Tabla 2) muestra la abundancia de cuarzo y feldespato y minerales arcillosos por los altos contenidos de SiO_2 (65,56%) y Al_2O_3 (18,02%), la ocurrencia de oxi-hidroxilos de hierro se confirma por lo contenido de 7,36% de Fe_2O_3 . La pérdida al rubro es consistente con la mineralogía y con la presencia de minerales arcillosos, siendo la caolinita la más expresiva por el contenido de 2,08% de K_2O .

Muestra	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	P.R.
MP	65,56	18,02	7,36	0,02	0,34	0,13	0,01	2,08	1,06	0,07	5,65

Tabla 2. Composición química da materia-prima, obtenida por FRX (valores en %).

5.3. ESTIMATIVA DE LA TEMPERATURA DE COCCIÓN

El estudio de las fases cristalinas presentes en el material cocido permite estimar la temperatura de cocción y evaluar, entre distintas piezas, aquellas que estuvieron sujetas a transformación térmica más o menos intensas, por el análisis de DRX al material cocido.

Los resultados obtenidos revelan que, en la misma cocción, por efecto de las variaciones de temperatura registrada en la cámara, las diferencias composicionales del material cerámico son evidentes en piezas diferentes y en una misma pieza (tanto mayores cuanto mayor la dimensión de la pieza), consonante con la posición y disposición en el interior del horno.

Los difractogramas relativos al material cerámico colocado junto a los termopares en las posiciones P1, P2, P3, P4 y P5, y de la pasta cerámica (MP), muestran que las fases cristalinas características identificadas son mayoritariamente cuarzo, con presencia de feldspatos y moscovita y vestigios de anatasa, que resultan de fases no transformadas de la pasta, y mulita y hematites, nuevas fases que se forman de la fase amorfa/vítrea obtenida (en las temperaturas de cocción consideradas), esencialmente en consecuencia de la deshidroxilación de los minerales arcillosos y de la deshidroxilación de los oxi-hidroxis de hierro.

Se constata que la mulita ocurre en todas las muestras, lo que indica que su temperatura de cocción ha superado los 950°C, pero que en las posiciones P1 y P5 el pico de illita/moscovita es claro, indicando temperaturas no superiores a los 1000°C. Concluyese que las muestras P3 y P4 estuvieron sujetas a temperatura de cocción máxima en el intervalo 1000°C hasta 1050°C, y las P1 y P5 en el intervalo 950°C y 1000°C. Comparando con los distintos métodos usados para monitorizar la temperatura máxima, verificase consistencia en la estimativa de la temperatura entre los distintos métodos, sabiendo que la temperatura máxima efectiva alcanzada en el horno difiere de las transformaciones registradas en las materias cerámicas, una vez que el pico máximo ocurrió en un intervalo corto.

Fueron también evaluadas las transformaciones térmicas ocurridas en una misma ánfora, cuya longitud era

próxima de la altura de la cámara de cocción (cerca de un metro), por tres muestras: del borde (que estaba sobre la parrilla), de la panza y del fondo. La comparación de las fases cristalinas presentes en la DRX muestra que son las mismas, con intensidades similares, no reflejando las diferencias de cocción claras en los tres niveles evaluados.

5.4. MANCHAS NEGRUZCAS EN LA SUPERFICIE

Después de la retirada de las piezas cerámicas, se constató que algunas presentaban zonas ennegrecidas que coincidían con la proximidad de los agujeros de la parrilla, por donde salía el calor de la cámara de combustión. La hipótesis del ennegrecimiento se relaciona con la deposición de partículas de carbono en las superficies de las piezas cerámicas, resultante de la combustión de la madera, y fue confirmada por el estudio de tres muestras al MEB: una cogida en la zona ennegrecida de la superficie, otra en la zona rojiza de esa misma superficie y otra en el interior de la pieza, en zona de coloración roja clara. Esta observación nos pareció relevante porque se verifican empíricamente estas variaciones cromáticas en las cerámicas arqueológicas.

6. NOTAS FINALES

El proceso de restitución formal y funcional de uno de los hornos romanos de la alfarería de Quinta do Rouxinol confirmó el potencial de aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación al registro arqueológico, evidenciando el valor que la digitalización y la modelación 3D pueden tener en la interpretación de las estructuras arqueológicas, y también en la socialización del conocimiento en un cuadro de Arqueología Pública.

Basada en objetivos claros y en metodologías consistentes, la acción de Arqueología experimental realizada en Seixal comprobó la eficacia de la propuesta de interpretación arquitectónica y funcional de uno de los hornos de la alfarería romana de Quinta do Rouxinol y la producción de las replicas cerámicas posibilitó la aproximación posible a la gestualidad de los alfareros que desarrollaron su arte en ese lugar hace 1500 años.

El impacto que la experiencia tuvo y el fructífero diálogo que posibilitó no solamente entre arqueólogos, historiadores y antropólogos sino también con los maestros

albañiles y alfareros comprobó el inmenso potencial informativo y comunicacional de la Arqueología experimental.

La experiencia permitió también profundizar las relaciones entre la investigación arqueológica y arqueométrica, por el control analítico de las condiciones de cocción, complementado con el posterior análisis químico de las cerámicas cocidas. Aclaró de igual modo aspectos importantes, como los relacionados con las condiciones de cocción, temperatura máxima alcanzada así como el hecho que las oscilaciones de esa misma temperatura en el interior del horno no influyeran en las alteraciones de fase cristalina de las piezas y confirmando que las manchas negruzcas en las superficies de las cerámicas (tan frecuentes en el registro arqueológico) no son más que un sencillo depósito de carbono en la superficie, más intenso en los ejemplares colocados junto a los agujeros de la parrilla del horno, sin ninguna influencia en la calidad del producto final cerámico.

7. BIBLIOGRAFIA

- CABRAL, J. M. P. *et al.* 1993-1994, Caracterização Química das Produções de Ânforas do Vale do Tejo. II – Quinta do Rouxinol, *Conimbriga* 32-33, 191-200.
- DIAS, M. I. *et al.* 2001, Caracterização Química por AAN das formas de ânfora de um centro de produção do estuário do Tejo: Quinta do Rouxinol (Portugal), *Actas do IV Congresso Nacional de Arqueometria*, Valência, 88-93 (CD-Rom).
- DIAS, M. I. *et al.* 2003, Amphorae Production at Occidental Lusitania: identification of raw material and production, in J. L. Pérez-Rodríguez (ed.), *Applied Study of Cultural Heritage and Clays*, Madrid, CSIC, 187-200.
- DIAS, M. I. *et al.* 2009, Chemical Tracers of Lusitanian Amphorae Kilns from the Tagus Estuary (Portugal), *Journal of Archaeological Science* 30, 1-15.
- FABIÃO, C. 2004, Centros Oleiros da Lusitania: balanço dos conhecimentos e perspectivas de investigação, in D. E. Bernal, L. Lagóstena (ed.), *FIGLINAE BAETICAE. Talleres alfareros y producciones cerámicas en la Bética romana (ss. II a.C. – VII d.C.)*, Actas del Congreso Internacional (Cádiz, 2003), Vol. 1, *BAR – International Series* 1266, 379-410.
- FABIÃO, C. 2008, Las Ânforas Romanas de Lusitania, in D. Bernal, A. Ribera i Lacomba (ed.), *Cerámicas Hispanorromanas: un estado de la cuestión*, Actas del XXXVI Congreso Internacional de la Asociación Rei Cretariae Romanae Fautores (Cádiz, 2008), Cádiz, Universidad de Cádiz, 725-745.
- FILIFE, G., RAPOSO, J. 1996, *Ocupação Romana dos Estuários do Tejo e do Sado*, Lisboa, Publicações Dom Quixote / Câmara Municipal do Seixal, Actas das I^{as} Jornadas sobre a Romanização dos Estuários do Tejo e do Sado (Seixal, 1991).
- FILIFE, G., RAPOSO, J. 2009, *Quinta do Rouxinol: uma olaria romana no estuário do Tejo (Corroios, Seixal)*, Seixal, Câmara Municipal do Seixal (livro-guia de exposição).
- PRUDÊNCIO, M. I. *et al.* 2003, Chemical Characterisation of Amphorae from the Tagus and Sado Estuaries Production Centres (Portugal), in *Ceramic in the Society*, Proceedings of the 6th European Meeting on Ancient Ceramics (Fribourg, 2001), Fribourg, University of Fribourg, 245-253.
- RAPOSO, J., OLIVEIRA, A. 2010, Tecnologias de Informação e Comunicação, Património Cultural e Museologia: a propósito de um dos fornos romanos da Quinta do Rouxinol, *Museologia.pt* 3, 165-172.
- RAPOSO, J. *et al.* 2005, OREsT Project: late Roman pottery productions from the Low Tejo, in *Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and Archaeometry*, Actas de Conferência Internacional (Barcelona, 2002), *BAR – International Series* 1340, 37-54.
- RAPOSO, J. *et al.* 1995, Ânforas do Vale do Tejo: as olarias da Quinta do Rouxinol (Seixal) e do Porto dos Cacos (Alcochete), Actas do 1^o Congresso de Arqueologia Peninsular (Porto, 1991), Vol. VII. *Trabalhos de Antropologia e Etnologia* 35-3, 331-352.

DE LA INVESTIGACIÓ ARQUEOLÒGICA A LA RECONSTRUCCIÓ HISTÒRICA

Roger Benito* Georgina Castells* Jordi Chorén* José Miguel Gallego*

Ibercalafell expone los primeros resultados de la recreación de dos de los personajes reconstruidos hasta el momento: la Dama de Elche (siglo V-IV aC) y el Guerrero del Cerrillo Blanco de Porcuna (siglo VI-V aC); dos de los ejemplos más representativos de la estatuaria ibérica en piedra en las zonas levantina y meridional de la cultura ibérica.

Estatuaria ibérica, Dama de Elche, Guerrero del Cerrillo Blanco de Porcuna, reconstrucción ibérica.

Ibercalafell presents the first results of the recreation of two characters recreated until now: Dama de Elche (V-IV century BC) and Cerrillo Blanco Warrior from Porcuna (VI-V century BC), two of the most representative examples of the Iberian stone statues in the East and South zones of the Iberian culture.

Iberian stone statues, Dama de Elche, Cerrillo Blanco Warrior from Porcuna, iberian reconstruction.

1. INTRODUCCIÓ

Ibercalafell al llarg dels anys ha anat realitzant una tasca d'investigació, de documentació i d'informació, recreació i experimentació arqueològica per tal de portar al públic en general una visió el més acurada possible de com eren i vivien els diversos pobles que conformen la cultura ibèrica al llarg de tot el seu període.

Un aspecte primordial és la investigació en la recreació de la indumentària, abillaments i panòpies que utilitzaven els ibers i les iberes dels diversos pobles al llarg de tot el seu període cultural (segles VI – I aC).

Les dues recreacions que es presenten a continuació en són tan sols un exemple, i han estat extretes dos grups escultòrics concrets, el bust de La Dama d'Elx (Alacant) i el conjunt escultòric de El Cerrillo Blanco de Porcuna (Jaén).

2. LA DAMA D'ELX (S. V – PRIMERA MEITAT S. IV AC)

La idea de recrear la Dama d'Elx com un personatge dins Ibercalafell, va sorgir per la necessitat d'identificar Ibercalafell amb la cultura Ibèrica. El públic general solia associar les vestimentes i els objectes d'Ibercalafell amb un grup d'època romana. Després de diverses experiències en aquest aspecte, vam decidir recrear una

figura corresponent a l'època ibèrica que fos fàcilment identificable per un extens públic i que no conduís a confusió.

Aquesta tasca va ser fins al moment la més difícil que s'havia proposat Ibercalafell, ja que tot i que ja s'havia recreat altra indumentària d'aquest període, sempre s'havia fet d'una forma genèrica. Mai no s'havia plantejat fer la rèplica exacta d'un personatge determinat, partint d'una escultura en pedra i esdevenint un vestit que es pogués utilitzar en l'actualitat.

L'ESCULTURA

La Dama d'Elx és un bust fet amb pedra calcària amb unes dimensions de 56 centímetres d'alçada per 45 d'amplada i 37 de gruix.

Tot i la polèmica sobre la seva veracitat que ha acompanyat aquesta escultura des de la seva exhumació l'any 1897, avui en dia està àmpliament acceptat que es pot datar entre el s. V i primera meitat del IV a. C. La seva troballa es va dur a terme de forma casual al arreglar unes terrasses dels terrenys del Dr. Campello, cosa que va contribuir durant força temps a qüestionar la seva autenticitat.

De totes les grans escultures de dames que es coneixen en l'actualitat (com poden ser la Dama de Baza o la De Cerro de los Santos), la Dama d'Elx va ser la primera en aparèixer.

* Arqueòlegs de l'Equip de Reconstrucció Històrica Ibercalafell.



Figura 1. Escultura original de la Dama D'Elx ubicada al MAN (Museo Arqueológico Nacional) a l'esquerra, a la dreta dama d'Ibercalafell. Foto: Quim Castells.

INDUMENTÀRIA

488

El fet de partir d'un bust ens va plantejar una certa problemàtica en el moment de decidir com podria ser la seva indumentària en aquelles parts que no quedaven reflectides en l'escultura.

El que sabem del cert és que porta tres capes de vestit diferent, una túnica llarga fins als turmells, una capa rectangular que es col·locaria en forma de toga i a sobre un mantell de grans dimensions. Respecte a la policromia d'aquestes peces hem pogut saber quins serien

els seus colors originals ja que l'escultura ha conservat fins als nostres dies (tot i que de manera molt fragmentària) part dels pigments originals, vermell per la capa i blau pel mantell. La túnica, que és la peça de roba que menys apareix, ja que queda coberta per les altres dues, no conservava cap tipus de pigment i per això s'ha decidit recrear-la d'un color clar com el blanc.

Pel que fa als materials, hem utilitzat les fibres genèriques que més s'utilitzaven en aquest període, el lli i la llana, aquesta última pel mantell ja que es tracta d'una peça d'abric.



Figura 2. Detall dels collars. A l'esquerra la peça original, a la dreta la d'Ibercalafell.



Figura 3. Foto de la dama sencera reconstruïda per Ibercalafell. Foto: Quim Castells.

Partint de les decoracions de les ceràmiques de Llúria, hem decorat la part de baix de la túnica amb un motiu ornamental fet amb òxid de ferro, element força habitual en el món ibèric.

ELEMENTS DECORATIUS

-Rodets i infules: Dins de les variades hipòtesis, sembla cada cop més clar que aquests rodets tenien una funcionalitat; no només constituïen un element de prestigi, sinó que també eren unes grans caixes per guardar els cabells, segurament trenats. És lògic pensar que el fet de portar una llarga cabellera (no només en època ibèrica) és un símbol de prestigi i estatus. Per aquest motiu, vam intentar donar als rodets aquesta funció, per tant aquests havien d'estar buits en el seu interior, no només per la seva funció sinó també pel propi pes del material (cada rodets pesa 800 grams).

Probablement, aquests rodets fossin d'or, tot i que és molt difícil de saber. Encara avui s'està discutint sobre la seva elaboració i si l'or seria l'únic material utilitzat o potser tindrien una estructura interior d'algun altre element. A dia d'avui, aquests elements encara són una incògnita.

Per qüestions més que evidents relatives al seu cost econòmic, la reproducció d'Ibercalafell no s'ha pogut realitzar amb els mateixos materials, i s'ha emprat una barreja de llautó i resines.

Les infules que pengen dels rodets han estat realitzades amb la mateixa tècnica.

- Penjolls: El tipus de decoració de bules i amforetes, és força característic d'aquesta època. Podem trobar paral·lels en altres dames com la de Baza o la de Cabezo Lucero. Es va optar per reproduir tots els seus penjolls com a elements d'or, però cada cop és més probable el fet que les denes "agallonades" que separen aquests grans elements fossin de pasta de vidre, i que les denes en forma de disc fossin d'os, com s'ha pogut comprovar en diferents jaciments on n'hi han aparegut. Les bules o amforetes, igual que els rodets i les infules són buits per dins, per intentar reproduir el treball d'orfebreria.

ELEMENTS FUNCIONALS

- Còfia: Observant detingudament l'escultura, es pot entendre que es va elaborar sobreposant diferents capes, les quals li donen la rigidesa suficient per aguantar tot el pes dels rodets.

Ibercalafell ha considerat la idea que hi hagués una part inferior feta de tela (que seria molt més còmoda i adaptable al cap), mentre que per damunt d'aquesta hi hauria la còfia pròpiament dita, que suportaria el pes dels rodets i que hauria de ser d'un material flexible, però al mateix temps resistent, per això es va optar pel cuir, ja que aquest material dona la resistència necessària.

Aquesta còfia està decorada amb un seguit de denes que hem interpretat com a pasta de vidre, sobretot degut al seu rang i com a destacat producte d'importació.

- Tensor: Aquest és l'element de més difícil interpretació de tot el conjunt. El material utilitzat varia segons la interpretació dels diferents investigadors que han estudiat el tema. Tanmateix, els elements considerats com a plausibles són un cordó de cuir o algun element metàl·lic rígid.

Al recrear la Dama d'Eix ens vam inclinar per l'element metàl·lic, ja que les proves que vam fer amb cordó no donaven els resultats esperats, els rodets no quedaven prou fixes i s'inclinaven. El tensor metàl·lic ha funcionat amb aquests rodets fent que aquests quedin totalment rectes i fixats als laterals, permetent el moviment. El problema que ens plantejem però, és que tenint en compte que els rodets s'han recreat amb un material que no és l'original i segurament amb un pes, per tant, molt diferent, no podem assegurar que el què es representa a l'escultura no fos algun tipus d'element de fibra vegetal o animal no rígid.

3. GUERRER DEL CERRILLO BLANCO DE PORCUNA (JAÉN) (SEGONA MEITAT S. VI – INICIS S. V AC)

El conjunt escultòric de El Cerrillo Blanco de Porcuna ha proporcionat una valuosa informació no només sobre l'escultura i societat ibèriques del període, sinó també sobre la indumentària, la panòplia i les tècniques de lluita que s'en deriven.

En aquest cas, s'ha partit d'un conjunt d'hipòtesis exposades a l'acurat estudi en profunditat realitzat per Ivan Negueruela Martínez (Negueruela 1990), on plantejava la recreació d'un guerrer a partir de diversos fragments escultòrics, així com la comparativa amb altres fragments escultòrics, com ara els recuperats durant les excavacions del Parc d'Elx i de l'Alcúdia (Elx, Alacant), entre d'altres.

L'estudi dels diversos fragments rebel·la la utilització d'un gran nombre d'elements, que es poden agrupar en indumentària, armament defensiu i armament ofensiu. La seva recreació ha estat seguida d'un procés d'experimentació amb diversos materials, del qual presentem els resultats més probables.

INDUMENTÀRIA

-Túnica curta: fins al genoll, amb escot en "V" al coll, tant per davant com per darrera, amb mànigues curtes,

i un plec de folgança a la zona de l'engonal tant davant com darrera. Degut a aquest plec, i la caiguda del teixit, la hipòtesi més plausible és que es tracti d'una roba fina de fil de lli, cànem o similar. La recreació de la peça ha permès comprovar que el plec no és merament estètic, sinó que permet al guerrer moure's còmodament i evita que, en seure, la faldilla de la túnica es replegui cap amunt, fet molt avantatjós tenint en compte que es tractaria de guerrers, probablement aristocràtics, que es desplaçaven a cavall. Aquest tipus de túnica es documenta en altres escultures i exvots, sembla que només durant l'ibèric antic de la zona sud.

-Sandàlies: calçat de sola de cuir endurida, amb corretges de subjecció sense cap tipus de sivella. En procés de recreació.

-Braçalets: espiraliformes. No tenim constància d'exemples en el registre arqueològic. A més a més, es troben sobre un múscul que pateix canvis de volum molt considerables, el que fa difícil deduir el material en que es trobarien elaborats per evitar el seu moviment durant la lluita. A part d'un element d'ornament, possiblement servirien per desviar o aturar cops.

ARMAMENT DEFENSIU

-Espalllera o encoixinat: peça en forma de "8" que creua l'esquena del guerrer i abraça les dues espatlles, passant per sota de les aixelles, tot cobrint les coste-

490



Figura 4. Fragments escultòrics del Cerrillo Blanco. Guerrers n° 4 i 5 a l'esquerra i n° 7 a la dreta.



Figura 5. D'esquerra a dreta: fragments escultòrics del Cerrillo Blanco (guerrer nº 1); dibuix de reconstrucció del conjunt i recreació del personatge dut a a terme per Ibercalafell.

lles. Aquesta protecció s'observa en altres escultures de la zona del llevant i sud peninsular i la seva funció és esmorteir la pressió del Cardiophylax i el seu sistema de corretges.

-Corretja: una única tira de cuir que presenta als seus dos extrems rematats en tres o quatre serrells dels que pegen sengles boles possiblement de plom. Forma part d'un sistema que serveix per subjectar fermament l'espallera al cos del guerrer. Els pesos eviten que la corretja s'enredi amb les cames del guerrer en moviment.

-Faldellí: Peça de cuir que cobreix les cuixes i els malucs del guerrer des de la cintura. Acabada en punta per davant i rematada per darrera per pesos de plom, permet el lliure moviment de les cames, protegint de talls les articulacions dels malucs, el baix ventre i l'engonal. No se'n coneixen més paral·lels.

-Cinturó amb sivella de placa. Faixa ampla de cuir amb tres ressals longitudinals paral·lels al sentit del cinturó, lligada per una sivella de placa. Subjecta amb força i protegeix l'espai comprés entre les costelles flotants i els ossos dels malucs, la part més vulnerable, tot evi-



492

Figura 6. A la part superior: recreació i dibuix de conjunt del tipus de casc del Cerrillo Blanco. A la part inferior: detall interior de la reconstrucció de la proposta d'Ibercalafell del tipus d'escut orgànic i detall del fragment escultòric nº 15 del Cerrillo Blanco.

tant que es moguin el faldellí i la corretja de subjecció de l'espallera.

-*Cardiophylax*: sistema de protecció a base de cuir en-durit i bronze, conformada per 4 discos, dos de majors dimensions que protegeixen la zona del cor pel pit i per l'esquena, i dos més petits que protegeixen per la part superior l'articulació de les espatlles, lligats amb quatre corretges de cuir. Tot col·locat sobre el conjunt d'espallera i corretja, que serveixen per cobrir els espais que no protegeixen i amortir els cops rebuts en aquesta zona. Es documenten paral·lels en altres escultures

ibèriques i alguna evidència de discos metàl·lics que podrien recobrir el cuir en algun cas, però dels quals no tenim constància a les escultures de Porcuna.

-*Caetra*: escut amb forma circular. Es tracta d'un model arcaic amb recobriment de bronze per la banda exterior. A partir de les evidències arqueològiques i iconogràfiques, es fa una proposta d'un escut format per planxes circulars de cuir unides entre sí, recobertes amb una rèplica del tatxó de bronze trobat a Puente del Obispo (Jaén), datat en el s. VI aC. Així mateix, reconstruïm una proposta de suspensió del *telamon* (corretges de

suspensió) mitjançant anelles i un emmanegament de tipus orgànic (cuir).

-Casc: interpretació experimental dels cascos que apareixen als fragments escultòrics de Porcuna. Es tractaria d'un casc mixt de cuir i bronze, ornamentat amb una gran crinera que reposa en un suport de bronze. Els encaixos als laterals s'interpreten com el punt on s'inseririen plomes d'ocell (en el nostre cas, volor) per donar major volum al guerrer.

-Cnèmides: petites planxes de bronze que protegirien la zona de les canyelles del guerrer i que es subjecta amb dues cintes de cuir lligades a la zona posterior, segons es pot observar a les peces originals. Sota seu, per evitar fregaments amb el metall i donar una major protecció, es documenta una peça de cuir que embolcalla la cama entre el genoll i el turmell i que es lliga també amb dues corretges de cuir per evitar el seu moviment.

ARMAMENT OFENSIU

-Punyal de frontó: Arma de ferro (de les més antigues conegudes d'època ibèrica, entre s. VI i IV aC), de fins a 45cm de longitud, dissenyada com a arma d'estocada. El doble tall serviria per augmentar la seva capacitat de penetració. Rep aquest nom per la forma "d'arc de mig punt" del pom del seu mànec, normalment recobert de bronze. Es tracta d'una arma contemporània de les falcatas i molt característica dels poble ibèrics del sud-est.

-Llança: es tracta d'un exemple de llança amb una punta i un cub de grans dimensions elaborats amb ferro, amb una nervadura de fins a 50cm. Aquest tipus de llances van ser dissenyades com a armes de penetració en combats "cos a cos", com evidencia el fet que al conjunt escultòric un guerrer travessi a un altre el cap per la boca. No es tracta d'un arma llancívola.

De tot aquest conjunt tant sols ens manca recrear el calçat i els braçalets que ornamenten (i possiblement protegeixen) els bíceps.

L'estudi i recreació d'aquest personatge ens ha permès comprovar l'existència de complexes proteccions orgàniques, que no deixen pràcticament restes al registre arqueològic, pensades per protegir al màxim el cos d'armes com les que ells mateixos empren: punyals de frontó i llances de penetració, alhora que permeten el lliure moviment del guerrer a peu i el seu desplaçament a cavall, el qual també comptava amb unes complexes defenses.

Així, el personatge recreat es correspondria, probablement, amb un aristòcrata que emprava una panòpia ostentosa i elitista, a l'abast de molt poca gent. Com diem, identificaria a un tipus de guerrer que s'hauria

estès per la zona sud-est peninsular durant el període de l'ibèric antic i part de l'ibèric ple.

4. CONCLUSIONS

L'aplicació de les tècniques d'arqueologia experimental per tal de recrear la indumentària, panòpia i abillaments d'escultures ibèriques, en aquest cas els guerrers del Cerrillo Blanco de Porcuna i la Dama d'Elx, ens han permès fins el moment posar en pràctica les diverses teories sobre materials i utilització dels diversos elements.

Tot i així, es pot considerar que a efectes d'investigació experimental, encara no s'ha finalitzat aquesta recerca, trobant-nos davant les conclusions d'una primera reconstrucció.

Així, si bé hem de reconèixer que en el cas de la Dama d'Elx, Ibercalafell ha emprat materials que no correspondrien amb seguretat als de l'orfebreria original donat el seu elevat cost (s'ha optat per reconstruir les diverses peces a partir d'una barreja de resines i llautó, per obtenir la volumetria adequada), sí que ens ha servit per començar a plantejar els problemes de la col·locació dels tocats ibèrics, la funcionalitat dels seus diversos elements i la distribució de pesos; així mateix, ens ha servit per començar a plantejar diverses hipòtesis estructurals que encara es troben en fase de desenvolupament. De tota manera, l'objectiu inicial, d'oferir una aparença estètica fàcilment identificable pel públic en general, de cara a la difusió didàctica de la cultura ibèrica, ha estat amplament aconseguit.

D'altra banda, amb la recreació d'un guerrer del tipus del Cerrillo Blanco de Porcuna, s'ha optat per seguir unes hipòtesis de treball molt elaborades ja prèviament a partir de l'estudi del conjunt per Ivan Negueruela i el seu equip. Tanmateix, durant el procés de recreació de les diverses peces identificades es va poder comprovar que tant el denominat faldellí, com la corretja de subjecció, tot i que també podrien estar elaborades en tela, el cuir ofereix una major resistència als freds i una major comoditat, sobretot en el cas del faldellí, que permet adoptar qualsevol posició, sense deformar-se, i que segurament serviria com a protecció fins i tot en el transport a cavall del guerrer.

Així mateix, l'observació amb detall dels diversos dibuixos i fragments escultòrics recuperats en aquest i altres jaciments, així com dels materials metàl·lics conservats, ha permès plantejar una interpretació, completament funcional, d'un escut quasi totalment orgànic, en base a planxes de cuir circulars unides entre sí, i amb un sistema de subjecció del *telamon* (corretges de suspensió) mitjançant anelles metàl·liques (documentades a les excavacions, generalment sense precisar la seva funci-

onalitat) i un emmanegament també orgànic a base de cuir, que casaria amb la no aparició d'elements metàl·lics dels escuts, però sí de la resta d'armament.

En resum, ens trobaríem davant un tipus de guerrer que comptaria amb unes proteccions complexes, perfectament adaptades a la seva funcionalitat, realitzades quasi totalment amb cuir, la qual cosa permetria el guerrer disposar d'una gran mobilitat i lleugeresa, sense disminuir la seva capacitat defensiva respecte al tipus de lluita i armes ofensives del moment.

De tota manera, tampoc considerem esgotada la investigació i recreació experimental en aquest cas; actualment ens trobem provant altres teixits en comptes del lli, així com la recreació dels braçalets que decoraven i protegien els bíceps, o el propi calçat dels guerrers.

5. BIBLIOGRAFIA

LLOBREGAT CONESA, E. 1972, *Contestania Ibérica*, Alicante, Publicaciones del Instituto de Estudios Alicantinos, Serie II, nº 2.

NEGUERUELA MARTÍNEZ, I. 1990, *Los Monumentos escultóricos ibéricos del Cerrillo Blanco de Porcuna (Jaén)*, Madrid, Ministerio de Cultura.

RAMOS, R. 2000, *La escultura ibérica en el bajo Vinalopó y el bajo Segura*, Elx, Institut Municipal de Cultura, Ajuntament d'Elx.

RAMOS, R. 2003, *Documentos y reflexiones sobre una dama*, Elx, Institut Municipal de Cultura, Ajuntament d'Elx.

VIVES, F. 2001, *La dama de Elche en el año 2000. Análisis tecnológico y artístico*, Elche, Colección Gorgona.

EL MODELO DE ESTUDIO DEL PECIO *OUEST GIRAGLIA 2 (CÓRCEGA)*

Carlos de Juan Fuertes*

Les restes d'Ouest Giraglia 2 es troba naufragat a Cap Cors (Còrsega). Transportava vi envasat en dolia juntament amb àmfores Dr 2-4 del s. I d.C. i una porció important del casc de la nau es conservava sota la sorra. Presentem la reproducció experimental d'una secció transversal del casc de la nau, realitzada amb l'objectiu de comprendre millor el seu procés de construcció, així com determinades característiques pròpies d'aquestes naus especialitzades en el transport de vi a granel.

Derehcte, *Ouest Giraglia 2*, àmfores DR.2-4, reproducció experimental.

The Ouest Giraglia 2 is shipwrecked on Cape Corse (Corsica). Carrying dolia and amphorae Dr. 2-4 in the first century AD, a major portion of the hull was preserved under the sand. We present experimental reproduction of a cross section of the hull, made in order to better understand the process of construction, and certain characteristics of these ships specialized in the transport of bulk wine.

Shipwrecked, *Ouest Giraglia 2*, amphorae Dr.2-4, experimental reproduction.

495

1. INTRODUCCIÓN

El pecio de *Ouest Giraglia 2* se encuentra naufragado a 34 m de profundidad, próximo a la isla Giraglia (Córcega) (Fig. 1). Fue objeto de excavación arqueológica durante los años 2010, 2011 y 2012 por el Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines (DRASSM), la Asociación ARKAEOS y voluntarios de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins, bajo la dirección de Cibecchini y Minvielle. El excelente estado de conservación de los restos ha permitido un detallado estudio de arquitectura naval por Marlier y De Juan¹, junto con un amplio equipo de especialistas.

La justificación científica de la intervención se basaba en que el pecio de la *Giraglia 2* podría ayudar a una mejor comprensión del sistema de comercio marítimo del vino envasado a granel, fundamentalmente durante el s. I. Una de las hipótesis de trabajo con la que se iniciaron las investigaciones en el yacimiento era que los contenedores fijos (*dolia*) y el sistema de comercio marítimo² del vino a granel, podría llevar asociada la construcción

de barcos con una arquitectura naval diseñada específicamente para este tipo de transporte. Los barcos con *dolia* deberían navegar hasta los mismos centros productores de vino, entrando en espacios náuticos fluvio-marítimos o lagunares (Marlier 2009), cruzando por ello lenguas de arena costeras de desembocaduras y albuferas. Su arquitectura naval debería estar adaptada a las necesidades del modelo de comercio.

Por lo que hace referencia al pecio *Giraglia 2*, las conclusiones del estudio de arquitectura naval realizado durante el año 2010 (Fig. 2) no podían ser definitivas en tanto que era necesario conocer más datos sobre la forma de la quilla³, las tracas de apardura y las segundas tracas, en la zona más central del casco. También se requería conocer el espesor de las tablas, tener más datos del sistema de sustento de la carpintería transversal e incluso poder tener una visión de la cara exterior del casco en contacto directo con el sustrato marino. En la planificación de los trabajos para el año 2011 se optó como mejor solución para la documentación de la arquitectura naval de aquellos elementos en los que no era posible la observación directa, el desmonte de

* Doctorando Universitat de València; Chercheur associé Centre Camille Jullian-CNRS.

1.- Todas las informaciones aquí reflejadas han sido extraídas de mi trabajo de tesis doctoral, ya en su fase final.

2.- Comercio directo desde los centros productores del vino, hasta los puertos de estocaje, venta y/o redistribución.

3.- Para el vocabulario náutico Cfr. Nieto 1984, 135-146.

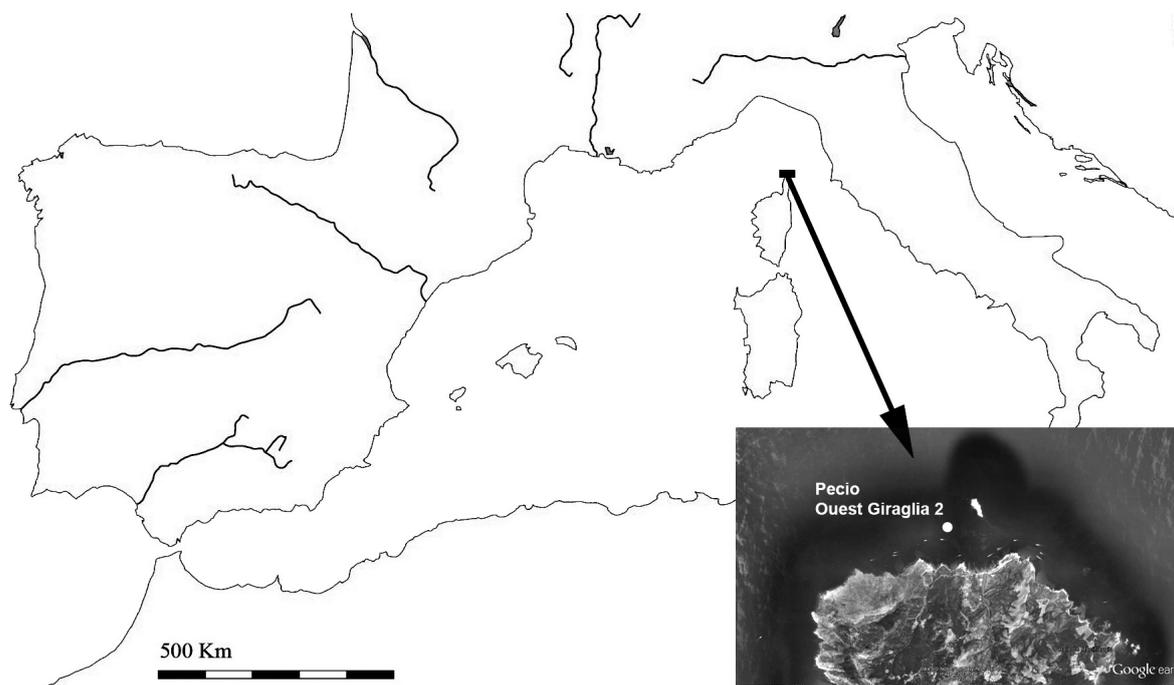


Figura 1. Situación del pecio Ouest Giraglia 2 en el norte de la isla de Córcega.



Figura 2. Vista del yacimiento en la campaña de 2010. (Foto: Autor).

una sección del barco a la altura de la varenga M109, mediante el aserrado de una parte correspondiente con una de las secciones transversales del casco ya dibujadas en el año 2010 (Fig. 3).

La cuaderna fue removida en primer lugar del yacimiento y remontada a superficie con anterioridad al fin del corte de la quilla. Durante el proceso de desmontaje de la varenga M109 se pudo realizar una primera observación y fue posible comprender y confirmar que a pesar de la afección por *Teredo navalis* de la cara superior de la quilla y las tracas de aparadura (Fig. 5-Q, B1E, B1O), el eje axial estaba situado un centímetro o más por debajo del plano horizontal que creaban las tracas de aparadura, lo que ponía la arquitectura naval de la *Giraglia 2* en relación con la del pecio con *dolia* de *Ladispoli* (Carre 1993). Todas las piezas de madera de la sección fueron remontadas a superficie y estudiadas con detalle (Fig. 4-1).



Figura 3. Durante el trabajo de corte de una sección en la zona central (M109) del pecio Giraglia 2. (Foto: Seguin).

2. LOS MODELOS DE ESTUDIO

Los *modelos de estudio* son la reproducción experimental a escala 1:1 de una porción del casco de una nave objeto de estudio. La experimentación comprende desde el *principio de concepción*, sus técnicas, el *proceso de construcción*, especies vegetales utilizadas e incluso si es posible, la praxis con las herramientas y útiles propios del periodo. Todo ello tiene como objeto obtener mediante la práctica, la hipótesis más probable de los principios, procesos y técnicas de armado empleadas en la embarcación (Pomey 2009b, 411).

Todo estudio de arquitectura naval comporta la enunciación de una serie de hipótesis de trabajo, tanto por lo que hace referencia al plano técnico de la propia construcción del barco, como su adscripción a *familias y/o a firmas arquitecturales* (Pomey 2009a). Los pecios antiguos normalmente se conservan de manera parcial y normalmente las porciones de casco están afectadas por la flora y la fauna submarina (Fig. 2), como puede ser por la acción del *Teredo navalis*. Ello provoca que la simple observación y estudio *in situ* de la arquitectura naval de un pecio no siempre sea concluyente, en el sentido que puede haber elementos que se hacen incomprensibles bajo el agua al arqueólogo naval.

Tras el desmonte de la sección en el pecio (Fig. 2) y su estudio de detalle en superficie aparecieron una serie de cuestiones que nos llevaron a formular hipótesis y que la reproducción de un modelo podría ayudar a confirmar o desmentir. El modelo de estudio de la sección del *Giraglia 2* ha tenido como objeto comprobar si en el proceso constructivo la cuaderna M109 tuvo realmente un papel activo y si existía una diferencia de altura entre la quilla y las tracas de aparadura que pusieran a este pecio en relación directa con *Ladispoli* (Carre 1993).

3. UN MODELO EN POLIESTIRENO

Consideramos oportuno iniciar nuestro estudio con la realización práctica de un modelo en poliestireno que nos serviría como primer ensayo para secuenciar el *proceso de construcción*. Ello estuvo motivado por que tanto la quilla, como las tracas de aparadura y la cuaderna (Fig. 4-1; Fig. 5-M109), presentan zonas degradadas o desaparecidas que requerían en primera instancia de una restitución teórica, revelándose el poliestireno como un material adecuado a tal fin. El primer paso fue el desarrollo de un método que nos permitiese trasladar la documentación arqueológica (dibujos de planta, secciones y mediciones), primero al poliestireno y luego a la madera. Con el dibujo arqueológico a escala 1:1 de la porción de casco remontada a superficie



498

Figura 4. Varias vistas del proceso de trabajo: 1.- Estudio de detalle del fragmento del casco remontado en superficie (Foto: Seguin); 2.- Situación y ángulos de las cabillas en la cuaderna M109 en el modelo en poliestireno; 3.- Durante los trabajos de realización del modelo; 4.- Momento del proceso constructivo en el que se colocaría la cuaderna activa M109 sobre el casco. (Fotos: Autor).

creamos plantillas de trabajo y restituimos teóricamente las partes de madera perdidas.

Tras la realización en poliestireno de todas las piezas iniciamos su remontaje detectando las primeras contradicciones. Por un lado, la varenga (Fig. 5-M109), (presentaba en su cara inferior un trabajo delicado y un ángulo muy preciso (2° sobre la horizontal a ambos lados del tacón central, Fig. 5-4) que nos recordaba más a un corte utilizando un dibujo preciso, que no a una fabricación “a ojo” de la pieza para colocarla *a posteriori* sobre el casco. Por otra parte la forma de su tacón⁴ en contacto directo con la quilla y la forma y posición de las tracas de aparadura (Fig. 5-B1E y B1O), creaba un conjunto de difícil encaje por los ángulos que presentaban las referidas piezas. Por otra parte el orden y ritmo de las cabillas (Fig. 5-3) de fijación de la varen-

ga (Fig. 5-M109) era constante en las caras laterales e impreciso en la cara inferior (Fig. 4-2).

4. EL MODELO DE ESTUDIO EN MADERA

Para la realización del modelo de estudio en madera, las dos primeras cuestiones con las que nos tuvimos que enfrentar fueron por una parte la elección de las especies vegetales y por otra la utilización de herramientas propias del periodo. Desde nuestro punto de vista el mejor escenario para una reproducción pasa sin duda por desarrollar todos los trabajos de la manera más fidedigna posible, si bien como pudimos comprobar ello no siempre es posible, dada la problemática actual de aprovisionamiento de determinadas especies⁵, la

4.- Que recuerda a la forma de las cuadernas documentadas en el pecio de *Titan* (Benoit 1958, 13), con unas líneas del casco suavemente pinzadas, doble casco y tracas de aparadura poligonales, así como a las del pecio de *Ladispoli* (Carre 1993), con una arquitectura naval y función idéntica al *Giraglia 2*.

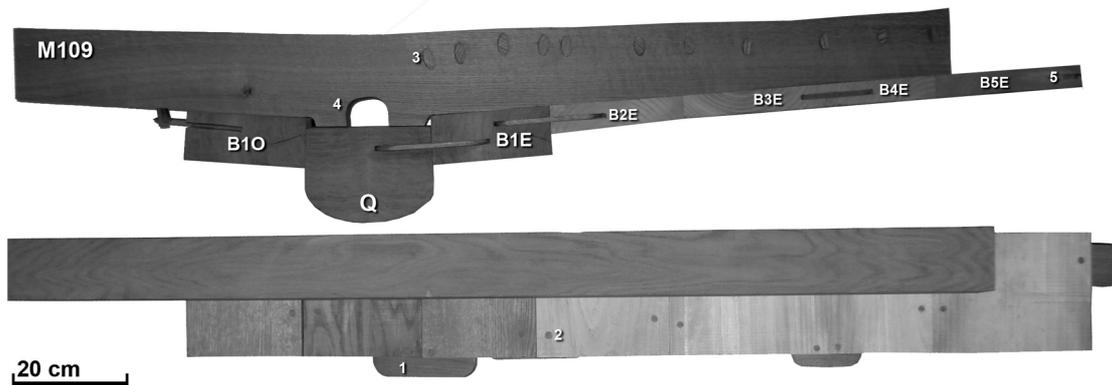


Figura 5. Modelo de estudio finalizado con vista en sección y cenital. Q.- quilla; B1O.- traca de aparadura oeste; B1E.- Traca de aparadura Este; B2E.- Segunda traca de aparadura Este; B3E, B4E y B5E.- resto de tracas del casco; M109.- Cuaderna o varenga activa; 1.- Espiga; 2.- Clavija; 3.- Cabilla; 4.- Tacón; 5.- Mortaja. (Fotos: Autor).

falta de herramientas que funcionen y sepamos usar apropiadamente, dentro de un trabajo experimental en el que hay un presupuesto económico al que ceñirse⁶. Para la realización del modelo se acudió a una carpintería tradicional para que el trabajo fuera completamente ajeno a la arquitectura naval contemporánea.

En el momento del desmontaje subacuático de la varenga M109, pudimos observar como las clavijas cónicas que fijan las espigas de la traca de aparadura con la segunda traca (Fig. 5-B1O), estaban colocadas desde el exterior del casco y que llegaban a penetrar la misma base de la cuaderna, efecto análogo constatado en la unión de la B3E y la B4E. Ello podría indicar un *proceso de construcción* en el que la varenga M109 jugaría un papel de ayuda o activo en la construcción longitudinal del casco (Basch 1972), siendo el *Giraglia 2* el pecio más antiguo que emplearía la referida técnica. La reproducción del modelo de estudio nos iba a permitir comprender mejor el *proceso de construcción*.

5. LA QUILLA Y LAS TRACAS DE APARADURA

Era necesario decidir la forma a dar a la quilla, ya que la sección extraída del mar estaba muy afectada por xilófagos y no conservaba más que de manera parcial las caras de contacto con las tracas de aparadura. La observación de éstas nos llevó a concluir que el

ángulo que formaban en el plano horizontal las tracas de aparadura y la quilla era 0°, por lo que el alefriz era inexistente (o éste era a 90° con la horizontal). Por lo que hace referencia a las tracas de aparadura éstas se cortaron completamente rectangulares con sus ángulos a 90°. Hemos señalado con anterioridad como la cuaderna M109 presenta en su cara inferior dos suaves ángulos simétricos desde su tacón central. También podemos asegurar que para que cumpla su papel de refuerzo transversal del casco, necesariamente debió estar perfectamente unida a éste. Hacemos estas observaciones, puesto que una vez presentamos las piezas, la varenga, quilla y tracas de aparadura, tal y como sospechábamos no encajaron.

A pesar de este desajuste que detectamos teníamos la seguridad de que la quilla no presentaba alefriz en la porción sacada del agua y que su contacto con las tracas de aparadura era con un ángulo de 90° con la horizontal. Pudimos entender entonces que un mínimo error era determinante.

La solución al problema del acople de las piezas en el modelo se resolvió repartiendo los grados de error de manera proporcional a todas las piezas, lográndose entonces el acople perfecto (Fig. 5).

En estos momentos del proceso pudimos establecer que sin duda existía una diferencia de altura entre las tracas de aparadura y la quilla (1,5 cm≈1 *digitus*) (Fig. 5).

5.- Las especies vegetales utilizadas fueron: Q-*Quercus* sp.; B1E y B1O-*Quercus* sp.; B2E, B3E, B4E y B5E-*Pinus halepensis*; M109-*Quercus* sp.; espigas-*Quercus* sp.; cabillas y clavijas-*Fagus sylvatica*. Las especies arqueológicas eran: Q-*Quercus ilex*; B1E y B1O-*Quercus* sp.; B2E, B3E, B4E y B5E-*Pinus halepensis/brutia*; M109-*Quercus* sp.; espigas-*Quercus* sp.; cabillas y clavijas-*Quercus ilex*, *Fraxinus ornus*.

6.- Todos los costes de la experimentación realizada han sido sufragados por la asociación para la arqueología subacuática ARKAEOS y el DRASSM.

Por otra parte quizás la erosión de la cara superior de las tracas de aparadura, que dejó sus cantos superiores internos (en contacto con la quilla) levemente redondeados, pero podría ser algo premeditado en el astillero, para un mejor encaje de estas piezas y la varenga (Fig. 5-Q, B1E, B1O y M109).

La 2ª traca de aparadura (Fig. 5-B2E) tenía una sección levemente poligonal, ya que hace de pieza intermedia o de transición entre el eje axial, con casi 8 cm de grosor en la traca de aparadura (Fig. 5-B1E) y los 3,9 cm (aprox.) del resto de tracas (Fig. 5-B3E). Tiene pues en su cara lateral de contacto con la traca de aparadura un grosor de 4,9 cm y en la cara de contacto con la 3ª traca, 3,9 cm.

El siguiente paso en la construcción del modelo fue el marcaje y ejecución de las mortajas en las caras laterales de la quilla. Para dibujar éstas trazamos una línea imaginaria central, colocándose de manera alternante una mortaja sobre ella y otra por debajo, con las medidas tomadas en la muestra arqueológica.

Los útiles empleados para la realización de éstas fueron cinceles de dos medidas. Uno de 5 cm de ancho con el que se trabajaba de manera paralela a las líneas longitudinales y otro de 0,8 cm con el que se trabajaba con su filo de manera perpendicular a la mortaja. Con este último cincel se hacía un vaciado que dejaba los ángulos de la cara más profunda de la mortaja algo circulares, tal y como pudimos observar en algún caso en el pecio. La diferencia con los útiles de época romana es mínima (Ulrich 2007). El tiempo de ejecución de cada una de las mortajas en *Quercus* fue cercano a los 30 minutos.

Para trasladar la situación de las mortajas de la quilla a las tracas de aparadura se hicieron unas marcas en las caras superiores de éstas para proyectar los puntos de los extremos de las mortajas. Para la fabricación de las espigas, con diversas medidas, se utilizaron directamente medios eléctricos ya que para nuestra destreza era un trabajo enorme el cortarlas a sierra, más tratándose de una madera de gran dureza (*Quercus* sp.). Su forma en los extremos distales era levemente redondeada y el acabado en bisel, muy corto y anguloso de sus extremos, algo quizás en relación con una mejor penetración en la mortaja.

Llegó entonces el momento de introducir las espigas en la quilla y en la traca de aparadura, tarea para la cual, a pesar de ir muy encajadas no fue necesaria la utilización de ningún aceite o grasa. Para la colocación de las tracas de aparadura, bastó con “presentarlas” con corrección para que con unos golpes de mazo

enérgicos, entrasen poco a poco. El siguiente paso en el proceso constructivo nos trajo de nuevo a colación el debate sobre la utilización de herramientas antiguas o modernas, ya que llegó en el momento de tener que hacer las perforaciones para introducir las clavijas de fijación. Son tres las posibilidades que barajamos, taladro arquero, berbiquí y taladro eléctrico. La primera de ellas, es la que se ajusta a la realidad de la carpintería naval antigua, tuvimos que desecharla al no contar ningún taladro de esas características. Por ello la posibilidad de reproducir la técnica romana y realizar las perforaciones con un perfil levemente cónico desapareció. Usamos pues un taladro eléctrico.

Llegó el momento de colocar las clavijas de fijación. Si bien se experimentó la fabricación de éstas a cuchilla, partiendo de listones de sección cuadrangular, en la reproducción se utilizaron cabirones de *Fagus sylvatica*. En nuestro modelo, en ambas caras de las tracas de forro (interna y externa), las clavijas (Fig 5-2) iban a presentar el mismo diámetro, a diferencia del original, que al ser éstas de perfil cónico, variaba el diámetro en la cara interna del casco y en la externa. Las clavijas requirieron de enérgicos golpes para que se introdujeran en las perforaciones.

Continuamos la experimentación con la realización de las mortajas en el resto de tablas en madera de pino, muy blanda (*Pinus halepensis*). Una vez se finalizaron estos trabajos procedimos a unir la 2ª traca de aparadura al eje longitudinal (Fig. 5-B1O, Q, B1E). Tal y como hemos señalado con anterioridad, sería a partir de este momento cuando la varenga M109 debería unirse al casco. Pensamos que la completa fijación se realizaría al final del proceso constructivo, cuando el armando del casco estuviese mucho más avanzado. Para mantener la cuaderna en su posición con el eje axial existen unos clavos con una sección cuadrada de 3-4 mm de lado y cabeza redondeada que han sido colocados desde el exterior del casco y únicamente en las tracas de aparadura. Éstos dejarían completamente fija la varenga M109. Al carecer en estos momentos de clavos de forja de sección cuadrada, tomamos la decisión de no colocar éstos en acero ya que desvirtuaban visualmente el modelo⁷.

Desde este punto continuamos con la unión de las tracas restantes al modelo, con la cuaderna “presentada” pero sin unión con el casco (Fig 4-4). Una de las observaciones que realizamos sobre la porción de casco reproducida es que sin la cuaderna M109 su flexibilidad era asombrosa, casi era peligroso el mover la pieza por que ésta se podría quebrar. Al colocar el modelo sobre el banco de trabajo pudimos observar

7.- Los datos necesarios creemos que los hemos obtenido igualmente. Por otra parte queríamos disponer de la posibilidad de colocar y quitar la varenga para así poder realizar cuantas pruebas se nos ocurriesen.

cómo era prácticamente una lámina que podíamos doblar con solo aplicar algo de peso. Tal flexión era inexistente en el eje creado por la quilla y las tracas de aparadura, leve en la 2ª traca y muy acusado en las otras tres.

Por último llegó el momento de unir la cuaderna al modelo. Pensamos que era necesario encontrar una explicación tanto al motivo por el que las cabillas (Fig.5-3) se colocan en bisel, como que desde el tacón central (Fig.5-4), hacía un extremo se coloquen en una cara lateral y hacia el otro, en la opuesta, sin que en ningún caso se claven en la quilla. El motivo no podía ser la altura de la cuaderna que en ningún caso podemos considerarla importante, como podría ser el casco de las varengas de los pecios de fondos pinzados (p.e. *Madrague de Giens*, Tchernia *et al.* 1978). El primer paso para la unión de la varenga M109 al casco, fue la translación desde las plantillas transparentes en pvc de la situación de las cabillas para cada una de las caras de la cuaderna.

Tal y como observamos en la reproducción en poliestireno las cabillas tienen un cierto orden y ritmo de colocación en las caras laterales (también observado en más cuadernas en el pecio) pero sin embargo presentan una disposición nada ordenada en la cara inferior (Fig.4-2), motivado por que el ángulo de las cabillas no es constante ni preciso. Esta observación nos lleva a concluir que al menos las perforaciones se realizaron desde el interior del casco.

Tras la revisión de los trabajos de Adams (1989) y Ulrich (2007) uno de los detalles que más no llamó la atención sobre las barrenas, es que a diferencia de las de épocas posteriores, medievales y modernas las documentadas arqueológicamente, no tienen adosada a la punta un tornillo inicial que es el que va introduciendo la barrena en la madera. Ello no es una cuestión menor, ya que nuestra experiencia con una barrena de 22 mm artesanal, sin tornillo inicial, no nos permitió ni siquiera iniciar la perforación lateral de una cabilla. Por ello, la hipótesis de la realización de éstas perforaciones pasa por, bien iniciarlas con barrenas de menor diámetro o con un taladro arquero para progresivamente ir aumentándolo hasta llegar a la medida deseada. En nuestra experimentación pudimos comprobar cómo incluso con un taladro eléctrico, la dureza de la madera de *Quercus* no permitía realizar una perforación en una única acción. Por otra parte comprobamos que requirió un gran esfuerzo encontrar el ángulo preciso con el que realizar la perforación, para que el agujero de salida en la cara inferior de la cuaderna estuviese más o menos centrado.

¿Por qué en el pecio *Giraglia 2* las cabillas están colocadas en bisel y no desde la cara superior como sería aparentemente más lógico, dada la altura no muy ele-

vada de las cuadernas? Si el esfuerzo que sufre la unión entre las tracas de forro y la cuaderna es en sentido transversal o perpendicular a la quilla, parece que la colocación de las cabillas en vertical o bisel no va a ser muy determinante para hacer robusta la unión y parece por el contrario que la forma del tacón de la varenga, apoyado en los cantos de las tracas de aparadura, va a jugar un papel fundamental en el freno a este esfuerzo transversal (Fig. 5).

Pero teniendo en cuenta las torsiones del barco en navegación y el papel propio de la carpintería transversal para hacer rígido al casco, la colocación en bisel podría ser más efectiva contra las tensiones en determinadas zonas de las cuadernas cuando éstas tienen sentido vertical ascendente, pero ¿por qué a un lado de la quilla se practicaban en una cara lateral y *viceversa* y no se colocan las cabillas de una manera alternante como podría parecer más lógico para afianzar la pieza? Quizás ello tan solo atiende al reparto del trabajo de los carpinteros sobre el interior de casco, con una división del trabajo que implica también una división de las zonas por medio de la quilla y no tenga argumento técnico. Según nuestras conclusiones, el juego particular en la colocación de las cabillas de fijación de las varengas y semicadernas en el *Giraglia 2*, pensamos que podría tener su explicación en una práctica que quizás nuestra experimentación ha ilustrado. Hemos señalado anteriormente que las perforaciones llevan un cierto ritmo en las caras laterales pero que en la cara inferior de las varengas observadas se presentan desalineadas del eje longitudinal de estas piezas, algo que hemos interpretado al realizar la experimentación como que las perforaciones de estas piezas se realizaron desde el interior del barco, siendo un trabajo difícil por la dureza de la madera y que hacía imprecisa la dirección y ángulo que tomaría la barrena. Por ello parece poco razonable desde un punto de vista de la ejecución de la construcción, ir alternando cabillas por cara lateral, puesto que podrían cruzarse las perforaciones debilitando incluso la pieza, algo que queda sencillamente resuelto con una práctica del astillero, que es dividir el sentido de la perforación en las caras laterales en función del costado de babor-estribor.

Para un perfecto acople de las piezas es necesario que la quilla y las tracas de aparadura no estén en el mismo plano (Fig. 5) lo que pone en relación clara la arquitectura de los pecios con *dolia*, *Ladispoli* y *Giraglia 2*. También queremos señalar que al realizar el modelo de estudio, hemos podido confirmar que las observaciones realizadas sobre las muestras arqueológicas fueron las correctas, tratándose pues la M109 de una cuaderna activa colocada con anterioridad a la finalización de la construcción del casco.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ADAM, J. P. 1989, *La construction romaine. Matériaux et techniques*, Paris.
- BASCH, L. 1972, Ancient wrecks and the archaeology of ships, *IJNA*, 1-58.
- BENOIT, F. 1958, Nouvelles épaves de Provence, *Gallia* XVI, fasc. 1, 5-39.
- CARRE M.-B. 1993, L'épave a *dolia* de Ladispoli (Etrurie méridionale), étude des vestiges de la coque, *Archaeonautica* 11, 9-29.
- CARRE M.-B., ROMAN, R. 2009, Hypotheshe de restitution d'un navire à *dolia*: la construction d'une maquette, *Archaeonautica* 15, 175-192.
- MARLIER, S. 2009, Architecture et espace de navigation des navires à *dolia*, *Archaeonautica* 15, 153-173.
- NIETO, F. J. 1984, *Introducción a la arqueología subacuática*, Barcelona, Editorial CYMYS.
- POMEY, P. 2009a, Principes et méthodes de construction en architecture navale antique méditerranéenne. De la conception à la réalisation in X. Nieto, M. A. Cau (ed.), *Arqueologia nàutica mediterrània*, Monografies del CASC 8, Girona, 337-342.
- POMEY, P. 2009b, Archéologie navale et archéologie expérimentale : les modèles d'étude, les maquettes de restitution et les répliques navigantes, in X. Nieto, M. A. Cau (ed.), *Arqueologia nàutica mediterrània*, Monografies del CASC 8, Girona, 411-417.
- TCHERNIA, A., POMEY, P., HESNARD, A. *et al.* 1978, L'épave romaine de la Madrague de Giens (Var), XXXIV Supplément a *Gallia*, 75-107.
- ULRICH, R. 2007, *Roman woodworking*, Londres, Yale University Press.

EXPERIMENTANDO CON DISTRIBUCIONES ESPACIALES EN CPU: SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA Y VISUALIZACIÓN COMO COMPLEMENTOS ANALÍTICOS EN EL ANÁLISIS ESPACIAL ARQUEOLÓGICO

Alfredo Maximiano Castillejo*

Quan treballem amb distribucions espacials, intentem conèixer si aquestes tenen alguna estructura o patró espacial. Aquesta és la forma clàssica i sol ser el final del procés analític. Tanmateix, això no hauria de ser la conclusió, sinó una oportunitat per a investigar processos espacials mitjançant un altre enfocament: la simulació computacional. En aquest treball, es presenta un procés arqueo-experimental mitjançant CPU en què els models de distribució s'utilitzen per avaluar poblacions empíriques a través de múltiples simulacions espacials (usant patrons de distribució teòric, formulant condicions restrictives que interactuïn amb la distribució ideal, introduint distorsions). D'aquesta manera, els resultats de la simulació es converteixen en un complement / alternatiu a l'hora d'interpretar la variació espacial empírica.

Simulació espacial, geoestadística, distribució normal bi-variada, Barmosen I.

503

When we are working with longer series of spatial distribution, we try to know if there is any spatial structure into datasets collections using spatial analyst. This is the classical and canonical way, and usually is the conclusion of our research; but we think our spatial investigation not must end in this point. The opportunity of handling spatial distributions (into a CPU) could give us new possibilities in terms of compression and interpretation about spatial dynamic into archaeological site complexity. In this paper we want to show the spatial arqueo-experiment into CPU where we testing our empirical spatial distributions into different spatial simulations (using sets of spatial patterns, formulate restrictive conditions which affecting spatial distribution, introduce disturbances...). Results are a complement way of understanding empirical spatial variation like a balancing perspective into archaeological spatial analyst processing.

Spatial simulation, Geostatistical, Bi-variate distribution, Barmosen I.

1. INTRODUCCIÓN

La simulación de distribuciones espaciales supone una vía analítica aplicada en múltiples disciplinas científicas mediante la cual se controla la incertidumbre espacial (Englund 1993, 434). Básicamente, a través de la simulación se puede modelizar, visualizar y analizar cómo varía una o varias propiedades en el espacio (y en el tiempo) bajo unas condiciones controladas, que pueden modularse según las necesidades de la investigación.

En el presente trabajo se hace una propuesta teórica acerca de cómo aplicar la simulación espacial¹, mediante el uso de CPU, en distribuciones pertenecientes al yacimiento arqueológico Barmosen I. Sin duda, la simulación espacial no es la panacea para determinados problemas arqueológicos, sin embargo, es una vía que posibilita un nuevo planteamiento de los problemas inherentes al análisis espacial arqueológico, implementada con éxito en otras disciplinas (Izquierdo *et al.* 2009) y que puede ser útil en determinados casos arqueológicos.

* Post doctoral researcher *Juan de la Cierva* Program. IIIIPC The Cantabria International Institute For Prehistoric Research University of Cantabria. Spain
1.- Inspirado en el trabajo de M. Aldenderfer (Aldenderfer 1991)

2. SIMULACIÓN DE PROCESOS ESPACIALES Y ARQUEOLOGÍA: ARGUMENTOS, LÍMITES Y EXPECTATIVAS

A través de un proceso de simulación, se puede modelizar y predecir comportamientos en un sistema cuya complejidad en términos de percepción y atribución causal no permiten establecer un vínculo directo y lineal entre acciones y efectos materiales de las mismas (Perros 2009, 3).

La simulación por computación permite repetir y modificar las condiciones del entorno y los parámetros de la variable (valores de intensidad, dirección, secuenciación,...) en función del criterio seleccionado, pudiendo así analizar las consecuencias de cada una de las configuraciones, lo que permite reconocer pautas, discontinuidades..., mediante las cuales podemos aproximarnos a la dinámica inherente del objeto de estudio.

Empero, un proceso de simulación es una herramienta útil a la hora de conectar posibles causas con sus probables efectos y establecer la tendencia que existe dentro de un sistema determinado. Ahora bien, simular un proceso es conjugar una serie de variables que caracterizan comportamientos dentro de una complejidad extensa pero abarcable. De tal manera que en un programa de investigación de la variabilidad espacial, la simulación es una componente más, y no debe entenderse como un fin en sí mismo.

Si se define *espacio arqueológico* como una expresión dialéctica y sinérgica de los procesos sociales y naturales que convergen en un conjunto de localizaciones (Maximiano 2008, 74), se puede establecer un nexo entre los restos arqueológicos espacialmente distribui-

dos, la porción de *espacio físico* donde aquellos fueron realizados, y la localización de la acción causal.

Ahora bien, hay que discernir entre: a) si la distribución percibida es fruto de la acción causal originaria, o b) lo percibido, es una consecuencia de la acción de otros tipos de agentes o fuerzas naturales que han remodelado la localización original de aquellos efectos. Ante esto, surge una pregunta clave a la hora de afrontar con ciertas garantías de éxito cualquier análisis espacial: *¿Qué puede estar indicando la distribución espacial observada?*

Ese tipo de consulta es fundamental en el caso de la variabilidad espacial arqueológica, ya que se suele atribuir la localización de determinados restos bajo determinado módulo de intensidad (por ejemplo: desechos de talla lítica) al lugar donde la acción se realizó (ej. taller de producción lítica). Este tipo de relación entre evidencia y causalidad no es necesariamente unívoca, ya que en arqueología tanto las condiciones del medio como el conjunto extenso de acciones pueden distorsionar la posible relación entre restos materiales y lugar de la acción.

En numerosas ocasiones, el análisis espacial arqueológico suele establecer asociaciones ficticias entre categoría, función y uso del espacio, lo que genera una interpretación espacial que probablemente fuese diferente a la del pasado.

Mediante la simulación espacial se pueden establecer diferentes paradigmas de relación entre *tipo* y *lugar* de la acción con el *modo* en el que sus efectos materiales se encuentran espacialmente distribuidos. Empero, una distribución de restos arqueológicos es, *in extremis*, un conjunto de efectos materiales repartidos en una determinada región del espacio físico bajo un determinado

504

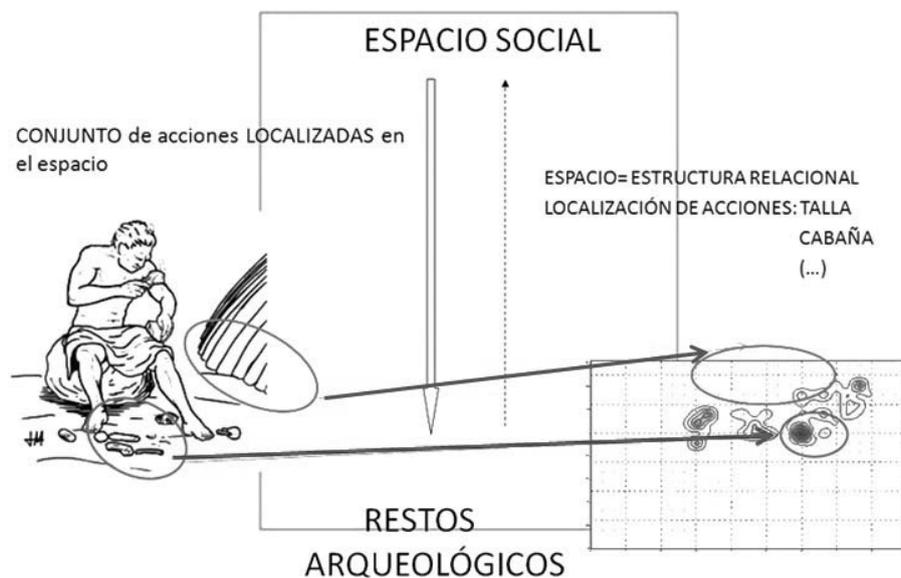


Figura 1. Recreación de un proceso de producción y su posible distribución espacial. A la izquierda un agente haciendo una acción (tallado) a la derecha, parte inferior, una distribución de desechos de talla que podrían vincularse a dicha acción.

orden, que es, en definitiva, producto de un conjunto variado (a1, a2, a3, ..., an) de acciones y de condiciones pre-existentes. Esto significa que las distribuciones de restos arqueológicos no se pueden vincular (linealmente) con un único tipo de acción, sino que se debe tener en cuenta la posibilidad de procesos multicausales.

3. ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS ESPACIALES ARQUEOLÓGICOS

Como punto de partida se toma la condición de *Vecindad espacial* enunciada por W. R. Tobler (1ª Ley de la Geografía. Tobler 1970), por la cual un evento realizado en una determinada localización se encuentra estrechamente relacionado con los eventos que se sitúan en sus proximidades. Desde una perspectiva arqueológica, esta ley implica que en las localizaciones próximas al lugar de la acción quedarían un conjunto significativo de evidencias que serían potencialmente vinculables a la acción causal (Barceló/Maximiano 2007, 283). Por ello, si la frecuencia de restos arqueológicos se organizan en torno a unas determinadas localizaciones, la acción tiene mayor probabilidad de haber sido realizada en su proximidad.

Con esto, si se conoce la relación que existe entre la *acción causal* y su *descriptor espacial*, la *función de probabilidad de densidad espacial* de los restos arqueológicos puede convertirse en un estimador adecuado para el emplazamiento de la acción (Maximiano 2008, 127) y por tanto, se podría reconocer el posible uso del espacio.

El problema inherente al uso de esta condición de *vecindad espacial* está necesariamente fundamentado en la relación que pueda existir entre el tipo de acción causal y la estructura de la distribución observada. Por ello, contar con programas de simulación dentro de la serie analítica espacial puede ser útil tanto para acotar problemas como para limitar determinados aspectos a

la hora de inferir el uso/función del espacio por parte de aquellos/as que lo habitaron.

Desde un punto de vista analítico, existen tres funciones básicas que caracterizan la distribución de poblaciones en el espacio: *Normal Bi-variada*, *Poisson*, y *Uniforme*, que responden a unas condiciones particulares, tanto en la estructura como en los parámetros que caracterizan la relación entre pares de localizaciones pertenecientes a la distribución; y lo que es más importante, a cada función se le puede asociar un conjunto extenso de relaciones entre el tipo de acción causal y la manera de distribuir sus efectos en el espacio.

La distribución *Normal Bi-variante* es una función espacial donde los pares de localizaciones se encuentran relacionados de una manera particular (De la Cruz Rot 2006, 20), el valor de la relación dependerá en qué parte de la distribución se encuentran. Por ello, cuanto más próximo al lugar central de la distribución, la relación será más intensa. A su vez, esta relación irá debilitándose en cuando los pares se alejen de dicha localización central.

La *distribución Poisson* es una función espacial donde los pares de localizaciones no se encuentran relacionados. En *Poisson*, los pares de puntos pueden tener cualquier valor de relación en cualquier localización, lo que implica que la aleatoriedad es la tendencia que rige a este tipo de distribuciones.

Por último, la distribución *Uniforme* se produce cuando la función espacial presenta valores en los que los pares de localizaciones se encuentran relacionadas pero siempre bajo un valor de relación que tiende a ser constante (ej. un valor de distancia mínima entre pares de puntos).

En este artículo sólo se exponen algunos casos de poblaciones ajustadas a la función *Bi-variante*, que por otra parte son las que suelen tratarse con mayor profusión en el contexto arqueológico debido al binomio analítico-interpretativo sustentado en la aplicación de

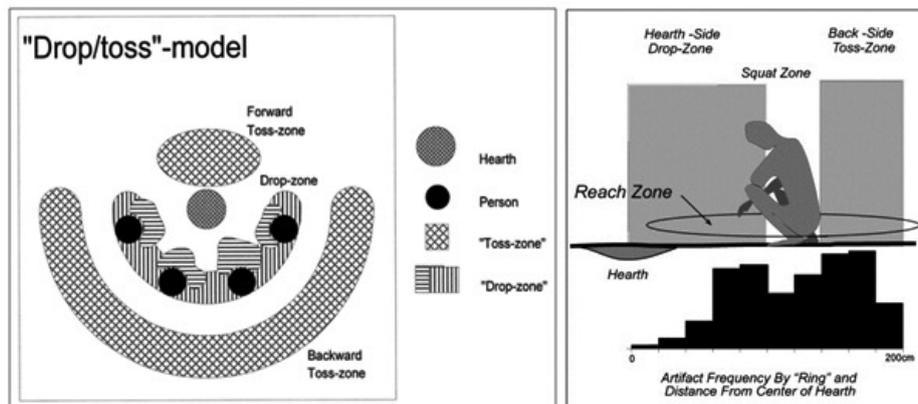


Figura 2. Izquierda, imagen de 'drop/toss'-model (Binford 1983). A la derecha, la propuesta de Henry 2012, 257.

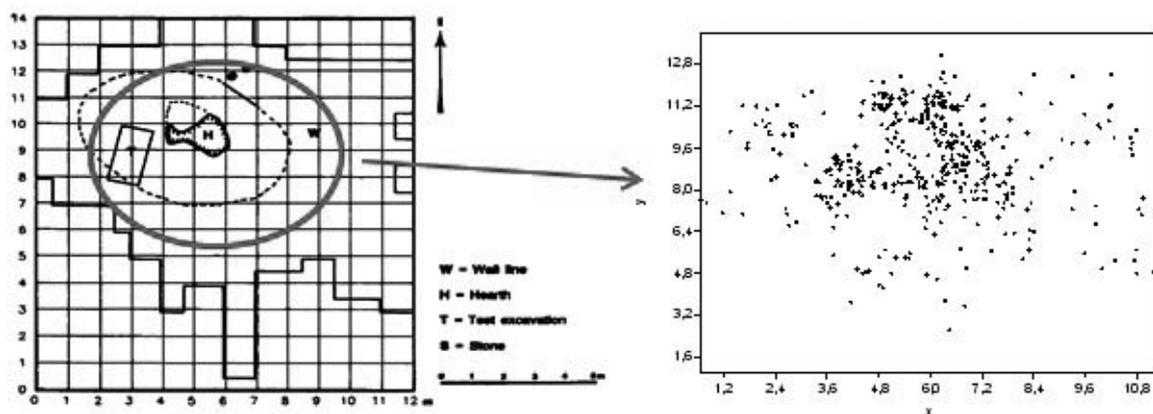
algoritmos partitivos (Kintigh 1990; Blankholm 1991, entre otros), como elementos de segregación del espacio y a la perspectiva etnográfica acerca del uso del espacio (Binford 1978, 1983; Kent 1984; Bamforth *et al.* 2005, entre otros) como medio hermenéutico de la variabilidad espacial arqueológica.

Bajo estos preceptos y retomando la 1ª ley de la Geografía, el argumento de partida se centra en: *el lugar de la acción se encuentra vinculado con la localización de la máxima intensidad de una o varias distribuciones adscritas a una misma categoría nominal*, establecién-

dose un nexo entre la evidencia material (documentada arqueológicamente) y el emplazamiento de la posible acción causal.

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA, APLICACIÓN DE SIMULACIÓN Y RESULTADOS

En este artículo se trabaja con una distribución espacial, que ya ha sido analizada por varios investigadores (Johansson 1971, 1990; Blankholm 1991; Stapert 1992;



506

Figura 3. Planta de Barmose I, la superficie del sitio abarca 100 m². (Blankhol 1991). A la derecha, distribución de la población objeto de estudio n= 470 (creada exprofeso mediante PAsT).

Orton 2004), perteneciente al yacimiento mesolítico situado en la Zelanda danesa: *Barmosen I* (Johansson 1971). Las distribuciones espaciales de restos² en este sitio han sido tratadas mediante múltiples metodologías de análisis, destacando la propuesta de H.P. Blankholm (Blankholm 1991) mediante la implementación de análisis *Unconstrained clustering*, *K-means* y *Pres*. Junto a ese trabajo, destaca el aporte que realiza C. Orton (Orton 2004) en términos de la aplicación de la función *K-Ripley* sobre determinadas distribuciones del mismo yacimiento.

La población objeto de estudio está compuesta por materiales líticos coordinados (n = 470), los cuales se encuentran clasificados en 11 categorías nominales que definen parámetros de forma y función (Blankholm 1991). Una parte de la interpretación espacial de Barmosen I se encuentra sustentada en función a cómo se distribuye la materialidad lítica en el yacimiento. Esto ha permitido una interpretación del espacio en términos de la presencia/ausencia (análisis *Pres*) de evidencias

(instrumental y desechos líticos) en términos de localizaciones de restos espacialmente concentrados (análisis *K-means*).

En el presente arqueo-experimento, se pretende ajustar los parámetros de la función de distribución simulada a las condiciones de la población observable, estableciendo posibles correlaciones entre el paradigma de la *acción causal* y el tipo de *distribución* de restos arqueológicos. Así, mediante la realización de simulaciones se puede alcanzar un *proxy* sobre el tipo de proceso espacial que pudo haber determinado la distribución empírica.

A través de una inspección visual de la distribución *-densidad Kernel-* se reconoce la presencia de concentraciones que muestran estructuras diferenciables, tanto en intensidad como en forma. Mediante el análisis (*K Ripley* y *NNA*) se cuantifica la tendencia a la agrupación espacial, mostrando una clara condición ajena a la aleatoriedad espacial para todo el conjunto de la población.

2.- Datos disponibles en <http://people.tamu.edu/~dcarlson/quant/data/Barmosel.html>

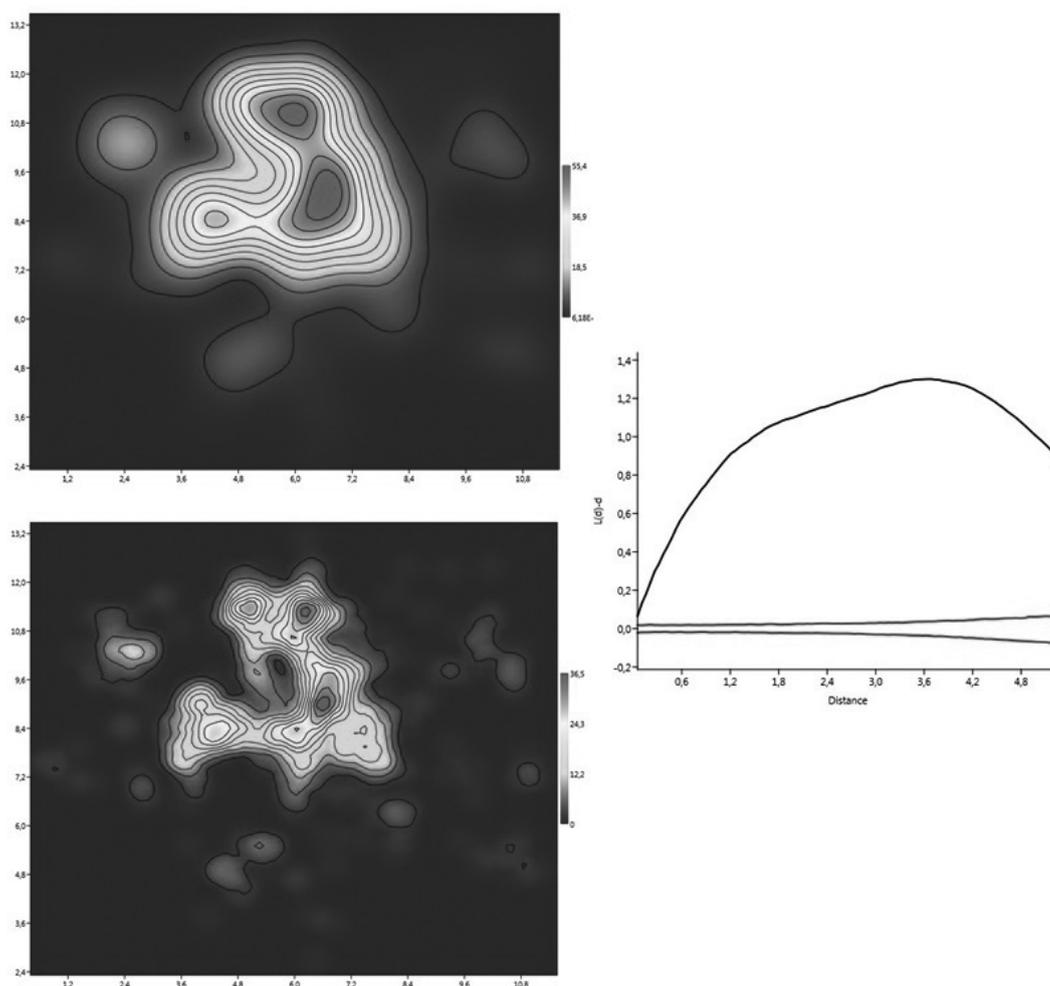


Figura 4. Imagen kernel de la distribución, superior función gaussiana (detección global de la tasa de cambio) abajo, con función parabólica (mayor definición en los límites de las concentraciones). A la derecha función K-Ripley donde se contrasta la tendencia a la agregación del conjunto de la población, con ello se confirma la hipótesis de no aleatoriedad en la distribución. (Realizado en PASt).

Cada una de las concentraciones detectadas podría representar el lugar de una determinada acción. Ahora bien, es cierto que una misma acción puede adoptar diferentes formas e intensidades, aunque también es probable que distintas acciones adopten mismas o parecidas formas e intensidades en la distribución de sus efectos. En este artículo se postula por el segundo enunciado, ya que aunque el soporte material investigado está dentro de un abanico amplio de posibles usos/funciones dentro de la esfera de la producción y uso de utillaje lítico. Se considera que la presencia de diferentes formas e intensidades en la distribución de los mismos podría albergar algunas trazas acerca del uso del espacio.

La hipótesis de trabajo centrada en la variabilidad espacial parte de: *la forma de la distribución de restos observada es fruto del tipo de actividad causal, la cual*

es potencialmente asociable a la categoría material que define a la distribución. En Barmosen I, para la categoría nominal *instrumental lítico*, existen 4 concentraciones significativas.

Según el análisis exploratorio de la población, se pueden caracterizar dos subconjuntos/tendencias (imagen superior), de una parte A-D, y de la otra B-C. Este último es bastante similar en la forma alargada (aunque C es un tanto más). La intensidad en ambos es muy parecida. Mientras que A-D tienden a ser de forma esférica, con una intensidad similar.

A continuación, se realizó la modelización sobre cada una de las distribuciones empíricas a través del software libre Azzalini (<http://azzalini.stat.unipd.it/SN/index.html>). Dentro de las distribuciones de restos arqueológicos se puede recurrir (básicamente) a tres grandes entornos que determinen la forma de una distribución espacial:

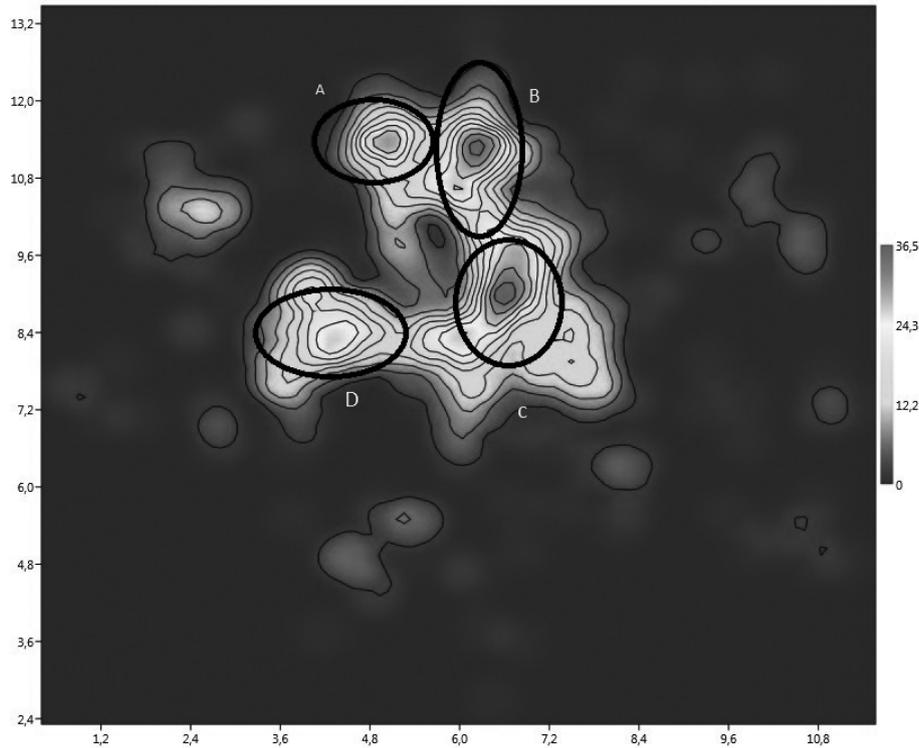


Figura 5. Imagen kernel donde se detallan las 4 concentraciones (generado en PAsT).

508

i.) las condiciones del medio, ii.) el comportamiento/la dinámica social, iii.) la cinemática de la acción causal.³

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la simulación de determinados parámetros de las distribuciones empíricas. Con ello, se pretende ejemplificar *cómo* trabajar con este tipo de distribuciones y de *qué* manera se pueden correlacionar *forma e intensidad* de la distribución con la posible *acción* que pudo haber causado dicho orden.

En el primer caso de la tabla (*bi-variada* “canónica”) se representa un proceso donde la acción depositacional se puede relacionar con la idea de ubicar “cosas” en/hacia un punto concreto, pudiendo asociarse a algún tipo de actividad vinculable a la categoría nominal que define la materialidad arqueológica georeferenciada (referido a los casos A y D).

Los casos empíricos B y C guardan cierta similitud con las distribuciones teóricas 2 y 3, donde se ha simulado la forma e intensidad dentro del rango de distribución bi-variada. La interpretación de estos casos se puede asociar a acciones con mayor elongación en su locali-

zación que la recurrencia de los casos A y D (es necesario revisar cuáles de las 11 categorías de instrumental lítico aparecen en B y C).

Según estas simulaciones, se considera que algunas de las distribuciones presentan semejanzas tanto en *intensidad del proceso espacial* como en *determinados aspectos formales*, lo cual podría estar indicando la presencia de una misma acción que se encuentre localizada en dos emplazamientos diferentes, por consiguiente se puede sugerir:

- i. Detección de acciones diferentes en localizaciones distintas.
- ii. Es necesario incluir un componente significativo para la definición del posible uso del espacio: la distribución de los desechos de talla (frecuencia espacial)⁴.
- iii. Revisar los restos materiales adscritos a cada una de las concentraciones. Probablemente en este análisis y partiendo desde una reformulación de las categorías nominales empleadas en el análisis lítico, se muestren diferencias significativas entre los restos de cada una de las agrupaciones espacialmente diferen-

3.- Por ejemplo, es bastante lógico que para un proceso de talla, se puede emplear el modelo de *tiro parabólico* a la hora de describir las trayectorias de los fragmentos que salen despedidos *desde* la pre-forma *hacia* la localización donde la esquirla/desecho pueda caer, lo cual genera un rango relativamente amplio en la distribución de restos, similar al modelo *Drop/toss*. Por el contrario si pensamos en la gestión de determinados residuos, se puede tender a recurrir sistemáticamente a una serie de localizaciones, evitando a su vez otras tantas (Maximiano 2008).

4.- Son datos en estudio, cuyos resultados serán publicados en breve.

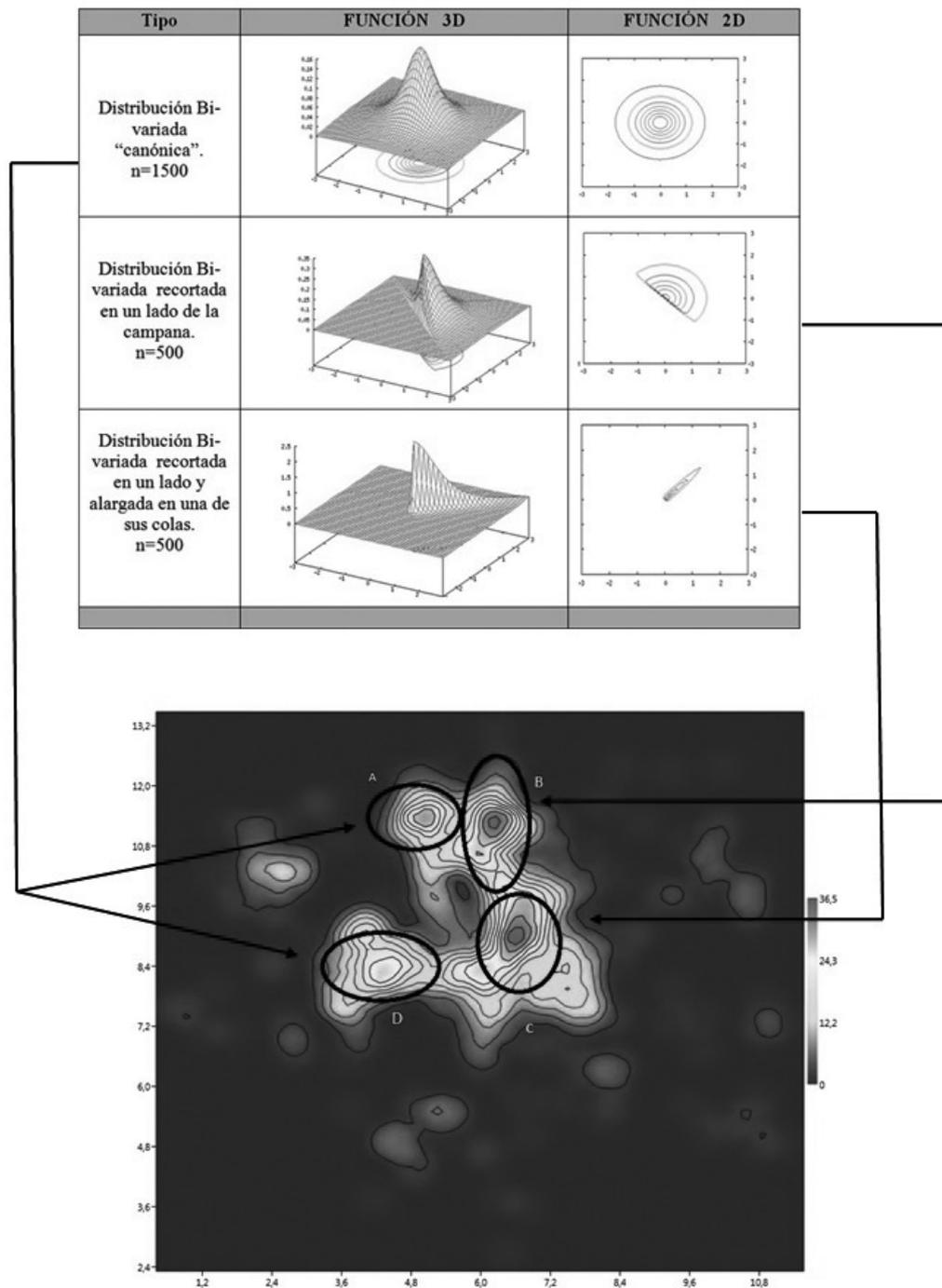


Figura 6. Composición de tabla e imagen de distribución donde se muestra la relación entre distribuciones empíricas y simuladas.

ciadas. Desde esta perspectiva, sí se podría ratificar la hipótesis de uso diferencial del espacio en términos diferentes al planteamiento cluster del algoritmo partitivo K-medias.

iv. Extender esta metodología hacia toda una serie de casos *intrasite*.

5. CONCLUSIONES

El arqueo-experimento consistente en simular distribuciones espaciales en CPU puede ser un complemento adecuado, y necesario, en el análisis espacial arqueológico.

Mediante la realización de este experimento, se ha demostrado que la simulación puede emular distribuciones empíricas tanto en *forma* como *intensidad* espacial. Al mismo tiempo, sirve para detectar determinadas tendencias que no podrían ser observadas mediante una serie analítica convencional.

La simulación de distribuciones espaciales no es una solución trivial, pero tampoco es la panacea de los problemas espaciales arqueológicos. Probablemente, la incorporación de procesos de simulación sea un buen complemento analítico-interpretativo acerca de la variación espacial percibida: cómo podría ser la distribución de una población según la acción causal o un conjunto de acciones que modifiquen la distribución primigenia. Se entiende que las limitaciones en la implementación de procesos de simulación espacial en arqueología, se deben a la falta de programas experimentales acerca de cómo una distribución causada por la acción X -o conjunto de acciones: X1, X2,..., Xn- se encuentran estructuradas en el espacio.

Todo esto tiene una implicación directa: la necesidad de contar con catálogos, en los que se correlacionen acciones y su posible *forma-intensidad* en el espacio.

El uso de soportes informáticos abarata la realización de programas experimentales en distribuciones espaciales. Además, cuenta con una ventaja, ya que desde CPU se puede repetir tantas veces como sea necesario el arqueo-experimento bajo parámetros y condiciones diferentes. Toda esta interacción en un *entorno digital* facilita el diseño y ejecución de complejos, y en ocasiones, costosos experimentos que en numerosas ocasiones no podrían ser replicados, ni contrastados empíricamente con un determinado grado de significancia.

6. BIBLIOGRAFIA

ALDENDERDER, M. 1991, The Analytical Engine: Computer Simulation and Archaeological Research, *Archaeological Method and Theory* 3, 195-247.

BLANKHOLM, H. P. 1991, *Intrasite Spatial Analysis in Theory and Practice*, Århus, Aarhus University Press.

BAMFORTH, B., BECKER, H., HUDSON, J. 2005, Intrasite Spatial Analysis, ethnoarchaeology, and Paleoindian Land-Use on the Great Plains: The Allen Site, *American Antiquity* 70, No. 3, 561-580.

BARCELO, J. A., MAXIMIANO, A. 2007, Some Notes Regarding Distributional Analysis of Spatial Frequencies. *CAA Proceedings*, International Congress Computer Applications in Archaeology, Berlín, 282-824.

BINFORD, L. R. 1978, Dimensional Analysis of Behavior and Site Structure: Learning from an Eskimo Hunting Stand, *American Antiquity* Vol. 43, No. 3, 330-361.

BINFORD, L.R. 1983, *In Pursuit of the Past. Decoding the Archaeological Record*, London, Thames & Hudson.

DE LA CRUZ ROT, M. 2006, Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas, *Ecosistemas* 15 (3), 19-39.

ENLUND, E. J. 1993, Spatial simulation: Environmental Applications, in M. F. Goodchild, B. O. Parks, L. T. Steyaert (ed.), *Environmental Modeling with GIS*, Oxford, Oxford University Press, 434-440.

HENRY, D. 2012, The palimpsest problem, hearth pattern analysis, and Middle Paleolithic site structure, *Quaternary International* 247, 246-266.

IZQUIERDO, L. R., IZQUIERDO, S., GALAN J. M., SANTOS, J. I. 2009, Techniques to Understand Computer Simulations: Markov Chain Analysis, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12 (1) <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/1/6.html>

KENT, S. 1984, *Analyzing activity areas: an ethnoarchaeological study of the use of space*, Albuquerque, University of New Mexico Press.

KINTIGH, K. W. 1990, Intrasite Spatial Analysis: A Commentary on Major Methods, in A. Voorrips (ed.), *Mathematics and Information Science in Archaeology: A Flexible Framework*, Studies in Modern Archaeology 3, 165-200.

MAXIMIANO CASTILLEJO, A. 2008, *Teoría geoestadística aplicada al análisis de la variabilidad espacial arqueológica intra-site*, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona. <http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2008/tdx-0523108-145303/amc1de1.pdf>

ORTON, C. 2004, Point Patter analysis revisited, *Archaeologia e Calcolatori* 15, 299-315.

PERROS, H. 2009, *Computer Simulation Techniques: The definitive introduction!* <http://www4.ncsu.edu/~hp/simulation.pdf>

STAPERT, D. 1992, Intrasite Spatial Analysis and the Maglemosian Site of Barmose I, in D. Stapert, *Rings and Sectors: Intrasite Spatial Analysis of Stone Age Sites*, Groningen, Unpublished Ph.D.-thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 143-188.

TOBLER, W. R. 1970, A computer model simulation of urban growth in the Detroit region, *Economic Geography* 46, 234-240.

DESGAST DENTAL EXPERIMENTAL: PATRONS PER A ESTABLIR USOS CULTURALS DE LA DENTICIÓ EN POBLACIONS PREHISTÒRIQUES

Jordi Porras* Marina Lozano** *** Jordi Ruiz* Juan Francisco Gibaja****
Antoni Palomo***** M. Eulàlia Subirà*

Es bien conocido en humanos el uso de las piezas dentales como "tercera mano" para realizar una serie de utensilios culturales y de tareas accesorias. Este hecho no es únicamente conocido en el registro etnológico, sino también por evidencias arqueológicas. Nuestro trabajo pretende abordar esta problemática mediante la experimentación. El mimbre, cuero, tendones y piel son algunos de los posibles agentes causales de desgaste cultural de la dentición, es por eso que estos elementos han sido escogidos en los experimentos que presentamos en este trabajo para reproducir el desgaste dental.

Piezas dentales, desgaste experimental.

It's widely known in humans the use of dentition as "a third hand" to produce several cultural tools and related activities; this is not only known by ethnological records but archaeological too. Thus, this paper fulfills a missing experimental aspect. Leather, sinew, furs and wicker are the probable cause for the studied cultural microwear on fossil teeth, these materials have been chosen in our experimental design to produce experimental microwear.

Dentition, microwear experimental.

511

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

Els usos culturals de la dentició són ben coneguts en el registre científic (Al-Shorman/Khalil 2006; Lukacs/Pastor 1988; Turner/Anderson 2003). Malauradament, l'experimentació amb materials susceptibles de produir desgast dental cultural és més escassa. Són habituals les mencions a pobles com l'inuit o l'aborigen australià (Molnar 1972; Barrett 1977; Brown/Molnar 1990) pel que fa a l'ús de la dentició en tasques de processament de fibres animals i vegetals, on les peces dentals són usades per a la fabricació de cistells, llances i altres eines habituals en poblacions no industrials (Eshed/Gopher/Hershkovitz 2006), així com per a la subjecció de pell amb la boca per a l'adobament o la producció de roba. Aquestes tasques són a vegades produïdes per homes (Minozzi *et al.* 2003; Larsen 1985) i en altres poblacions

per dones (Erdal 2008; Molleson 1994), o per ambdós sexes (Kottak 2002; Schulz 1977).

Com hem dit, l'experimentació en el camp del desgast dental no és gaire nombrosa. Els primers treballs experimentals, realitzats per Brace i Molnar (1967, 1968), van estar centrats en la simulació dels moviments mandibulars durant la masticació i en el desgast dental a nivell macroscòpic. A partir dels anys 80 del segle passat, el desenvolupament de la tecnologia de la microscòpia electrònica va permetre l'estudi, a nivell microscòpic, del desgast dental produït per la dieta. Els primers estudis experimentals es van centrar en relacionar la morfologia i les dimensions d'estries i forats amb la morfologia i dimensions de les partícules abrasives que els causaven (Gordon 1984; Maas 1991; Teaford 1988). Entre els experiments relacionats amb el desgast dental, són especialment significatius aquells que es refereixen a la

* Unitat d'Antropologia Biològica. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra.

** IPHES (Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social) Pl. Imperial Tarraco, 1 43005 Tarragona.

*** Universitat Rovira i Virgili (URV). Avd. Catalunya, 35 43002 Tarragona.

**** Departament d'Arqueologia i Antropologia. CSIC-IMF. 08001 Barcelona.

***** Universitat Autònoma de Barcelona, Departament de Prehistòria. Edifici B Facultat de Filosofia i Lletres 08193 Bellaterra

direccionalitat de les estries de desgast i els que estableixen una tipologia de marques de tall produïdes per eines lítiques i per eines metàl·liques (Covert/Kay 1981; Gordon 1984; Greenfield 1999).

Paral·lelament, es van realitzar estudis de microdesgast dental que indicaven un ús extra-masticatori de la dentició, especialment, de la dentició anterior. L'ús de les dents incisives i canines com a tercera mà produïa diversos tipus de microdesgast dental tant a la superfície vestibular com a l'incisal. Les anomenades estries labials o vestibulars resultants de tallar carn, pell o fibres vegetals que s'havien subjectat entre les dents amb una eina lítica van ser objecte de reproduccions experimentals per a entendre i definir la seva etiologia (Bermúdez de Castro/Bromage/Fernández-Jalvo 1988; Lozano *et al.* 2004). No obstant, el microdesgast dental de la superfície incisal, també indicatiu de l'ús de la dentició anterior com a tercera mà, ha estat molt poc estudiat a nivell experimental. Minozzi i els seus col·laboradors (2003) van reproduir experimentalment els solcs i estries identificats en la superfície incisal d'incisives i canines desgastant una dent medieval amb una màquina que simulava un moviment de fricció. Després de 245 hores de fregament de la dent amb fulles de *Typha latifolia* es va obtenir un microdesgast dental coincident amb l'identificat en les dents de l'individu neolític del jaciment de Uan Muhuggiag (Siria).

Tenint present els antecedents arqueològics, etnològics i experimentals anteriors, s'ha decidit de produir desgast experimental amb quatre materials, que són els que amb més probabilitat poden ser causants de desgast cultural tenint en compte paral·lelismes etnogràfics: vímet, pell, cuir i tendó.

2. DISSENY EXPERIMENTAL

Com hem comentat, el nostre treball experimental omple el buit existent en la reproducció dels patrons i característiques del desgast microscòpic de la superfície incisal relacionat amb l'ús dental com a eina o tercera mà, és per aquest motiu que per a poder documentar l'experimentació de desgast de peces dentals en diversos materials és molt important la selecció d'una mostra adequada. La idoneïtat de la mateixa passa per dents que no estiguin ni malmeses ni desgastades, però suficientment dures com per suportar la pròpia experimentació. Aquest fet limita la mostra a peces definitives excloent-ne les decidúes. Per aquest motiu s'han escollit dents anteriors ja que és on majoritàriament s'observa l'ús de les dents en tasques extra-masticatòries; procedents d'individus joves que no tinguessin pràcticament desgast; que es disposés de prou nombre de peces per a la comparativa d'experimentació i d'una mateixa població per tal d'obviar diferències en la qualitat de l'esmalt segons àrees geogràfiques.

Tenint en compte aquestes premisses s'han escollit les peces dentals provinents de la necròpolis de l'antic convent dels frares Agustins de Tàrraga ja que disposa d'un nombre suficientment ampli d'individus per a realitzar un estudi suficientment gran, pel bon estat de conservació de les restes i per disposar d'individus joves on el desgast és pràcticament nul. Es tracta d'un jaciment excavat l'any 2005 a la ciutat de Tàrraga i que pertany als segles XVII i XVIII. La mostra escollida s'ha extret de dues nenes de 9-12 anys i una dona de menys de 25 anys.

Per a la realització d'una experimentació tan concreta com és la de reproduir determinades funcions realitzades per les dents, hem decidit fixar les peces dentals sobre les que farem l'experimentació sobre un dispositiu fàcil d'utilitzar i a la vegada resistent per a que no es desprenguin les dents durant les tasques a realitzar.

La bibliografia documenta modificacions microscòpiques a la superfície dental d'alguns individus, en forma d'estries i superfície polida, que ens permeten suposar que van utilitzar la seva dentició per a tractament de pell o matèria vegetal. Aquestes activitats generen gran fricció i pressió sobre les dents, per la qual cosa la solució per a experimentar amb mostres dentals d'individus morts en períodes recents requereix d'un emmanegament artificial sobre un suport resistent.

Al respecte, les peces dentals utilitzades a la nostra experimentació foren emmanegades en petites barres de fusta de pi de 30cm de llarg i un diàmetre de 12mm que ha permès una fàcil subjecció. Cada peça s'ha fixat mitjançant pegament epoxi tot introduint l'arrel de les dents a un orifici realitzat a cada un dels extrems de cada barra de fusta. Aquest sistema ens ha permès reproduir artificialment les sòlides fixacions de les peces dentals a l'os tot limitant el risc de fractura durant l'emmanegament i el desgast experimental.

Un cop tenim les peces dentals emmanegades, la metodologia proposada per a produir desgast dental en els materials seleccionats (vímet, pell, cuir i tendó) ha estat el fregament mecànic manual contra els propis materials en un moviment de vaivé per a simular les condicions de producció de desgast durant tasques culturals. Així es proposa inicialment un mínim de 4 peces dentals per a cada material a estudiar. El nombre d'hores a realitzar és d'un mínim de 125h. Les dents, prèviament al desgast experimental, han estat examinades amb un Microscopi Electrònic de Rastreig de cambra ambiental (ESEM) per tal de documentar l'estat inicial de les peces i poder així valorar el desgast obtingut en el transcurs de les hores d'experimentació. Un cop les dents han estat exposades al desgast experimental es tornen a examinar a l'ESEM obtenint imatges de les superfícies afectades per comparar i realitzar una anàlisi de microdesgast dental (Lozano 2005) amb les imatges inicials.

3. RESULTATS

El primer resultat obtingut ha estat la durada del temps de desgast segons el material ja que no tots els materials tenen la mateixa duresa. En el cas del tendó, per la seva fragilitat i petita superfície de desgast aconsella el no enmanegament de les peces dentals i una menor durada del desgast experimental: 60 hores i 30 hores per a cada una de les dues peces dentals que fins el moment s'han estudiat.

Respecte a les tres sèries restants, de les 4 peces, dues han sofert un desgast experimental de 125 hores i les dues restants de tan sols 60 hores.

Els resultats preliminars aconseguits fins el moment ja permeten fer algunes valoracions. D'aquesta manera s'ha vist que les peces dentals mostren un desgast microscòpicament observable per a totes les peces en les que s'ha produït desgast experimental. Macroscòpicament parlant, l'observació de desgast experimental

és observable en només algunes peces que han sofert més hores de desgast i on la força de desgast ha estat concentrada en una menor superfície dental.

Alhora, tots els materials utilitzats al nostre treball produeixen desgast de morfologia similar a desgast cultural observat en mostres arqueològiques. Les característiques més observades a nivell de microdesgast són superfície d'esmalt polida i estries orientades buco-lingualment a les superfícies oclusals (Fig. 1). Aquestes estries poden arribar a tenir una llargada molt considerable, de més de 2mm. A més a més aquestes estries es troben en feixos i són de caràcter superficial. A destacar el cas del vímet, on les estries són més profundes i disposades no tant paral·lelament, degut probablement a la major duresa i irregularitat del vímet. El cas del tendó la presència d'estries és molt menor, això pot ser degut a la menor durada del desgast experimental i de la naturalesa del tendó, similar al cotó.

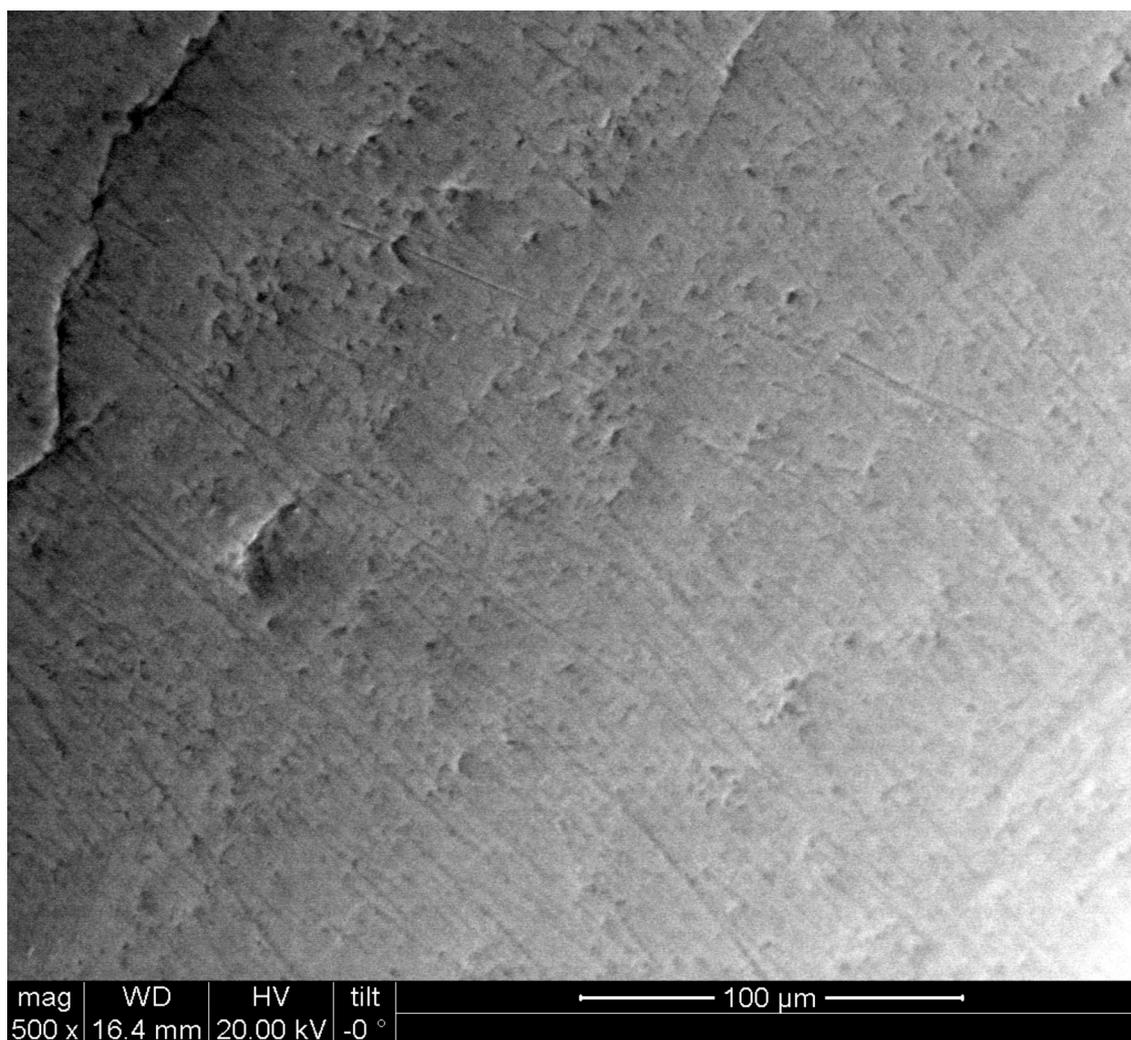


Figura 1.

De moment, la comparació amb mostres fòssils ens ha permès identificar un desgast oclusal format per estries buco-lingualment orientades en tres individus del jaciment mesolític de El Collado (València) (Porras *et al.* 2010). L'experimentació amb vímet ha ocasionat aquest tipus de desgast, per la qual cosa podem establir que els tres individus de El Collado utilitzarien la seva dentició anterior com a eina en el processament de fibres vegetals (vímet).

4. CONCLUSIONS

El treball experimental ha ocasionat desgast a nivell microscòpic en les superfícies oclusals de les dents utilitzades. El microdesgast en forma d'estries orientades buco-lingualment i esmalt polit ha estat identificat en nombroses mostres fòssils. De moment, hem determinat desgast similar a l'ocasionat pel vímet en individus mesolítics del jaciment de El Collado. La superficialitat i petita amplada de les estries observades pot provocar que en mostres fòssils aquest desgast no s'identifiqui, sigui confós amb efectes tafonòmics o es perdin. Els propers estudis tenen com a objectiu identificar la resta de patrons de desgast en diverses poblacions tant neolítiques com mesolítiques.

514

Agraïments

Aquest estudi s'ha dut a terme gràcies als grups de Recerca de la Generalitat SGR2009-566 i SGR2009-324, i al projecte CGL2009-07572-E/BOS del Ministerio de Educación y Ciencia of Spain.

5. BIBLIOGRAFIA

AL-SHORMAN, A., KHALIL, L. 2006, The evidence of weaving at Khirbit Yajuz in Jordan using Dental Microwear, *International Journal of Dental Anthropology* 8, 1-9.

BARRETT, M. J. 1977, Masticatory and non-masticatory uses of teeth, in R. V. S. Wright (ed.), *Stone tools as cultural markers: change, evolution and complexity*, Canberra, Australian Institute of Aboriginal Studies, 18-23.

BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M., BROMAGE, T., FERNÁNDEZ-JALVO, Y. 1988, Buccal striations on fossil human anterior teeth: evidence of handedness in the middle and early Upper Pleistocene, *Journal of Human Evolution* 17, 403-412.

BRACE, C. L., MOLNAR, S. 1967, Experimental studies in human tooth wear: I, *American Journal of Physical Anthropology* 27, 213-222.

BROWN, T., MOLNAR, S. 1990, Interproximal grooving and task activity in Australia, *American Journal of Physical Anthropology* 81, 545-553.

COVERT, H. H., KAY, R. F. 1981, Dental microwear and diet: implications for determining the feeding behaviors of extinct primates, with a comment on the dietary pattern of *Sivapithecus*, *American Journal of Physical Anthropology* 55, 331-336.

ERDAL, Y. S. 2008, Occlusal Grooves in anterior dentition among Kovuklukaya inhabitants (Sinop, Northern Anatolia, 10th century AD), *International Journal of Osteoarchaeology* 18, 152-166.

ESHED, V., GOPHER, A., HERSHKOVITZ, I. 2006, Tooth wear and dental pathology at the advent of agriculture: new evidence from the Levant, *American Journal of Physical Anthropology* 130, 145-159.

GORDON, K. R. 1984, Microfracture Patterns of Abrasive Wear Striations on Teeth Indicate Directionality, *American Journal of Physical Anthropology* 63, 315-322.

GREENFIELD, H. J. 1999, The origins of metallurgy: distinguishing stone from metal cut-marks on bones from archaeological sites, *Journal of Archaeological Science* 26, 797-808.

KOTTAK, C. P. 2002, *Introducción a la Antropología Cultural*, Novena Edición, Madrid, McGraw-Hill.

LARSEN, C. S. 1985, Dental modifications and tool use in the Western Great Basin, *American Journal of Physical Anthropology* 67, 393-402.

LOZANO, M., DE CASTRO, J. M. B., MARTINON-TORRES, M., SARMIENTO, S. 2004, Cutmarks on fossil human anterior teeth of the Sima de los Huesos site (Atapuerca, Spain), *Journal of Archaeological Science* 31, 1127-1135.

LOZANO, M. 2005, Estudio del desgaste a nivel microscópico de los dientes anteriores de los homínidos del yacimiento pleistocénico de Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Burgos), PhD thesis, Rovira i Virgili University.

LUKACS, J. R., PASTOR, R. F. 1988, Activity-induced patterns of dental abrasion in prehistoric Pakistan: evidence from Mehrgarh and Harappa, *American Journal of Physical Anthropology* 76, 377-398.

MAAS, M. C. 1991, Enamel structure and microwear: An experimental study of the response of enamel to shearing force, *American Journal of Physical Anthropology* 85, 31-49.

MINOZZI, S. *et al.* 2003, Nonalimentary tooth use in Prehistory: An example from Early Holocene in Central Sahara (Uan Muhuggiag, Tadrart Acacus, Libya), *American Journal of Physical Anthropology* 120, 225-232.

MOLLESON, T. 1994, The eloquent bones of Abu Hureyra, *Scientific American*, August, 60-65.

MOLNAR, S. 1968, Experimental studies in human tooth wear, *American Journal of Physical Anthropology* 28, 361-368.

MOLNAR, S. 1972, Tooth wear and culture: a survey of functions among some prehistoric populations, *Current Anthropology* 13, 511-526.

PORRAS, J. et al. 2010, Comparison of dental microwear between Mesolithic and Neolithic populations of the Iberian Mediterranean basin. Occupational wear and its implications, The Eighth International Conference on the Mesolithic in Europe, *Conference proceedings* (en premsa).

SCHULZ, P. D. 1977, Task activity and anterior tooth grooving in the prehistoric California Indians, *American Journal of Physical Anthropology* 46, 87-92.

TEAFORD, M. F. 1988, A Review of Dental Microwear and Diet in Modern Mammals, *Scanning Microscopy* 2, 1149-1166.

TURNER, C. G., ANDERSON, T. 2003, Marked occupational dental abrasion from medieval Kent, *International Journal of Osteoarchaeology* 13, 168-172.

APLICACIÓN EXPERIMENTAL DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS A LA PROSPECCIÓN Y ANÁLISIS DE ÁREAS DE CAPTACIÓN DE ROCAS SILÍCEAS EN LA PREHISTORIA. EL CASO PRÁCTICO DEL ABRIC ROMANÍ Y EL MOLÍ DEL SALT

Maria Soto* ** Bruno Gómez de Soler* ** Josep Vallverdú* ** Manuel Vaquero* **

Es presenten les prospeccions dels afloraments de roques silícies emprades en els jaciments de l'Abric Romani (70-40 ca. BP) i el Molí del Salt (15.5-13 Ka. Calç. BP). L'aplicació experimental de mètodes SIG permet establir una interpretació mitjançant processos de Site Catchment Analysis i Models de Gravetat de la territorialitat i rutes de mobilitat dels paleo-pobladors que van ocupar aquestes dues localitzacions.

Abric Romani, el Molí del Salt, mètodes experimentals, SIG.

In this study we present the prospections and the lithological units analysis of possible source areas of siliceous rocks used in the Abric Romani (70-40 ka. BP) and Molí del Salt (15.5-13 ka. cal. BP) sites. The experimental application of Site Catchment Analysis and Gravity Models by GIS methods, allows to obtain an interpretation of territoriality and mobility in SE Catalonia during Palaeolithic.

517

Abric Romani, el Molí del Salt, experimental methods, SIG.

1. INTRODUCCIÓN

El registro lítico de los yacimientos del Abric Romani (Capellades, Barcelona) y Molí de Salt (Vimodí i Poblet, Tarragona) presenta porcentajes superiores al 75% para el sílex, siendo minoritaria la presencia de calizas, cuarzos, esquistos, areniscas y cuarcitas. Conocedores que el material minoritario tiene una captación inmediata ya que aflora en las inmediaciones y poco puede aportar al estudio de la movilidad, planteamos el estudio de las áreas de captación sólo del sílex como marcador territorial principal.

El sílex se localiza fundamentalmente en unidades litológicas cenozoicas continuas que cruzan las regiones de la Anoia y la Conca de Barberà (SE de Cataluña) donde se sitúan los dos yacimientos. Por tanto, pese a la diferencia cronológica de los asentamientos y la división de los afloramientos en dos áreas geográficas diferen-

ciadas, parte de los orígenes litológicos del material son compartidos y consecuentemente su problemática en los procesos de captación.

La convergencia atestiguada entre el material geológico y arqueológico estudiado ha establecido la base de las dinámicas de movilidad para ambos yacimientos. Pero planteamos un estudio experimental basado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la aplicación de Modelos de Gravedad para la interpretación de la territorialidad a nivel regional.

La aplicación de los SIG en estudios arqueológicos se justifica desde su funcionalidad como herramienta de tratamiento de datos referenciados para la obtención de resultados derivados (Gutiérrez/Gould 1994). Este estudio experimental utiliza el SIG como herramienta de trabajo donde se introducen los datos obtenidos de las prospecciones geoarqueológicas. El empleo del *Site Catchment Analysis* en combinación con funciones

* IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/Escorxador s/n, 43003 Tarragona, Spain.

** Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain.

de Modelización Teórica de Gravedad (Brannan 1992; Wilson 2007), nos permitirá establecer la potencialidad de los afloramientos como áreas de captación, predecir un índice teórico de atracción y de fuerza de atracción, la extensión de sus áreas de influencia y finalmente, deducir las rutas de movilidad.

2. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS Y SU APLICACIÓN A LA ARQUEOLOGÍA

El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica comienza en la década de 1960, con la creación del Canadian Geographic Information System (C.G.I.S) para la gestión de datos forestales. Las bases metodológicas de los SIG se establecieron posteriormente, décadas de los 60 y 70, con la creación de los SIG raster, desarrollados por las Universidades de Harvard y Yale (sistemas SYMAP, GRID y MAP), que permitieron la gestión de datos en formatos matriciales y vectoriales. La expansión de los SIG comenzó en la década de 1980, con el perfeccionamiento de los sistemas vectoriales y la existencia de proveedores comerciales como M&S Computing, ESRI o CARIS. En la actualidad se reconoce una generalización de los SIG, entendidos como herramienta de trabajo ideal para multitud de ámbitos de la investigación, dada su extensa funcionalidad a la hora de gestionar información, integrarla y representarla en datos geográficos y realizar análisis y comparaciones entre diversas escalas (Domínguez Bravo 2000).

El desarrollo de la *New Archaeology*, a mediados del S.XX, resultó el germen de aplicación de los SIG en el campo de la arqueología. La adaptación al medio como idea principal del funcionalismo ecológico que promulgaban, permitió una nueva línea de investigación dedicada a los comportamientos territoriales y paleoeconómicos, a partir de la cual se desarrollaron las técnicas del *Site Catchment Analysis* y surgió la Arqueología del Territorio (Clarke 1977). Esta renovarían sus bases con la corriente *Postprocesualista* (década de 1980), transformándose en la Arqueología del Paisaje, minimizando el carácter paleoeconómico anterior e introduciendo conceptos simbólicos y cognitivos a la interacción de las sociedades pasadas con el entorno (Baena 2003; García Sanjuan 2005).

Desde esta perspectiva territorial los estudios arqueológicos han sufrido un notable impulso con la incorporación de los Sistemas de Información Geográficos, ante el abanico de posibilidades que ofrecen para el análisis espacial de los recursos potenciales, la creación de modelos predictivos, la búsqueda de pautas en la representación, la planificación de prospecciones, la georeferenciación y la representación cartográfica (García Atiénzar 2008). Estas funciones convierten a los

SIG en herramienta imprescindible para la comprensión y modelización de las teorías de análisis espacial, los patrones de movilidad y la socialización del paisaje prehistórico, en este caso a través del estudio de los afloramientos silíceos.

3. CONTEXTO TEÓRICO DE LA CAPTACIÓN

El proceso lógico de la cadena operativa de un instrumento lítico de carácter arqueológico implica cinco estadios principales: la adquisición de la materia prima, su transporte, configuración (estas dos últimas no en este orden necesariamente), su uso y abandono (Leroi-Gourhan 1968; Geneste 1992; Guilbaud 1995). El estudio que presentamos se centra en el análisis de este primer estadio en la cadena operativa, el momento de la captación del material silíceo para la elaboración de instrumental.

Son numerosas las teorías elaboradas para la comprensión del proceso de adquisición y manipulación de la materia prima lítica (Binford 1980). Entre ellas destaca la *Optimal Foraging Theory* en la que la captación se analiza como un proceso de eficiencia energética más en la vida de los cazadores recolectores, es decir, la obtención de materia prima deberá ser máxima, minimizando los costes de su extracción y carga (Hodder/Orton 1976; Elston 1992). Según estas teorías factores como el tiempo, la distancia efectiva del transporte y la influencia de la topografía del terreno deberían ser estudiadas para la comprensión de la economía y el paisaje lítico (Renfrew 1977; Findlow/Bolognese 1982).

4. LA PROSPECCIÓN

En relación a la preparación de las prospecciones lo primero que se debe hacer es delimitar la zona de estudio. En este caso se toma como referencia un radio de acción de 30 km para cada yacimiento, según lo establecido en numerosos estudios arqueológicos y etnográficos sobre áreas de captación (Binford 1982; Féblot-Augustins 1999; Geneste 1992; Turq 1989; entre otros). En segundo lugar se recopila toda la bibliografía geológica del entorno y aquella que haga referencia a posibles afloramientos de materia prima. Por último, se visitan los afloramientos que contienen materiales silíceos muestreándolos para una posterior litoteca.

5. ANÁLISIS MORFOSCÓPICO

La primera fase de identificación y clasificación para el material arqueológico y geológico será establecer los principales caracteres macroscópicos del material

por comparación a *visu*. Partiendo de diversos estudios sobre materias primas en prehistoria (Masson 1981; Demars 1982; Luedtke 1992; entre otros) se han establecido los siguientes criterios morfoscópicos como los más apropiados para una buena caracterización del material tanto arqueológico como geológico. Los caracteres utilizados son: pátina, concreción, córtex, color, transparencia, textura, estructura sedimentaria, fractura, fisuras y diaclasas, impurezas e inclusiones, soporte del material, medidas del material, índice de rodamiento y morfología de material.

6. MATERIALES. UNIDADES LITOLÓGICAS

El yacimiento arqueológico del Abric Romaní con una secuencia estratigráfica de Paleolítico medio y un nivel de Paleolítico superior (70-40 ka. BP) se sitúa en el municipio de Capellades, en la comarca de l'Anoia, provincia de Barcelona. Sus coordenadas UTM son 390575 E y 4598704 N, y se encuentra a 265 metros sobre el nivel del mar (Fig. 1). Se trata de un abrigo abierto en

la formación travertínica conocida como *Cinglera de Capelló* y se localiza en el contacto entre la Cordillera Prelitoral y la Conca d'Òdena. Esta última forma parte de la depresión terciaria de la cuenca del Ebro y es capturada por el río Anoia, afluente del Llobregat, en su curso hacia el mar Mediterráneo. El río Anoia a su paso por la localidad de Capellades, aprovechando una falla de dirección NNW-SSE, excava un corredor o estrecho de 7km de largo conocido como *Congost de Capellades* que atraviesa la Cordillera Prelitoral Catalana siguiendo la dislocación tectónica y relacionando tres grandes unidades geomorfológicas: la Depresión del Ebro o Depresión Central; la Cordillera Prelitoral Catalana y la Depresión del Penedès. Todo ello configura un paso natural que comunica las dos depresiones y pone en contacto el interior catalán con la costa.

El yacimiento arqueológico del Molí del Salt con una secuencia estratigráfica de Paleolítico superior y un nivel Mesolítico (15.5-13 Ka. cal. BP) está situado en el término municipal de Vimbodí i Poblet (Conca de Barberà, Tarragona). Se localiza a 700 metros al sur del núcleo urbano y en el margen izquierdo del río Milans, afluente

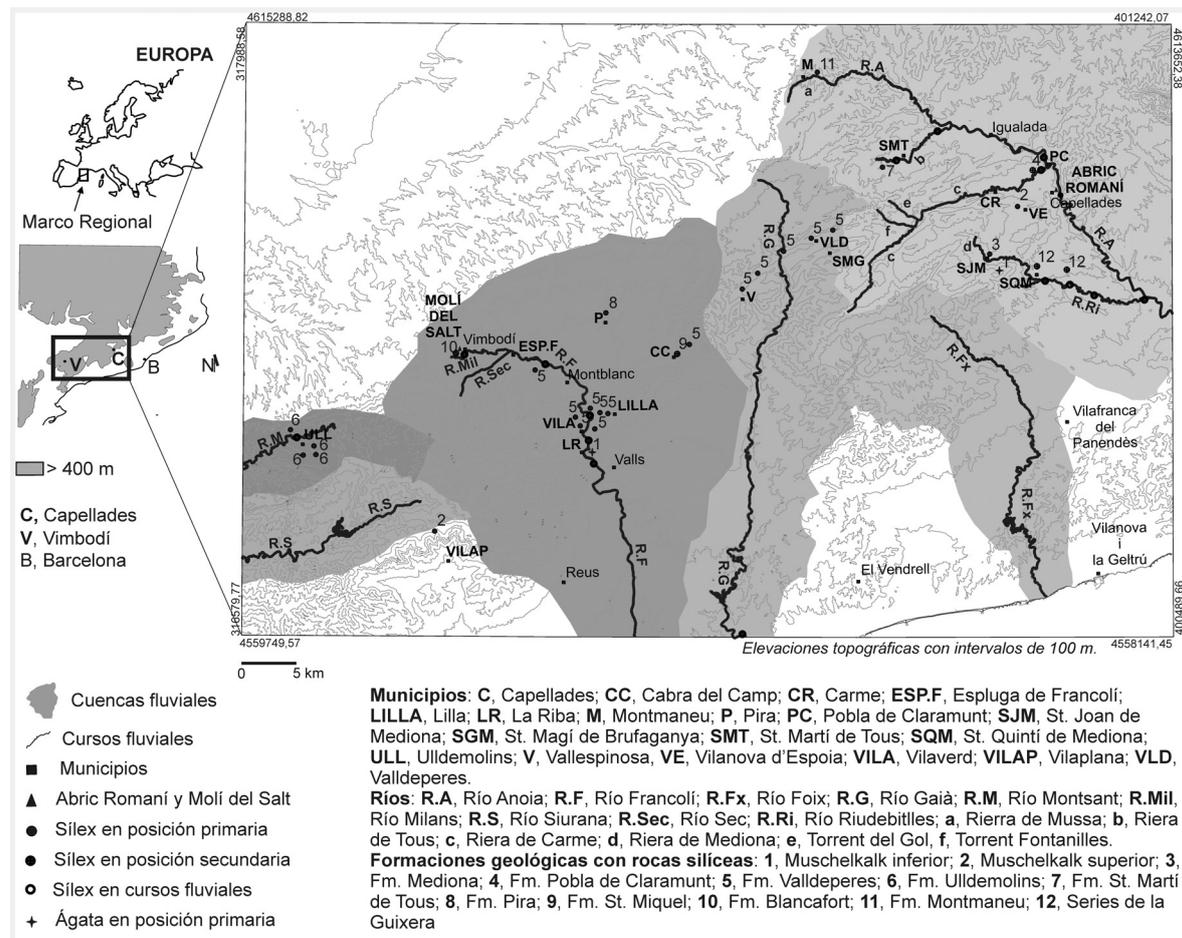


Figura 1. Localización de los yacimientos del Abric Romaní y Molí del Salt y georreferenciación de los afloramientos silíceos hallados en las prospecciones del estudio.

del río Francolí, y a 10 metros por encima de su lecho actual. Sus coordenadas UTM son 336628 E y 4584659 N y está a 490 metros sobre el nivel del mar (véase Fig. 1). Se trata de un abrigo parcialmente hundido y orientado hacia el sur que se abre a pies de un pequeño montículo formado por unos conglomerados oligocenos erosionados por el río Milans que actualmente pasa a 90 metros al sur.

El Molí del Salt se encuentra entre dos grandes estructuras geológicas, la parte oriental de la Depresión del Ebro y la parte central de la Cordillera Prelitoral. La primera está representada por una de sus cuencas marginales, la Conca de Barberà, y la segunda por las montañas de Prades, las cuales presentan unas elevaciones de más de 1.000 metros de altura. El yacimiento se encuentra dentro de la Depresión del Ebro, en su margen más oriental, constituida por una cuenca erosiva cenozoica con rellenos paleógenos como resultado de la acción de procesos erosivos que desmantelaron parcialmente la Cordillera Prelitoral.

Los dos yacimientos tienen una posición geomorfológica parecida. El Abric Romaní, en la Cordillera Prelitoral en contacto con la Depresión del Ebro, en un paso natural que comunica el interior con la costa y, el Molí

del Salt en el margen más oriental de la Depresión, en contacto con la Cordillera Prelitoral catalana. Ambos tienen acceso a los afloramientos silíceos de sedimentación evaporítica de Sabhkas marginales. Estas se formaron por unos abanicos aluviales que dieron un régimen endorreico con continuos aportes continentales formando un gran lago interior salino (Colldeforns *et al.* 1994; Ortí *et al.* 2007). Dicha zona se enmarca dentro de la Depresión central Catalana. Desde el Abric Romaní se accede con facilidad a estas formaciones siguiendo la Cordillera Prelitoral Catalana por la Depresión Central catalana en dirección SW, mientras que desde el Molí del Salt, siguiendo la misma posición, se llega tanto hacia el NE como SW. También accederían a las formaciones de sedimentación lacustre carbonatada con sílex del Eoceno superior y Oligoceno, formadas a partir de sistemas aluviales y lacustres de procedencia catalánide (Anadón *et al.*, 1989; Colldeforns *et al.* 1994).

Estas unidades definen dos posibles orígenes para el abastecimiento de materias primas: las formaciones litológicas evaporíticas y las de naturaleza lacustre carbonatada (Fig. 2). En ambas se han localizado sílex y sus cursos fluviales son los que nos definen las rutas de abastecimiento (véase Fig. 1). Partiendo de la base que

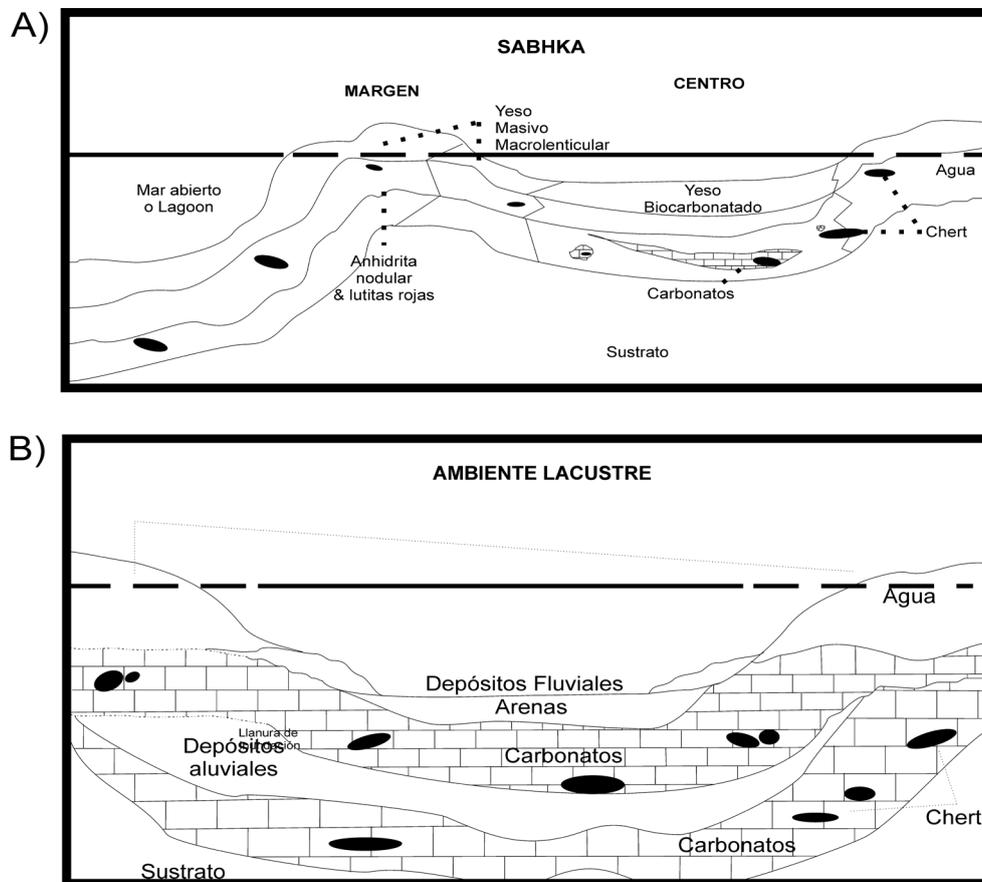


Figura 2. A) Esquema litoestratigráfico de la deposición en sabhkas. B) Esquema deposicional en ambientes lacustres.

las litologías de formación marcan las características de los sílex, estos mostrarán atributos de sus rocas caja. Es decir su estructura irá relacionada con el depósito original y, por tanto, identificándola podremos reconocer el registro original donde se formó la roca (Tucker 2001). En este caso tenemos los yesos propios de condiciones evaporíticas que generalmente no poseen estructura sedimentaria y por tanto los sílex originados en ellos tampoco, y por otro, los de origen lacustre carbonatado con una sedimentación tranquila y una estructura laminada, donde los sílex sí que tenderán a adquirir este tipo de estructura.

7. MÉTODOS

Las prospecciones permitieron el hallazgo de numerosos afloramientos en posición primaria y secundaria. Su localización fue georeferenciada en mapas topográficos de diversas escalas. Este proceso permite la generación posterior de cartografía representativa de la distribución de recursos potenciales, en este caso los puntos de procedencia teórica de la materia prima silícea.

A partir de la cartografía obtenida se han aplicado procedimientos del *Site Catchment Analysis* y funciones de modelización para estimar el aprovechamiento de los afloramientos durante la ocupación de los yacimientos estudiados.

La muestra total de estudio consta de 16 afloramientos, 8 de estos muestran material silíceo convergente con el material arqueológico del Abric Romaní y otros 8 con el material del Molí del Salt.

En los casos en los que más de uno de estos afloramientos perteneciese a la misma unidad litológica, y siempre que presentara rasgos similares de disponibilidad de materias primas, se han conformado los análisis sobre el punto más cercano y accesible desde los yacimientos, escogiéndose por tanto un afloramiento representativo de cada unidad.

En primer lugar se ha calculado un *índice de atracción* de los afloramientos representativos de cada unidad litológica (IAA) (Wilson 2007). El objetivo es establecer una clasificación de los mismos en función de los factores de coste de la captación respecto a los yacimientos estudiados (Elston 1992) (Fig. 3).

$$IAA = \frac{(Calidad)(extensión)(100)}{(Dificultad\ del\ terreno)(coste\ extracción)} * \frac{tamaño}{escasez}$$

Figura 3. Cálculo para la obtención del Índice de Atracción del Afloramiento (IAA).

Para ello se han categorizado las siguientes características de los afloramientos (Wilson 2007) (Tabla 1):

CALIDAD	0	Muy pobre
	1	Pobre
	2	Medio
	4	Bueno
	8	Muy bueno
	16	Excelente
EXTENSIÓN AFLORAMIENTO	1	Pequeño (<10 m.)
	2	Mediano (10-50m.)
	3	Extenso (50-100m.)
	4	Muy extenso (>100m)
TAMAÑO	Dimensión máxima (mm)	
ESCASEZ DEL AFLORAMIENTO	1	Muy abundante (>50% superficie contiene sílex)
	2	Abundante (25-50%)
	3	Media (5-25%)
	4	Escasa (<5%)
DIFICULTAD DEL TERRENO	Porcentaje de desnivel (%)	
	-40	88.4
	-35	76.8
	-30	72.6
	-25	69.2
	-20	60.0
	-15	39.6
	-10	36.6
	-5	39.8
	0	50.6
	5	75.4
	10	115.2
	15	140.2
	20	169.2
25	202.8	
30	239.8	
35	281.2	
40	325.2	
COSTE DE EXTRACCIÓN	1	En superficie
	2	Fácil
	3	Difícil

Tabla 1. Tabla de valores de los factores de atracción.

CALIDAD. Se ha valorado la adecuación del sílex de cada afloramiento para la talla.

EXTENSIÓN DEL AFLORAMIENTO. Cuatro categorías se han establecido en función del tamaño del depósito silíceo. Estas varían de pequeño a muy extenso.

TAMAÑO DE LAS ROCAS. Representa la media de la dimensión máxima (en mm) de los productos recuperados para la formación de la litoteca.

ESCASEZ. Analiza la presencia de sílex en la superficie del afloramiento, el máximo valor corresponderá un es-

caso número de productos silíceos. Así esta categoría se hace extensible al coste de captación, puesto que a mayor escasez de un afloramiento, mayor gasto energético para el aprovisionamiento.

DIFICULTAD DEL TERRENO. Se trata de un valor expresado en Calorías por Kilómetro. A partir de un mapa topográfico (escala 1:50.000) y mediante software SIG se han extraído los perfiles topográficos de las rutas en línea recta, para minimizar la distancia efectiva, desde los afloramientos al yacimiento. Estos perfiles se han dividido en segmentos de 1km y se ha tenido en cuenta su porcentaje (%) de desnivel respecto a la totalidad del trayecto. En función del gradiente de cada segmento se ha calculado el gasto energético según la fórmula establecida por McDonald a velocidad constante de 3 km por hora (Mc Donald 1961). La suma total de calorías por hora de cada tramo se ha dividido por la distancia en km que separan el afloramiento del yacimiento, obteniendo así el valor medio de cal/km de dicho trayecto.

COSTE DE EXTRACCIÓN. Calcula la dificultad de recuperación del material en el afloramiento.

El cálculo del IAA homogeneiza los factores de captación respecto a los yacimientos, pero no permiten la comparación directa entre afloramientos. Por ello plan-

teamos la aplicación de Modelos de Gravedad para el análisis teórico de los mismos calculando la *Fuerza Real de Atracción (FRA)*, en la que la distancia es factor determinante en la captación de recursos. Este índice se calcula dividiendo el IAA por el total de km a los que dista el yacimiento ($FRA = IAA/d$) (Tabla 2).

Deducidos los índices y la fuerza real de atracción de las áreas fuente se ha procedido a modelizar el *área de influencia* de cada afloramiento respecto a sus siete restantes, a partir del cálculo de las distancias entre ellos.

La suma de los índices de atracción de dos afloramientos, permite deducir el porcentaje de atracción de ambos en la distancia que los separa. Si calculamos el punto exacto dentro de esa distancia en la que el aporte de cada afloramiento sea el mismo (50%), estaremos en disposición de representar el área de influencia, donde la captación resultaría más atractiva para cada afloramiento.

Además, como complemento a los resultados del Modelo de Gravedad se ha efectuado el levantamiento del modelo de elevación según las pendientes topográficas. Se ha escogido este factor por su influencia en el coste de desplazamiento y transporte del material

522

A)

EM GEOLÓGICA	AFLORAMIENTO	CALIDAD	EXTENSIÓN	TAMAÑO	ESCASEZ	DIFICULTAD	COSTE EXTR.	IAA
Muschelkalk Inf.	La Riba	8	2	100	4	80.96	2	247
Muschelkalk Inf.	Vilanova d'Espoia	8	1	100	4	57.25	2	175
Muschelkalk Sup.	Vilaplana	4	1	50	4	64.06	3	26
Muschelkalk Sup.	Mediona	4	1	50	4	218.44	3	7.63
Fm. Mediona	St. Joan de Mediona	1	1	50	4	46.87	2	13
Fm. Pobla de Claramunt	Carme	2	2	50	4	119.49	2	21
Fm. Valldeperes	Vilaverd	4	3	500	2	72.36	2	2073
Fm. Valldeperes	Cabra del Camp	2	2	500	3	66.82	2	499
Fm. Valldeperes	L'Espuga del Francolí	2	2	300	3	50.60	3	264
Fm. Valldeperes	Vallespinosa	4	4	1000	2	66.18	1	12088
Complejo Ulldemolins	Ulldemolins	8	4	500	2	123.39	1	6484
Fm. St. Martí de Tous	St. Martí de Tous	4	2	500	2	65.06	1	3074
Fm. Pira	Pira	4	1	100	4	50.60	2	99
Fm. Blancafort	Vimbodí	2	2	200	3	50.60	3	176
Fm. Montmaneu	Panadella	16	4	200	4	81.04	3	1316
Series de la Guixera	St. Quintí de Mediona	2	2	100	4	76.94	1	130

B)

AFLORAMIENTO	IAA	DISTANCIA ABRIC ROMANÍ (km)	FRA	AFLORAMIENTO	IAA	DISTANCIA MOLÍ DEL SALT (km)	FRA
Mediona	7.63	8.7	0.88	La Riba	247	14.5	17.03
Vilanova d'Espoia	175	3.7	47.30	Vilaplana	26	15.9	1.64
St. Joan de Mediona	13	8.2	1.59	Vilaverd	2073	12.3	168.54
Carme	21	2.8	7.50	L'Espuga del Francolí	264	7.1	37.18
Vallespinosa	12088	20.4	592.55	Cabra del Camp	499	19.7	25.33
St. Martí de Tous	3074	15.7	195.80	Ulldemolins	6484	15.3	423.79
Panadella	1316	23.9	55.06	Pira	99	13.8	7.17
St. Quintí de Mediona	130	7.1	18.31	Vimbodí	176	0.3	586.67

Tabla 2. A) Resultados del cálculo del Índice de Atracción (IAA). B) Resultados de la Fuerza Real de Atracción (FRA), a la izquierda para el Abric Romaní y a la derecha para el Molí del Salt.

lítico. La digitalización en este mapa de los distintos afloramientos y yacimientos (como capas de entidad diana) permite el cálculo de las rutas óptimas a partir del análisis del mínimo desplazamiento, dibujando un mapa con las zonas preferenciales de paso para el acceso a cada afloramiento. El diseño de la media de las áreas de influencia obtenidas previamente sobre ésta cartografía, es una herramienta útil para el conocimiento teórico de las rutas empleadas por los grupos paleolíticos para la captación del sílex.

8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir de la clasificación de los factores de captación hemos calculado el índice de atracción. Comparando el IAA de cada afloramiento, hemos obtenido cual de ellos es *a priori* más atractivo para la captación en relación a los yacimientos estudiados. Para el Abric Romaní, por orden de mayor a menor, son: Vallespinosa, St. Martí de Tous y Panadella; y para el Molí del Salt: Ulldemolins y Vilaverd (véase Tabla 2A).

Con estos datos hemos valorado la fuerza real de atracción. Para ello introducimos una nueva variable, la distancia en línea recta entre el afloramiento y el yacimiento. Los resultados muestran que para el Abric Ro-

maní los afloramientos más atractivos para la captación coinciden con los de mayor FRA (IAA). En cambio para el Molí del Salt además de los citados anteriormente aparece el afloramiento de Vimbodí como el más interesante de todos para el aprovisionamiento (véase Tabla 2B).

A partir de la modelización teórica hemos deducido el área de influencia de cada afloramiento respecto al resto de áreas fuentes y calculado su media. Con ello, tenemos una estimación de la dinámica de las áreas potenciales de captación en el territorio (Fig. 4). Como resultado observamos que las áreas de influencia para los afloramientos del Abric Romaní son más extensas que las de los del Molí del Salt. Nuestro modelo sugiere, por tanto, que el territorio de captación de los *Homo neandertalensis* del Abric Romaní es mayor que los *Homo sapiens* del Molí del Salt.

Los resultados que se presentan son producto de un modelo teórico experimental. El estudio del material arqueológico se está llevando a cabo actualmente, con el fin de comprobar la existencia de posibles inconsistencias o anomalías respecto a esta modelización.

La aplicación experimental del software SIG y los Modelos Teóricos de Gravedad a las prospecciones son una herramienta útil para el diseño de la territorialidad teórica. Las posibilidades de representación cartográfica

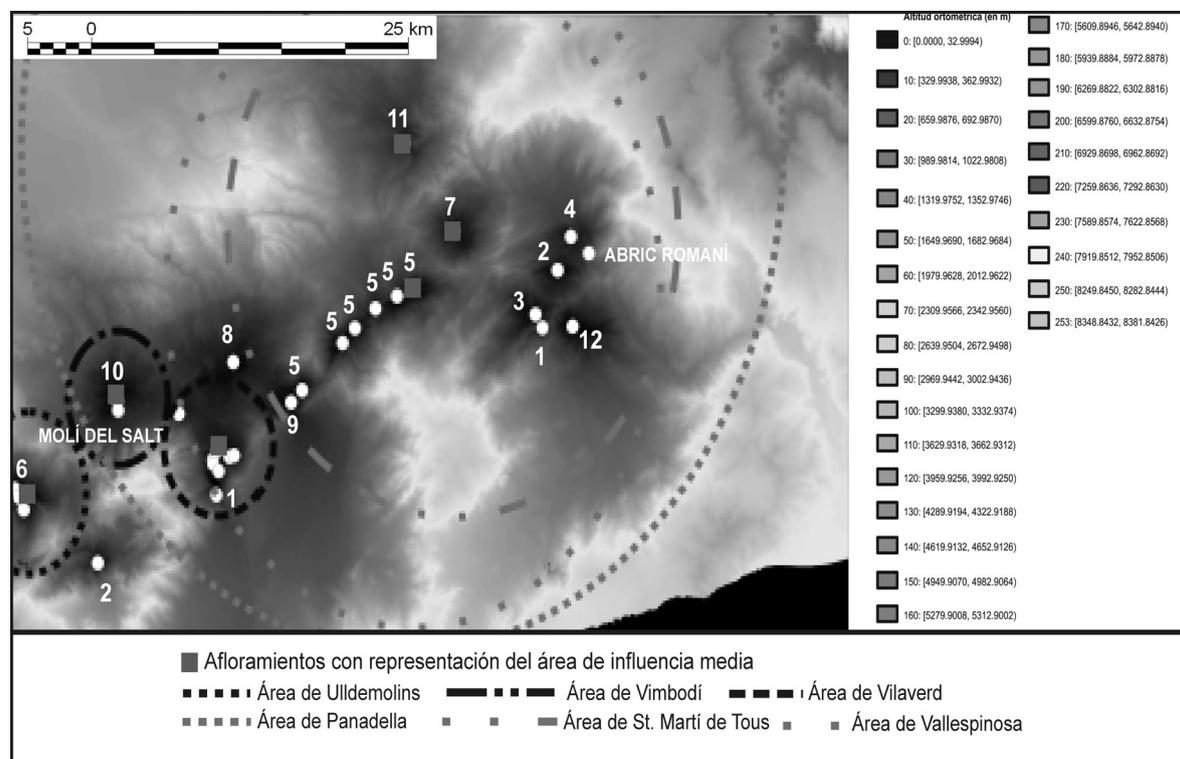


Figura 4. Mapa de las áreas de mínimo coste de desplazamiento con la representación de las áreas de influencia media de los afloramientos más atractivos para la captación.

fica y gestión de datos que estos instrumentos ofrecen nos han permitido evaluar a priori la atracción de los afloramientos como áreas de captación respecto a los yacimientos y sus áreas de influencia dentro del entorno, estableciendo las bases de los comportamientos paleoeconómicos territoriales de las poblaciones del Abric Romaní y del Molí del Salt.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANADÓN, P., CABRERA, L., COLLDEFORNIS, B., SÁEZ, A. 1989, Los sistemas lacustres del Eoceno superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro, *Acta Geológica Hispánica* nº 24, 205-230.

BAENA PREYSLER, J. 2003, La Arqueología peninsular y los SIG: presente y futuro, *ArqueoWeb, Revista sobre arqueología en Internet*, 5-1.

BINFORD, L. R. 1980, Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation, *American Antiquity* 45, 1, 4-20.

BINFORD, L. R. 1982, The Archaeology of place, *Journal of Anthropological Research*, vol. 1-1, 5-31.

BRANNAN, J. A. 1992, On modeling resource transport costs: suggested refinements, *Current Anthropology* 33-1, 56-60.

CLARKE, D. L. 1977, *Spatial Archaeology*, Boston, Academic Press.

COLLDEFONS, B., ANADÓN, P., CABRERA, L. 1994, Nuevos datos sobre la litoestratigrafía del Eoceno-Oligoceno inferior de la zona suroriental de la Cuenca del Ebro (Sector de Pontils-Montblanc, provincias de Tarragona y Barcelona), *Geogaceta* nº 16, 98-101.

DEMARS, P. Y. 1982, L'utilisation du silex au Paléolithique Supérieur: choix, aprovisionnement, circulation. L'exemple du Bassin de Brive, *Cahiers du Quaternaire* nº 5, París, C.N.R.S.

DOMÍNGUEZ BRAVO, J. 2000, Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), *Informes Técnicos Ciemat*, 943 M. d. y. Tecnología. Madrid (Spain), Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) 38.

ELSTON, R. G. 1992, Modeling the economics and organization of lithic procurement, in R. G. Elston, C. Raven (ed.), *Archaeological Investigations at Tosawihí, A Great Basin Quarry, Part 1: The periphery, Volume 1, Report prepared for the bureau for Land Management, Elko Resource Area, Nevada*, 31-47.

FÉBLOT-AUGUSTINS, J. 1999, La mobilité des groupes paléolithiques, *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, Nouvelles Séries, tome 11-3/4, 219-260.

FINDLOW, F. J., BOLOGNESE, M. 1982, Regional modeling of obsidian procurement in the American Southwest in J. E. Ericson, T. K. Earle (ed.), *Contexts for prehistoric exchange*, 53-81.

GARCÍA ATIÉNZAR, G. 2008, Aplicaciones SIG en el análisis de las sociedades del Pasado. un caso de estudio: las primeras comunidades campesinas del Levante Peninsular, *Panta Rei III*, 2ª Época, 45-71.

GARCÍA SANJUÁN, L. 2005, *Introducción al Reconocimiento y Análisis Arqueológico del Territorio*, Barcelona, Ariel.

GENESTE, J. M. 1992, L'approvisionnement en matières premières dans les systèmes de production lithique: la dimension spatiale de la technologie in R. Mora, X. Terrades, A. Parpal, C. Plana (ed.), *Tecnología y Cadenas Operativas Líticas, Treballs d'Arqueologia* nº 1, 1-31.

GUILBAUD, M. 1995, Introduction sommaire au concept de champ opératoire, *Cahier Noir* 7, 121-133.

GUTIÉRREZ J., GOULD, M. 1994, *SIG, Sistemas de Información Geográfica*, Madrid, Síntesis.

HODDER I., ORTON C. 1976, *Spatial analysis in archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.

LEROI-GOURHAN, A. 1968, *La Prehistoria*, México, Clío.

LUEDTKE, B. E. 1992, An archaeologist's guide to, chert and flint, *Archaeological Research Tools* 7.

MASSON, A. 1981, Pétroarchéologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire, *Thèse de troisième cycle*. Université Lyon I.

MC DONALD, I. 1961, Statistical studies of recorded energy expenditure of man, *Nutrition Abstracts and Reviews* 31, 739-761.

ORTÍ, F., ROSELL, L., INGLÈS, M., PLAYÀ, E. 2007, Depositional models of lacustrine evaporites in the SE margin of the Ebro Basin (Paleogene, NE Spain), *Geologica Acta* 5-1, 19-34.

RENFREW, C. 1977, Alternative models for exchange and spatial distribution, in T. K. Earle, J. E. Ericson (ed.), *Exchange systems in prehistory*, New York, Academic Press, 71-90.

TUCKER, M. E. 2001, *Sedimentary Petrology. An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*, 3rd ed. Carlton, Blackwell Publishing.

TURQ, A. 1989, Exploitation des matières premières lithiques et exploitation du sol: l'exemple du Moustérien entre Dordogne et Lot, *Cahiers du Quaternaire* 13, 179-204.

WILSON, L. 2007, Understanding Prehistoric Lithic Raw Material Selection: Application of a Gravity Model, *Journal Archaeological Method Theory* 14, 388-411.