

# ARQUEOLOGÍA *experimental*

## EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Investigación, didáctica y patrimonio



Actas del I Congreso Español de Arqueología Experimental,  
celebrado en Santander en noviembre de 2005.

María Luisa Ramos Sáinz - Jesús Emilio González Urquijo - Baena Preysler  
(editores)

# PROYECTO EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE LOS RESTOS DE COMBUSTION DE LA COVA DEL BOLOMOR (LA VALLDIGNA, VALENCIA)

**Josep Fernández Peris\***, **Begoña Soler mayor\***, **Alfred Sanchis Serra\***, **Carlos Verdasco Cebrían\*** y **Ruth Blasco López\*\***

(\*) Servicio de Investigación Prehistórica. Museo de Prehistoria. Diputación de Valencia. C/Corona 36, 46003, Valencia.

(\*\*) Becaria del programa I3P del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

## RESUMEN

La Cova del Bolomor presenta una importante cronoestratigrafía correspondiente al Pleistoceno medio. Los XVII niveles de la misma contienen abundantes materiales líticos y faunísticos, junto a relevantes estructuras de combustión y restos humanos fósiles. Los restos de combustión estudiados hasta el presente en el yacimiento corresponden a los niveles II, IV y XI. El progreso experimental de la Cova del Bolomor tiene por objetivo reconocer e interpretar los restos y estructuras arqueológicas asociadas al fuego. Mediante la réplica de estructuras de combustión al aire libre y el calentamiento en laboratorio se analizan las termoalteraciones de la fauna, materias líticas y sedimento. Los resultados de las experiencias ayudan a la correcta identificación de los diferentes restos arqueológicos termoalterados, para llegar a una interpretación más ajustada de su funcionalidad.

**Palabras clave:** Experimentación, Fuego, Fire Hearths, Middle Pleistocene

## ABSTRACT

The Bolomor's cave presents an important chrono-stratigraphy corresponding to the Middle Pleistocene. The XVII levels contain abundant stone tools, bones, hearths and human fossil remains. The combustion remains studied until the present in the deposit correspond at the levels II, IV and XI. The experimental Project of the Bolomor's cave try to recognize and to interpret the remains and archaeological structures in the open air and the warming in laboratory. The results of the experiences help the correct identification of the thermal alteration on the archaeological record, to arrive to a tightest interpretation of its functionality.

**Keywords:** Experiment, Fire Hearths, Middle Pleistocene.

## INTRODUCCION

El yacimiento Cova del Bolomor (Tavernes de la Vallidigna, Valencia) presenta una importante cronoestratigrafía correspondiente al Pleistoceno medio. Los XVII niveles de la misma contienen abundantes materiales líticos y faunísticos, junto a relevantes estructuras de combustión y restos humanos fósiles. Todo ello le confieren a este registro prehistórico que supera de muro a techo los 300000 años, una extraordinaria potencialidad para contribuir al conocimiento del Paleolítico antiguo en Europa.

No obstante, son los elementos tecnológicos vinculados al fuego como la presencia de áreas de combustión o los hogares, los que centran nuestra atención en el presente artículo; sin entrar en cuestiones vinculadas al bagaje tecnocultural del fuego, sus ventajas adaptativas, su origen y desarrollo, presentamos aspectos de praxis que nos ayuden a interpretar la relación entre el hombre el fuego en su más amplio sentido.

Las estructuras de combustión estudiadas hasta el presente corresponden a los niveles II, IV y XI. En el primero se documentaron posibles vaciados de cenizas

entre brechas, que son consecuencia de la limpieza de los hogares para la preparación de nuevos fuegos. En el nivel IV (fig 1), encontramos los restos de la instalación sobre el suelo de tres o cuatro fuegos de forma subcircular que dejaron como testigo tierra quemada de color rojizo (rubefacción) con ceniza, uno de ellos incluye piedras en la base, térmicamente alteradas (fig. 2). En el nivel XI (fig. 3), dos hogares con potencia de 2-10 cm y dimensiones entre 0,5-1,3 m de diámetro máximo no presentan estructuración interna y se sitúan alineados en el área externa del yacimiento. Son hogares simples que parecen corresponder a combustiones de carácter corto, tal y como indican los estudios experimentales en curso.

El uso de la experimentación en arqueología prehistórica lejos de ser novedoso podríamos decir que forma parte de la historia de la investigación. Desde finales del siglo XIX encontramos referencias bibliográficas que nos hablan de esta práctica. Por lo que se refiere al estudio específico de la combustión, desde los primeros trabajos de W. Hough (1892, 1926), encontramos referencias que se ocupan del problema desde una perspectiva experimental. Lo que también

es cierto es que en el ámbito europeo la cuestión se ha abordado sistemáticamente y con criterios científicos desde los años 80 del siglo XX. Es a partir de ese momento cuando se introducen métodos físicos, químicos y matemáticos que proporcionan una aproximación al conocimiento del funcionamiento no sólo de las estructuras de combustión sino también de los grupos humanos que las elaboraron.

El actual debate científico y especializado establece criterios objetivos de clasificación para los restos relacionados con la combustión, que ya no están basados solamente en valoraciones generales (Laloy 1980, March y Ferreri 1989, March 1995, March y Wüsch 2003, Soler Mayor 2003). Surge así el establecimiento de una sistemática experimental con criterios de discriminación apoyados en los análisis de los restos arqueológicos.

El proyecto que presentamos sólo tiene sentido desde la interdisciplinariedad, planteando preguntas desde la misma que ayuden a interpretar el pasado. El método es la abstracción de los hechos arqueológicos, en la que lo importante es saber *qué* cosas se observan y *cómo*. El tener un objetivo, frecuentemente práctico es un requisito esencial para el hallazgo novedoso. Tras el desarrollo de técnicas primarias entra en juego el *experimento* circunscrito a las operaciones de *análisis* y *síntesis*. De la mezcla de operaciones y observaciones que constituyen los experimentos surge el campo del conocimiento científico (Bernal 1974). Consideramos la experimentación una parte inseparable del conjunto de analíticas y



Figura 1. Hogares del nivel IV (OIS 5 e). Cova del Bolomor



Fig. 2. Hogares del nivel XI (OIS 6): Cova del Bolomor

estudios que se realizan a partir de los datos que aporta la excavación. La experimentación es la contrastación empírica de las hipótesis planteadas durante el proceso de investigación, partiendo de un marco teórico concreto que será el soporte del trabajo.

Espacio, estructuras de combustión, fauna e industria son las variables fundamentales analizadas en el estudio experimental sobre el uso del fuego en Bolomor para comprender e intentar descifrar el comportamiento humano.

## EL FUEGO, LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN Y LA EXPERIMENTACIÓN

La réplica de las estructuras de combustión, ha sido el método elegido para iniciar el trabajo experimental. La reproducción se inicia con las estructuras más sencillas, que son los fuegos planos sobre el sedimento sin preparar, para más adelante llegar a estructuras más complejas, como las rellenas o con borde de piedras.

La sistemática de trabajo plantea dos fases:

-Experiencias de campo: reproducción de un área de combustión simple -fuego directo sobre el suelo sin preparación- mediante el calentamiento al aire libre controlado por diez sondas tipo K que registran hasta 1200 °C

-Experiencias de laboratorio: calentamiento controlado en mufla de los distintos elementos objeto de análisis. Este procedimiento requiere de una sistematización en el calentamiento.

Antes de iniciar el trabajo experimental tanto de campo como de laboratorio, es imprescindible realizar una sistematización de las variables en cada uno de los apartados a estudiar: sedimento, rocas, fauna y material lítico. Después se procede a la realización de la práctica experimental para finalmente realizar una valoración de los resultados y una cotejación con los arqueológicos. En las experiencias de campo partimos de una metodología establecida para responder a las preguntas iniciales que nos planteaba este yacimiento (March 1996, 1998; Soler (2003): ¿Cómo se alteran el sedimento, la fauna, el material lítico o las rocas según la temperatura alcanzada y la posición en el sedimento?. ¿Qué características macroscópicas podemos observar?. ¿Se producen alteraciones microscópicas?. ¿Se pueden reconocer los distintos elementos termoalterados durante el proceso de excavación ?, etc.

De acuerdo a este planteamiento se establece la siguiente secuencia de trabajo experimental:

-Recogida de sedimento y rocas de los niveles que presentan inicialmente en la excavación arqueológica hogares o áreas de combustión.

-Calentamiento controlado: durante tres horas al que se añade combustible y después se deja enfriar hasta llegar a los 60-70 °C. Este lapso de tiempo es el utilizado por nosotros en otras experiencias y por ello nos permite comparar los resultados.

-Excavación sistemática del hogar experimental con el fin de definir criterios de discriminación que nos ayuden a determinar la existencia y características de las áreas de combustión arqueológicas.

El combustible utilizado en estas primeras experiencias ha sido el pino ante la ausencia de restos antracológicos que nos proporcionen una madera determinada. Este elemento es generalista y su presencia en las arboledas del valle debió estar presente durante amplios periodos de tiempo.

A partir de la aparición de las primeras estructuras de combustión bien definidas en la excavación de 1994, nos planteamos la necesidad de profundizar en el reconocimiento de las posibles termoalteraciones del sedimento en el mismo momento de la excavación. Esto nos llevó a preparar las dos primeras experiencias cuyo objetivo principal era el reconocimiento de las posibles áreas de combustión a partir del análisis macroscópico *in situ* del sedimento y del reconocimiento de las rocas termoalteradas que se pudieran hallar en relación con dichas áreas.

### Desarrollo del programa experimental de campo

**-Experiencia 1:** realización de un hogar plano con sedimento del nivel IV. Se realiza un calentamiento controlado de tres horas, utilizando como combustible 12 kilos de coscoja y 14,5 k de laurel. La temperatura máxima alcanzada se produjo a los 20 minutos del encendido, siendo 655°C y la duración total de la experiencia controlada fue de 15,5 horas. Los resultados preliminares nos muestran: un área cenicienta superficial de entre 1 y 2 centímetros; un área negra carbonosa que en el centro de la hoguera llega a tener 4 centímetros de profundidad, mientras que hacia la periferia presenta sólo de 1 a 2 centímetros; un área alterada por debajo de la anterior, bastante mal definida, de apenas 1 centímetro en el centro de la hoguera. Si observamos las temperaturas máximas alcanzadas por las sondas enterradas 5 centímetros sólo una sobrepasa los 272°C, mientras que las otras presentan resultados por debajo de los 200°C. Esto, junto al

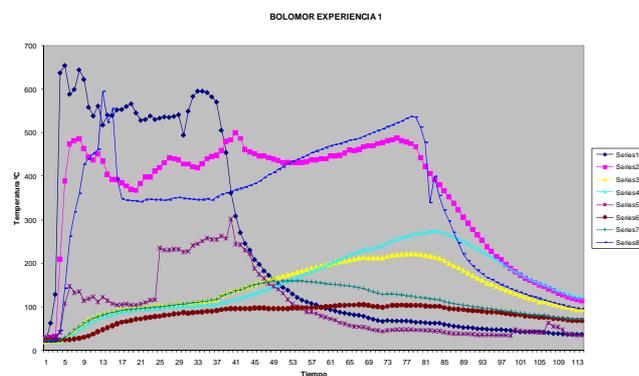


Figura 3. Imagen de la curva de temperaturas de la Experiencia 1. Nivel IV.

hecho de que se trate de *terra rossa*, se puede relacionar directamente con que no se haya localizado un área roja de alteración observable claramente.

**-Experiencia 2:** realización de un hogar plano con sedimento del nivel IV. Se realiza un calentamiento controlado de tres horas, utilizando como combustible 35 kilos de pino seco y leña arbustiva. El tiempo total de control de la experiencia fue de 19,4 horas y la temperatura máxima alcanzada en superficie a los 95 minutos fue de 711° C.

Los resultados preliminares nos muestran: un área cenicienta superficial de entre 1 y 2 centímetros, una capa negra carbonosa que presenta escasos milímetros de alteración que afecta fundamentalmente el centro del hogar, un área roja por debajo de la anterior, bastante mal definida, de apenas 1 centímetro en el centro de la hoguera.

En esta ocasión también debemos tener en cuenta que las sondas enterradas, excepto la 4 que llegó a los 265°C, no sobrepasaron los 200°C. Este dato es significativo a la hora de valorar la oxidación del sedimento que por los resultados experimentales conocidos, no se produce hasta los 290°C. Si a esto le sumamos que el sedimento sea *terra rossa*, volveremos a encontrar el mismo patrón de dificultad a la hora de detectar la termoalteración del sedimento.

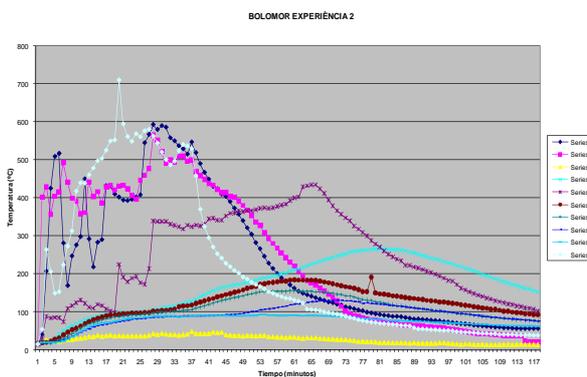


Figura 4. Imagen de la curva de temperaturas de la Experiencia 2. Nivel IV.

**-Experiencia 3:** Realización de un hogar plano con sedimento del nivel XIII. Se realiza un calentamiento controlado de tres horas, utilizando como combustible 31,5 kilos de pino seco. El tiempo total de control de la experiencia fue de 14,16 horas. La temperatura máxima alcanzada a los 135 minutos del encendido fue de 691° C en superficie.

A diferencia de las anteriores experiencias, en ésta fueron situados diferentes restos de fauna y material lítico con el fin de seguir un control de su calentamiento que será desarrollado en apartados posteriores.

En esta ocasión se repiten los parámetros de alteración, produciéndose una capa de carbones y cenizas de aproximadamente 3 centímetros y una capa negra de escasamente 1 centímetro. Por debajo de ésta se apreciaba una capa de alteración de color rojizo, difícilmente aislable, pero que se puede relacionar con la

Imagen de la curva de temperaturas de la Experiencia 1. Nivel IV. temperatura de 299°C que registro la sonda 4. Diversas alteraciones postdeposicionales, nos impidieron recuperar más información de esta experiencia.

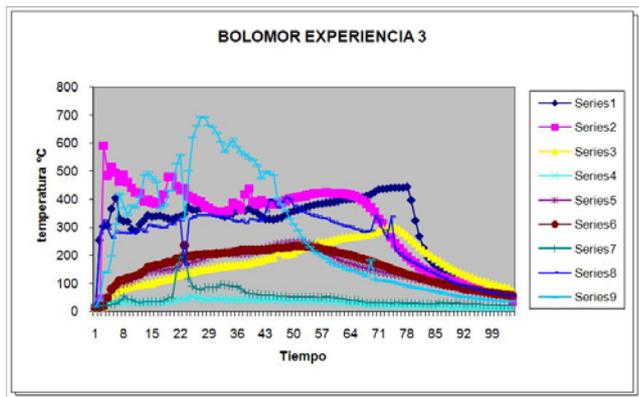


Figura 5. Imagen de la curva de temperaturas de la Experiencia 3. Nivel XIII

**-Experiencia 4:** realización de un hogar plano, con base de piedras de pequeño formato, enterradas en sedimento del nivel XIII. Se realiza un calentamiento controlado de tres horas, utilizando como combustible 19 kilos de pino seco. El tiempo total de control de la experiencia fue de 10,50 horas y la temperatura máxima alcanzada fue de 800°C a los 75 minutos de encendido.

En esta ocasión añadimos un nuevo parámetro a los anteriores. Colocamos en la base un total de 15 rocas sedimentarias procedentes del nivel XIII y sobre ellas pusimos 3 y 5 centímetros de sedimento del mismo nivel. En la parte superior se volvieron a colocar restos de fauna.

Los resultados preliminares nos muestran algunas diferencias respecto las anteriores experiencias: la capa superficial de cenizas y carbones es ligeramente menos densa que en las otras experiencias, quizá debido a que la cantidad total de leña ha sido algo menor; la capa negra es más consistente, entre 1 centímetro en la periferia y 3 en el centro del fuego; la termoalteración de las rocas está en proceso de estudio. Así como su relación con el sedimento supra e infrayacente; por debajo del sedimento negro aparece la rubefacción, con las mismas características que en las experiencias anteriores.

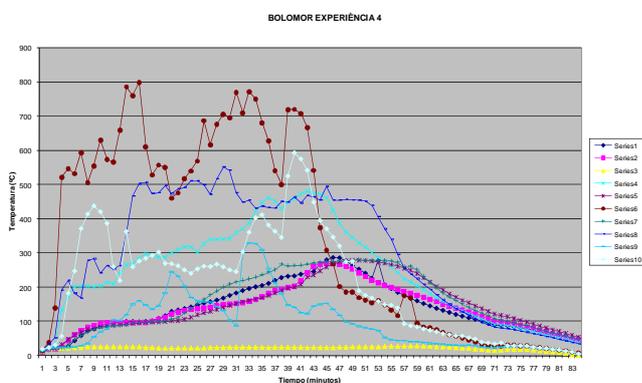


Figura 5. Imagen de la curva de temperaturas de la Experiencia 4. Nivel XIII

Si hay algo que no ha llamado la atención es que siempre se ha vinculado la presencia de rocas en los hogares a un mantenimiento del calor, es lo que se conoce como braseros. Sin embargo, la experiencia 4 es la que menor duración ha tenido en tiempo total de todas las realizadas. Sólo la repetición de las variables de esa experiencia nos aproximará a una explicación de este fenómeno.

## LA TERMOALTERACIÓN DE LAS ROCAS

El objetivo fundamental de este estudio es identificar las termoalteraciones de las rocas en excavación y establecer su posible relación con las áreas de combustión en las que se encuentran.

Al mismo tiempo se analizará de qué manera se altera este material y sistematizaremos esas alteraciones macro y microscópicamente. En el caso de las rocas contamos con un amplio cuerpo experimental que ayudará a la interpretación de los restos arqueológicos termoalterados.

Sabemos por nuestros registros experimentales, que el incremento controlado de temperatura que sufren las muestras experimentales permite determinar: si una muestra arqueológica dada ha estado calentada o no, en qué rango de temperaturas.

Conocemos experimentalmente que un calentamiento entre 250/300°C (dependiendo de la litología) produce una modificación del calor que se puede cuantificar y que en la totalidad de los casos tiende al enrojecimiento de la muestra. A partir de 500°C se produce un nuevo cambio en las coloraciones, tornándose ahora, a simple vista, hacia el gris. A partir de 700°C, en las rocas carbonatadas, la coloración se torna, a simple vista hacia el gris-blancueto, siendo tanto más blanca cuanto más sobrepasa esta temperatura. Este fenómeno va acompañado por la disgregación de la muestra que adapta una textura externa que recuerda la del "polvo de talco", por descomposición de  $CO_3Ca$  en  $CaO$ . Con el aumento de temperatura, las rocas tienden a unificar la coloración sea cual sea su color original en la muestra sin calentar.

En el caso de la Cova del Bolomor, los restos de rocas aparentemente termoalteradas en excavación, se relacionan en todos los niveles donde aparecen señales de combustión. Se trata de rocas carbonatadas, en su mayoría de tipo calizo. El estudio de las rocas termoalteradas de este yacimiento se realizará a partir de la secuencia experimental de rocas carbonatadas del que ya disponemos de un protocolo experimental y resultados (Soler 2003), así como del propio trabajo de experimentación que vayamos desarrollando en este proyecto.

Siguiendo nuestra sistemática operativa, basaremos nuestro trabajo en dos ámbitos experimentales: aire libre y laboratorio. Las experimentaciones al aire libre nos permiten obtener resultados de la acción de un fuego real sobre la superficie de las rocas, mientras que el calentamiento en mufla, nos permite obtener una secuencia regular de calentamiento en la que podemos discriminar las termoalteraciones de manera macro y microscópica.

## Estudio de las rocas arqueológicas

La recogida sistemática en excavación de las rocas que se considera que están relacionadas con un área de combustión, son la base sobre la que planteamos nuestro trabajo.

Las rocas arqueológicas se describen en el momento de la excavación de manera sistemática, vinculándolas al resto del espacio y materiales en los que se encuentran (Soler 2003). En esta descripción de campo no solo se tiene en cuenta la forma, el tamaño y posición de las rocas respecto del sedimento sino también el número de caras, cuantas se observan alteradas, si hay fracturas o fisuras apreciables, el contacto entre ellas y con el resto de elementos del nivel.

Una vez en el laboratorio se completan las descripciones, se intentan establecer los remontajes, si procede, y finalmente se preparan las rocas para su análisis mediante microscopio petrográfico y a través de microscopía electrónica si se considera necesario.

### Protocolo experimental

Comienza con la recogida del material sin alterar de los diferentes niveles arqueológicos a estudiar, de manera que podamos contar con rocas tanto para calentamiento en aire libre como en mufla. Antes de comenzar la experiencia se realiza una descripción pormenorizada del material en microscopio petrográfico y se mantiene siempre una muestra sin calentar para contrastaciones posteriores.

En las experiencias de campo, controlaremos la temperatura de las rocas a través de sondas tipo K que colocamos en diferentes caras de las rocas, para estimar así la temperatura superficial máxima a la que han estado sometidas. En el caso de la mufla, preparamos las rocas fragmentándolas y procediendo al calentamiento gradual de cada fragmento de la misma roca, lo que nos va a permitir obtener una gradación de las alteraciones a partir del control de la temperatura.

Teniendo en cuenta el procedimiento experimental presentado, la continuación de los análisis será clave para la interpretación final.

## LA SEDIMENTOLOGÍA Y LA ALTERACIÓN DE LOS CARBONATOS

Un área de combustión a nivel sedimentológico -entendiendo sedimentología como el estudio de la formación deposicional a escalas macro y micromorfológica- la realización de un hogar debe entenderse como un proceso postdeposicional que ocasiona una modificación física y química del depósito que soporta la acción. Estas alteraciones térmicas son observables tanto en el plano visual como en un sentido espacial.

Las alteraciones físicas y químicas causadas por la conducción de la energía calorífica entre componentes de un depósito son diversas - cambios de coloración, alteración de las estructuras cristalinas de carbonatos, etc.-, y pueden observarse en sus tres dimensiones -X, Y, Z-. Estas alteraciones pueden ser evidentes y excavadas con arreglo a su morfología, o por el contrario pueden estar parcialmente o totalmente veladas por procesos postdeposicionales que impedirán su correcta interpretación y excavación.

## Metodología

La diversidad existente en la estructura del hogar - planar, cubeta, etc.- el mantenimiento y sofocamiento de éstos, confiere una alta variabilidad en su desarrollo. Por ello, y para intentar comprender de manera general la evolución de un fuego y con ello la posible transformación de los carbonatos, hemos medurado las variables que, en principio, pueden ser más usuales a todo tipo de fuego: *temperatura máxima* y *velocidad de caída de ésta*. La mensuración de estas dos variables nos debe, a priori, permitir conocer la evolución y desarrollo de los carbonatos frente a una termoalteración. Para ello, nos hemos basado en el estudio del material utilizado -combustible y sedimento- antes de su utilización como posteriormente a la experiencia. Estos elementos mantienen altas proporciones de carbonatos en su composición por lo que deben ayudarnos a entender el comportamiento de ambos materiales frente a la termoalteración.

*Combustible*: La desestructuración total o parcial de los elementos vegetales leñosos no fósil como consecuencia de la reacción química entre éstos y el oxígeno genera un residuo pulvulento y ceniciento. Este residuo parece estar compuesto, principalmente, por microcarbones y pseudomorfos calcíticos (Brochier, 1993; Verdasco, 2001).

*Microcarbones*: residuo orgánico de dimensiones comprendidas [0.080-0.005 µm] producto de la combustión y desestructuración incompleta de la materia vegetal leñosa no fósil. Generalmente, este tipo de residuo aparece en áreas de combustión, tanto actual como arqueológica, muy localizadas -debajo de piedras, laminación por debajo del paquete de cenizas, etc.- zonas en donde existe una concentración pobre en oxígeno -límite inferior de inflamabilidad- que no ha permitido su total desestructuración.

*Pseudomorfo calcítico-POCC*:- Residuo inorgánico de dimensiones comprendidas [0.080-0.015 µm] producto de la combustión y desestructuración completa del material vegetal leñoso no fósil que aparece en gran medida en los depósitos cenicientos. Cristales calcíticos anisotropos cuadriformes dihidratados que mantienen su morfología original del cristal original - formas romboédricas, prismáticas- aunque se transformen químicamente -cristales monoclinico y monohidratados- (Brochier, 2002). Así, Brochier (1983a) y Weiner (1995) comentan que el componente principal de las cenizas es usualmente la calcita.

La gran mayoría de los vegetales leñosos tienen en el interior de sus células, cristales de oxalato cálcico - con formas muy particulares como drusas, cristales poliédricos- abundantes en las ramas de los árboles y sus hojas (Brochier, 1983, 1993; Watzel, 1987). Estos cristales, al calentarse (entre 400 y 500° C) se muestran muy inestables, transformándose el oxalato de cálcico en calcita. La estructura original de la célula se conserva, solamente su naturaleza química se transforma. Este tipo de descriptor sedimentológico -POCC- se le ha denominado en otras publicaciones fitolitos de oxalato cálcico (Albert R. M, 1996; Jakes A. 1996, Brochier, 2002).

El estudio de estas formas calcíticas parece confir-

mar (Brochier, 2002) que están conformados a su vez por microcristales de tamaños diversos. Los cristales que conforman el pseudomorfo pueden cristalizar tanto en calcita microesparítica -de 4-10  $\mu\text{m}$  - como micrítica - calcita microcristalina, inferior a 5  $\mu\text{m}$ - esta distinta condición parece estar relacionada, según Barthurst (1971) con la velocidad en la formación del cristal. Para este investigador la velocidad de cristalización tiene una influencia decisiva en el tamaño final de los cristales, de manera que cuanto más lenta es la formación más grandes son los cristales calcíticos formados. Por ello, nuestra hipótesis de trabajo se basa que la diferencia de cristalización puede estar vinculada a la velocidad de pérdida de calor: a calor más constante el cristal será mayor que con una disminución brusca.

*Sedimento:* Material que se dispone en la base de los hogares, perteneciente al estrato XIII del yacimiento de Bolomor. El yacimiento de Bolomor fue estudiado por la Dra. M<sup>a</sup> Pilar Fumanal (1993), quien expresaba que la composición del depósito se caracterizaba “...en su mayor parte por material alóctono de origen coluvial y, en menor medida, de conductos abiertos en paredes y techo. Se mezclan con él algunos aportes autóctonos, gravitatorios, que derivan de desprendimientos cenitales o de la actuación de procesos de meteorización física.”

-A. el depósito IV, base para las experiencias n<sup>o</sup> 1 y n<sup>o</sup> 2 de este estudio, está caracterizado por una matriz arenosa levemente cementada y aparición moderada de pequeños cantos. El material grosero está moderadamente alterado por la acción química. Fumanal asigna este depósito a la fase climática BOLOMOR IV, caracterizada por indicadores de frío, periodo suave con degradaciones poco marcadas, persistiendo una humedad alta y oscilante.

-B. el depósito XIII, base para las experiencias n<sup>o</sup> 3 y n<sup>o</sup> 4 de este estudio, Fumanal lo asigna a la fase climática BOLOMOR III, en donde la evolución interna es muy marcada, partiendo de momentos frescos-suave y húmedo y finalizando en etapa rigurosa y árida. Formaciones detríticas -matriz limosa y color rojizo- “...que alternan con formaciones sedimentarias químicas, bien en forma de pavimentos estalagmíticos, bien como concrecciones carbonatadas que brechifican los sedimentos.” (Fumanal, 1993).

En ambos casos estos depósitos están caracterizados por una alta presencia de carbonatos, característica que nos permiten realizar una descripción de la evolución y recristalización de los carbonatos por la acción del fuego, al igual que en el caso del combustible. Si bien deberemos tener que la energía calórica influirá de manera disacriminada, alterando fuertemente la zona de contacto y en menor medida el material más alejado.

## LA TERMOALTERACION DE LOS RESTOS OSEOS

Superado el enfoque tradicional, que vinculaba la presencia de cualquier termoalteración a la acción del hombre, se han desarrollado numerosos trabajos experimentales que han tenido como marco referencial el estudio de huesos quemados y la comprobación del origen antrópico de estas alteraciones en los conjuntos arque-

ológicos. Todos ellos han evidenciado cambios físicos macro y microscópicos en los huesos por efecto del calor: de color, de morfología, de estructura cristalina o de reducción de la talla, y han señalado la importancia del sedimento que los albergaba (Shipman *et al*, 1984; Fernández-Jalvo y Perales, 1990; Stiner *et al*, 1995). En todo caso, estas aportaciones ponen de manifiesto que el color sólo, no es un criterio de diagnóstico válido para afirmar si un hueso está quemado o no (March, e.p; Shipman *et al*, 1984; Stiner *et al*, 1995). En la actualidad, priman los métodos analíticos físico-químicos, como la difracción de rayos X, el empleo del microscopio electrónico de barrido o el análisis CHN-RC (Joly y March, 2001), para intentar demostrar si las alteraciones están verdaderamente causadas por la exposición al calor, y diferenciarlas de las de origen postdeposicional. Estos métodos han permitido establecer secuencias de cambios físicos, donde el color de los huesos varía en función de la temperatura, la duración del calor y la parte ósea. Las diversas experimentaciones, intentando reproducir diferentes condiciones, se han servido de diversos criterios: como la naturaleza del hueso, su estado inicial y las condiciones de exposición térmica (Pastó, 2001).

Se ha estudiado la alteración diferencial por efecto del calor, sobre huesos colocados en contexto superficial (directa), presentando coloraciones heterogéneas, y sobre aquellos afectados por el calor a través de exposición indirecta, que han proporcionado más homogeneidad cromática (Bennett, 1999). El sedimento en el que se incorporan estos restos, junto a la intensidad del calor y la duración de la exposición influirán en el grado de alteración (por ejemplo: calcinación de los restos enterrados a 2-5 cm; carbonización de los situados a 10 cm).

Si podemos confirmar que las alteraciones presentes sobre los restos óseos se vinculan al calor, y que no se deben a otros procesos diagenéticos, el siguiente paso es el de comprobar si el hombre es el responsable o si se deben a causas accidentales.

En este sentido, la cocción de alimentos es una forma intencional de producción de alteraciones térmicas. En la actualidad, esta actividad es vista como un proceso tafonómico predeposicional (Pearce y Luff, 1994) con claros efectos sobre la preservación de los huesos, donde resultan importantes también la temperatura y el tipo de calentamiento. Otras experimentaciones se han llevado a cabo, para ver si diferentes tipos de cocción (asar/hervir) afectan de manera desigual a los huesos (Migaud, 1991; Pearce y Luff, 1994). La cocción de los alimentos, últimamente se ha visto como una acción con efectos sobre la nutrición, la ecología, y sobre las relaciones sociales, e incluso ha producido cambios físicos en los homínidos durante el Pleistoceno medio (Wrangham *et al*, 1999). La arqueología de género ha visto en el procesado del alimento y en las prácticas de cocción una parte de las actividades de mantenimiento en arqueología (Montón, 2002). Otros autores relacionan la existencia de diferentes técnicas de cocción, con el llamado espectro ampliado de la alimentación, visto como una intensificación o proceso general donde todas las estra-

teguas tienden a equilibrar la población y los recursos disponibles. Así, la manera de preparar los alimentos estaría vinculada a motivos nutricionales (Speth, 2004).

De nuevo, la experimentación ha observado diferentes alteraciones sobre los huesos según hayan sido hervidos o asados. Se ha comprobado que los que han sufrido el hervido han perdido más tejido blando cuanto mayor ha sido el tiempo de cocción, presentando un moderado desplazamiento de las epífisis y una similar pérdida de peso según el tiempo de cocción. Los huesos asados pierden más peso, varían de color, se deforman y se fragmentan, a medida que aumenta la temperatura. A través de un experimento de compresión se ha probado que los huesos hervidos son más propensos a ser fracturados que los asados (Pearce y Luff, 1994).

Diferenciar entre el material arqueológico el método de cocción es muy difícil, sobre todo por el efecto de los posibles procesos postdeposicionales (Montón, 2002). Aun así, se han constatado termoalteraciones sobre huesos de lagomorfos (*Prolagus*) en niveles Neolíticos y preneolíticos en Córcega. Estas alteraciones se presentan sobre las zonas distales, o fracturadas, de los miembros con poco contenido cárnico (radio, ulna y tibia), que demuestran que estos elementos fueron asados a la brasa o sobre las llamas (Vigne *et al*, 1981; Vigne y Marinval-Vigne, 1982; Vigne y Balasse, 2004). Estas alteraciones también se han descrito en el yacimiento del Molí del Salt (Ibáñez y Saladie, 2004) en niveles del Paleolítico superior final-Epipaleolítico. Continuando con las pequeñas presas, se han descrito distintas formas de cocción de lagomorfos, a partir de la densidad de sus restos, la inexistencia de esqueletos articulados y la baja actuación de perros, a pesar de los bajos porcentajes de huesos quemados (Speth, 2000).

El empleo de los huesos como combustible propicia otro modelo intencional de termoalteración (Costamagno *et al*, 2002; Nicholson, 1993; Théry-Parisot, 2002; Théry-Parisot *et al*, 2004), normalmente vinculado a la escasez de madera (Théry-Parisot, 2002). A través de propuestas experimentales se han estudiado las propiedades de combustión de los huesos, viendo que su inclusión en las estructuras alarga la duración de las mismas. Este uso, puede verse como un tratamiento diferencial del combustible o como una práctica oportunista centrada en eliminar residuos de la alimentación (Théry-Parisot, 2002).

Normalmente, el empleo de los huesos como combustible va unido a una elevada frecuencia de huesos quemados y a su asociación con estructuras de combustión. La realización de experimentaciones ha probado la existencia de combustibilidad diferencial según las porciones esqueléticas (las partes esponjosas tienen mejor comportamiento en el fuego que las zonas compactas), y también, que la densidad influye en la masa residual, siendo mayor la pérdida cuanto mayor es la densidad. Del mismo modo, se ha puesto de manifiesto que el hueso seco se fragmenta menos que el fresco, y que los especímenes completos se alteran más que los ya fragmentados. Así, según múltiples parámetros, se generan diferencias en los índices de combustión y en la tasa de fragmentación.

Resulta difícil reconocer a partir de restos óseos quemados, si los huesos han sido empleados secos o frescos, enteros o fragmentados, pero puede conocerse la natura-

leza histológica de los combustibles óseos empleados a partir de la frecuencia relativa de tejidos quemados (Théry-Parisot *et al*, 2004). A partir de la relación entre huesos quemados, determinados y no determinados, se ha podido establecer que en el yacimiento Magdaleniense de Saint-Germain-La-Rivière, sus ocupantes quemaron sobretodo porciones esponjosas, lo que habla a favor de la utilización de los huesos como combustible. Los restos quemados se fragmentan de forma más intensa que los no quemados.

De nuevo, el empleo de métodos de análisis fisicoquímicos ha intentado confirmar, a partir de la utilización de los huesos como combustible, que las alteraciones se han producido por exposición al calor y/o por procesos tafonómicos (Joly, March y Martínez, e.p.). En el yacimiento del Pleistoceno final argentino de Paso-Otero 5, se ha comprobado que los huesos quemados pertenecen a desechos de combustión antrópica, a través de la elevada cantidad de huesos quemados, del nivel de combustión y de la heterogeneidad de ésta. En caso de alteración por accidente natural los huesos presentarían un aspecto más uniforme.

## Meso y Macrofauna

Uno de los elementos que corrobora la existencia de hogares intencionales durante el Pleistoceno Medio en la Cova del Bolomor es la presencia de huesos quemados en el registro faunístico. Esto plantea toda una serie de problemas a nivel metodológico que deben ser contrastados mediante reproducciones experimentales. Muchos son los temas que se han tratado para intentar explicar las diferentes características en los huesos quemados de los yacimientos arqueológicos: temperaturas de cremación, cambios de coloración, tipos de fractura,...etc (Shipman, Foster and Schoeninger, 1984; Nicholson, 1993). La finalidad de la descripción de todas estas características es buscar patrones explicativos que pongan en relación la intencionalidad de los hogares con el tratamiento de las biomásas animales. Estos experimentos son de gran interés para entender el comportamiento de este tipo de materiales cuando son sometidos a altas temperaturas intentando reproducir distintos procesos: huesos enterrados y no enterrados, hueso secos y frescos, huesos de mamíferos y animales pequeños, huesos enteros y fragmentados, etc. Sin embargo, a nuestro entender existen condicionantes particulares en cada enclave que pueden condicionar la interpretación de este tipo de registros: composición del sedimento, tasas de sedimentación, características de los hogares, existencia de piedras, etc. Por tanto, es necesario hacer reproducciones experimentales simplificando estas variables que vienen dadas por el propio continente del registro. Una labor de este tipo ayudará a entender con mayor precisión los procesos de formación de cada uno de los yacimientos.

Todos los autores convienen en decir que una de las principales características de los huesos quemados es su reducido tamaño (Stiner *et al*, 1995). Según estos investigadores existe una relación directa entre las dimensiones de los restos faunísticos y el grado de

temperatura al que han sido sometidos, de manera que los más afectados suelen ser más pequeños que los menos afectados. Esta relación de tamaños puede explicarse en muchos casos por la fragilidad de los restos y por el *trampling* existente en un lugar con ocupaciones de larga duración o la reiteración de estas o también por la presión ejercida por los sedimentos. En nuestro caso, hemos comprobado experimentalmente la fragilidad de huesos frescos sometidos a temperaturas elevadas, los cuales son susceptibles a la fragmentación con mucha facilidad (Fig. 7a y 7b). Del mismo modo, existe una gradación de colores en función de la temperatura que van desde los huesos no modificados al blanco para los huesos calcinados pasando por las tonalidades marrones y negras (Correia, 1997). En función de estas diferencias de color y utilizando criterios mineralógicos y de composición química de los restos, diversos autores han establecido grados de coloración que permiten ponerlos en relación con las temperaturas alcanzadas (Stiner *et al.*, 1995; Cole *et al.*, 1996). En nuestra reproducción experimental hemos comprobado que los elementos situados en los lugares donde el hogar ha alcanzado más temperatura, los huesos han adquirido tonalidades blanquecinas, mientras que los situados en la periferia, no han sobrepasado en ningún caso el negro y los marrones oscuros.



Figura 7. a) Tibia, astrágalo y calcáneo de cordero en la superficie del hogar antes de su combustión. b) La misma pieza tras la exposición térmica.

Pero quizás, uno de los aspectos más interesantes para poner en relación el procesado de los animales con el fuego, es la posibilidad de discriminar la existencia de huesos enterrados en el sustrato sobre el cual se asienta el hogar. Se han efectuado diversos experimentos referentes al tema controlando distintas variables (De Graff, 1961; Stiner *et al.*, 1995; Bennett, 1999). Estos trabajos demuestran que los hogares pueden termoalterar los restos existentes dentro del sedimento aunque los autores convienen en decir que no es tan importante la duración en tiempo de los hogares como la temperatura alcanzada. Los huesos contenidos en la matriz sedimentaria sobre la que se asienta el hogar adquieren atributos propios de la termoalteración que pueden ser difíciles de interpretar desde un punto de vista tafonómico en un yacimiento arqueológico. En nuestro caso, varios restos óseos en estado seco fueron enterrados en el sedimento sobre el cual se ubicó el hogar. Solamente los que estaban muy cerca de la superficie o semienterrados presentan cambios de coloración relacionados con la termoalteración, principalmente en la cara superior, es decir, en la cara más expuesta (Fig. 8a y 8b).

Teniendo en cuenta los datos expuestos anteriormente, es importante anotar que el estudio de la distribución espacial de todos los objetos en un yacimiento arqueológico es crucial a la hora de valorar sus relaciones sincrónicas (horizontales) o diacrónicas (verticales) con las estructuras antrópicas de combustión. A nivel sincrónico, todos los huesos suelen situarse en un mismo plano. Si su posición es cercana a la original, debería ser fácil detectar una gradación de colores que se irradia desde el centro de los hogares: blancos en el centro de la estructura, negros y marrones en la periferia y no termoalterados en el extrarradio (Rosell, 2001). Del mismo modo una distribución parecida debe observarse a nivel vertical: los más cercanos en profundidad al centro de combustión son



Figura 8. a)Radio de ternera semienterrado en su cara superior (expuesta). B) Misma pieza en su cara inferior (no expuesta)

los más termoalterados. Todos estos elementos deben ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar los conjuntos arqueofaunísticos de la Cova del Bolomor ya que la presencia de hogares está presente en su secuencia sedimentaria.

### **La termoalteración en los restos óseos de las pequeñas presas: los lepóridos.**

Los restos de conejo se encuentran representados en todos los niveles arqueológicos de la Cova del Bolomor. En gran parte de los mismos, se ha podido corroborar una ocupación antrópica, más o menos intensa, confirmada por la asociación de los huesos de estas pequeñas presas, a elementos líticos, a fauna de mayor tamaño con señales claras de haber sido procesada por el hombre, e incluso a estructuras de combustión y sedimentos con alteraciones de fuego (Fernández *et al*, 1994; 1997; 1999b; Fernández, 2001; 2003).

A falta de un estudio tafonómico concluyente, desarrollado a través de un enfoque diacrónico en toda la secuencia del yacimiento, y que defina el origen de los aportes de lepóridos de la Cova del Bolomor (Sanchis, tesis doctoral en preparación), hay que aceptar la posibilidad de que estas presas se encuentren en la esfera de la explotación y consumo humanos, por lo que parte o la totalidad de las alteraciones relacionadas con el fuego reflejen distintos procesos asociados al hombre.

La confirmación del carácter intencional de estas *aparentes alteraciones* térmicas, nos puede aportar más información acerca de un posible origen antrópico de los conjuntos que las albergan, siempre que se evidencien junto a otras pruebas de intervención humana (marcas líticas, representación esquelética y perfiles de mortalidad). Pero, la determinación de la filiación antrópica de algunas acumulaciones de lagomorfos (Pérez, 2001), no desvirtúa la existencia de otros posibles agentes de aporte de presas similares, como carnívoros y rapaces, con la posibilidad de ocupar la cavidad en momentos de abandono de la misma por parte de los grupos humanos, y ser empleada como cubil, zona de letrinas o como posaderos o nidos (Guillem y Martínez, 1991; Sanchis, 1999, 2000, 2001). La intervención de diversos predadores en Bolomor ha podido ser constatada a través del análisis tafonómico realizado sobre los agregados de roedores e insectívoros (Guillem, 1996, 2000). Otra modalidad de aporte de pequeñas presas puede estar propiciada por intrusiones a través de procesos de muerte natural (origen exógeno), que se traduciría, como se ha observado en otras acumulaciones de pequeños animales, en una representación equilibrada de los grupos de edad y una presencia de elementos anatómicos correspondiente a la conservación diferencial teórica (Patou, 1987).

Tras una revisión sistemática de los conjuntos arqueológicos que hemos seleccionado para su posterior estudio, se han observado restos de conejo con coloraciones que podrían estar vinculadas a la acción del fuego. Algunos de ellos aparecen aislados, junto a huesos y restos líticos con y sin este tipo de alteraciones, mientras que los otros suelen formar parte de sedimentos y estructuras rubefactas, en proceso de análisis, y que podrían ser interpretadas como hogares, y asociados a fauna de mayor

tamaño e industria, la mayor parte afectados por el fuego. El estudio de los contextos en los que aparecen asociados restos de lepóridos con termoalteraciones, puede ayudarnos a confirmar su carácter antrópico. Así, los vinculados a hogares, donde se ha evidenciado la práctica del fuego, se podrían relacionar con actuaciones antrópicas de carácter intencional, aunque estos restos también pueden aparecer más o menos aislados y no tener relación directa con ninguna estructura de combustión. Todos ellos, están presentes en la mayoría de niveles, salvo en los correspondientes al OIS 8, donde no se ha documentado fuego.

La comprensión de parte o de la totalidad de estas alteraciones puede verse favorecida a través de la puesta en práctica de una base metodológica aplicada a la experimentación. En concreto, se nos plantean una serie de interrogantes: ¿tienen éstas un origen humano, o se han producido de manera accidental? ¿se deben a otras causas postdeposicionales?

Las primeras, como hemos comentado antes, pueden originarse por diversos motivos: durante la cocción de los alimentos (asado de paquetes de carne -que incluyen huesos- sobre las brasas o directamente sobre la llama); a través del empleo, como combustible, de los restos óseos sobrantes del consumo; y tal vez, al limpiar o adecuar de manera intencional la zona de hábitat, evitando así la acumulación de residuos molestos. También, cabe la posibilidad de que su génesis responda a causas accidentales: como incendios naturales, la proximidad de los restos a un hogar, o el funcionamiento de estructuras de combustión que pueden afectar a huesos enterrados/semienterrados, pertenecientes a depósitos inferiores sin fuegos asociados. Algunos procesos químicos de carácter diagenético (producción de óxido de manganeso y hierro) pueden provocar cambios de coloración en los elementos esqueléticos, y ser confundidos con aquellos causados por el fuego (Joly y March, 2001).

Por otro lado, también nos interesan cuestiones más generales, respecto a cómo el fuego influye en la conservación del depósito, fragmentándolo o destruyéndolo, y cómo puede modificar éste la frecuencia de partes esqueléticas y de clases de edad. Del mismo modo, hay que realizar una observación de los probables cambios físicos que las muestras pueden experimentar: coloración, tamaño, estructura y morfología, y cómo todas estas variaciones pueden afectar a las posibles marcas líticas presentes en los huesos.

A través de la alteración intencional de restos de conejo, mediante su inclusión en una estructura de combustión de tipo experimental, pretendemos obtener información, que nos permita comprender mejor el origen de los agregados fósiles.

### **Propuesta metodológico-experimental**

Hemos desarrollado nuestra propuesta en la experiencia 4, donde hemos considerado las siguientes variables:

*El estado de las muestras.* En la actividad experimental se incluyen huesos de conejo doméstico, previamente procesados -empleando una lasca de sílex,

reproducida de manera similar a las aparecidas en el yacimiento- y un resto correspondiente a un animal sacrificado y consumido hace más de un año.

*Posición de los restos en el sedimento.* Cinco de ellos se colocan directamente sobre la superficie (n° 0, 4, 6, 8c y 9), otros cuatro se ubican semienterrados (n° 3, 5, 7 y 8b), y dos más son enterrados en el sedimento a unos 2-3 cm de profundidad (n° 8a y  $\alpha$ ). En el caso de los elementos parcialmente enterrados, y como protocolo, siempre se coloca la mitad proximal enterrada, mientras que la distal permanece en contacto con el aire. Las dos últimas muestras se reservan y no se incluirán en la estructura de combustión (n° 1 y 2). Los restos abandonados en superficie podrían simular aquellos restos arrojados al fuego -usados como combustible- o responder a actividades de limpieza de la zona. Los semienterrados, reproducir elementos que se ven afectados por incendios fortuitos o restos de comidas recientes que se han sedimentado muy rápido. La muestra enterrada se podría comparar a la de restos cubiertos de sedimento, no termoalterados, y que se ven afectados por combustiones posteriores. Las reservadas intentan comprobar los efectos del fuego durante los procesos de asado de paquetes de carne no deshuesados.

*Localización de las muestras en la estructura,* que determina, en principio, su distancia respecto a la fuente inicial de calor.

*El procesado del conejo.* Se ha seleccionado un ejemplar completo correspondiente a un individuo adulto-jóven, que cuenta con las epífisis fusionadas pero con las líneas de unión marcadas, adquirido ya pelado y eviscerado, con cortes de sección que han afectado al segundo segmento del miembro anterior (radio-ulna distal) y al tercero del posterior (calcáneo, astrágalo y centrotarsal).

El hueso perteneciente al animal sacrificado hace un

año, presenta las zonas articulares fusionadas y la línea metafisaria marcada. Este resto conserva grasa concentrada fundamentalmente en la epífisis proximal, con algún residuo en la diáfisis y zona distal. Presenta un tamaño y sinóstitosis, por lo que la edad de ambos individuos se aproxima bastante. El proceso carnicero se ve condicionado por la desarticulación, descarnado y fracturación de los restos.

Datos métricos. Han sido medidos todos aquellos huesos que no presentaban tejido blando adherido, con la finalidad de observar posibles cambios de tamaño después de la combustión, según la propuesta de Driesch (1976). Los valores se expresan en milímetros.

La relación entre las distintas variables puede observarse en la tabla 1.

### Valoraciones

Antes de entrar a evaluar los resultados, convendría aclarar que los datos que hemos obtenido pertenecen a una única actividad experimental, por tanto no son concluyentes, y deberán ser confirmados, o cuanto menos matizados, en próximas experiencias. Las muestras n° 3, 4, 5, 6, 7, 8a, 8b, 8c, 9 y  $\alpha$ , han sido colocadas en el sedimento según las variables de posición, localización y procesado carnicero anteriormente descritas. Dos de ellas se han conectado directamente a sondas, mientras que el resto de elementos quedan asociados a la que se encuentra más próxima. El miembro anterior derecho ha sido asado sobre las llamas durante seis minutos. La muestra n° 0 se incorpora a la estructura una hora y dieciséis minutos después del inicio del fuego.

Tanto en las muestras superficiales como en las

Muestras	Elementos	Medidas	Estado	D	d	F	Posición	Distancia al centro
n° 0	Húmero D	-	Fresco asado a la llama	B	B	-	Superficie	22,5-25 cm
n° 4	Húmero S	GL: 63,6; Bd.t: 11,5; Bp.ap: 16,1	Fresco	A	A	-		12,5 cm
n° 6	Fémur D	-	Fresco	A	-	-		12,5-15 cm
n° 8c	Fémur distal S	Bd.t: 16,8	Fresco	A	A	Sí		15-17,5 cm
n° 9	Tibia y tarsos S	GL: 81,6; Bp.t: 12,3; Bd.t: 14,3	Fresco	A	A	-		25 cm
n° 3	Escápula S	GL: 57,3; GLP: 11; BG: 8,7; SLC: 5,3	Fresco	A	A	-	Semienterrada	15 cm
n° 5	Radio-ulna S	Radio: Bp.t: 8,2; Ulna: BPC: 7,1; DPA: 9,2	Fresco	A	A	-		5-7,5 cm
n° 7	Tibia y tarsos D	-	Fresco	A	-	-		17,5-20 cm
n° 8b	Fémur diáfisis S	-	Fresco	A	A	Sí		7,5 cm
n° 8a	Fémur proximal S	Bp.t: 19,1	Fresco	A	A	Sí	Enterrada	10-12,5 cm
n° $\alpha$	Húmero D	GL: 60,8; Bd.t: 11,7; Bp.ap: 15,2	Semi-seco con grasa	Sí	Sí	-		0-2,5 cm
n° 1	Escápula D	-	Fresco asado a la llama	B	B	-	No expuesta a combustión	-
n° 2	Radio-ulna D	-	Fresco asado a la llama	B	B	-		-

Tabla I: Relación entre variables seleccionadas: medidas, estado de la muestra, procesado de la misma, posición en el sedimento y localización. A: antes de la combustión. B: después de la combustión.. D: desarticulación. D: descarnado. F: fracturación. D: desecho. S. izquierdo

parcialmente enterradas, el sedimento juega un papel muy destacado en términos de preservación de los restos óseos y de intensidad de la combustión. Son precisamente las zonas no protegidas por el sedimento las que presentan partes calcinadas (gris claro-blanco), mientras que las zonas albergadas en el sedimento o en contacto con él, presentan niveles menores de alteración (carbonización). En estos dos tipos de muestras, además de la posición en el sedimento, la presencia de tejido blando parece influir (restos no descarnados: nº 6 y nº 7). En el caso de la muestra enterrada, el hueso y el sedimento se ven muy afectados por su situación justo en el centro de la estructura. En este elemento semiseco las partes que todavía presentaban algo de grasa se han preservado mejor y no se han calcinado. La calcinación se observa sobre todas las muestras del experimento. La nº 6 presenta la calcinación a más baja temperatura (330° C).

Las muestras en superficie han sufrido de manera diferente la intensidad de la combustión, según su localización en la estructura, y se caracterizan por llegar a la temperatura máxima en un corto espacio de tiempo. Las muestras semienterradas han alcanzado unas temperaturas máximas más bajas en el sedimento (281° C) y les ha costado casi cinco horas alcanzarlas, mientras que superficialmente en apenas dos horas han llegado a 550° C, lo que explica la diferente alteración en estas muestras de las partes enterradas y de las no enterradas. En la enterrada se ha llegado a una temperatura máxima de 480° C en tres horas y media, lo que hace patente la elevada intensidad de la combustión en el centro de la estructura. Así pues, una gran parte de los elementos que conforman las muestras, han experimentado cambios de localización, apareciendo disgregados por varias zonas. Sólo unos pocos, aunque fragmentados, no han sufrido apenas variaciones respecto a su posición original. Estos efectos, se hacen más patentes sobre los elementos en superficie, ligeramente apreciables en los semienterrados y apenas imperceptibles en los enterrados. Una explicación puede estar en los movimientos que sufre el combustible encima de la superficie del sedimento, que parece afectar a los elementos situados sobre el mismo. No hay que obviar que el efecto de calentamiento de los huesos, su carbonización o calcinación, pueden originar el “estallido” de algunos de ellos y aparecer disgregados por este motivo. Respecto a posibles variaciones de tamaño, se ha observado, en general, una disminución del mismo. Con un valor mínimo de 0,2 mm sobre la SLC de la escápula, y otro máximo de 1,2 mm sobre la GLP de este mismo hueso. El fuego altera la composición de los restos, reduciendo su tamaño.

La descripción macroscópica de los huesos y la estimación de los cambios físicos después de la combustión se ha centrado en dos aspectos. Por un lado, las variaciones de color que han sufrido los huesos y que se asocian a diferentes estados de termoalteración y de intensidad de la combustión, que a grandes rasgos serían de menor a mayor: marrón, negro, gris y blanco. Por otro lado, se han descrito las alteraciones morfológicas y estructurales que los huesos presentan (grietas, fragmentación, destrucción o desplazamiento de epífisis).

*-Las muestras en superficie.* Ningún elemento de la muestra se ha conservado entero, todos se han fragmentado. El lado anatómico de cada hueso, que permanecía en

contacto con el sedimento se ve menos afectado por la combustión que aquel que permanece al aire y sobre el que se han depositado las brasas. Todas las muestras colocadas en superficie presentan la cara caudal junto al sedimento, y hemos podido corroborar que la cara craneal está más afectada.

También hemos apreciado el desplazamiento de las epífisis en las cuatro muestras. La nº 0 con similar alteración en las dos (color gris claro); la nº 4 con la distal (gris claro) más afectada que la proximal (negro); la nº 6 con la distal de color gris claro/blanco; y la de la nº 9, con la epífisis proximal del calcáneo de color blanco/gris claro. La epífisis distal de la muestra nº 6 es la única que se ha fragmentado en diversos elementos, mientras que las demás se han desplazado pero no se han fragmentado. La parte externa de las zonas articulares desplazadas siempre aparece más alterada que la interna. Resulta común la fragmentación de las diáfisis, y comparando la alteración de las zonas articulares con ellas, se aprecia que es mayor en éstas últimas (nº 0 y nº 4). En la muestra nº 6, la zona articular se ha alterado más que la diáfisis, precisamente porque durante la desarticulación del hueso, la epífisis quedó con muy poco contenido cárnico respecto a la diáfisis y la zona proximal.

Las muestras presentan ciertos cambios estructurales y morfológicos. Las epífisis desplazadas muestran numerosas grietas transversales, que en algunos casos han llegado a fragmentar los restos. También se documenta gran porosidad y cierta desescamación de la cortical, más patentes según el grado de alteración térmica. En las zonas articulares y en los márgenes de las metafisis suele aparecer cierta cantidad de tejido blando adherido y en estado de carbonización. Las zonas internas de las metafisis adquieren una apariencia y tacto yesoso. Se ha descrito agrietamiento en mosaico de las superficies óseas, sobre todo en las zonas distales que se han desplazado. Sobre las diáfisis, también destacan las grietas de orientación transversal, que suelen conducir a la fragmentación del resto, aunque también se constatan otras longitudinales en el margen distal de las diáfisis. Los huesos más compactos (astrágalo y calcáneo) y que han llegado a calcinarse adquieren un tacto yesoso, presentando agrietamiento en mosaico, lo que les confiere una frágil apariencia. Por todo esto, estructuralmente, los fragmentos de diáfisis se conservan mejor que los articulares y que los huesos de estructura más compacta. La mayor cantidad de tejido blando preservado en los restos se observa en aquella muestra que no ha sido descarnada (nº 6).

*-Las muestras semienterradas.* Todos los elementos también se han fragmentado. La zona del hueso enterrada (proximal) se ha alterado menos que la que ha quedado en contacto con las brasas (distal), hecho que ha podido ser confirmado en los cuatro ejemplos. Se ha producido el desplazamiento de las epífisis en la nº 5 (epífisis proximal radio), en la nº 7 (epífisis distal tibia) y de manera parcial en la escápula (nº 3). La proximal de la tibia no se ha soltado, seguramente porque el tejido blando ha conservado esta unión. Este último, adherido a las partes proximales, no impide que el hueso se carbonice, pero sí que la epífisis se despla-

ce. La parte distal de la tibia ha aparecido separada, posiblemente también por contener poco tejido blando. La fragmentación de las diáfisis es menor a la observada en las muestras en superficie.

Los restos calcinados presentan grietas transversales muy patentes, así como elevada porosidad de la cortical de las diáfisis. En el caso de la muestra nº 7 (no descarnada), la zona proximal no se ha desplazado después de sufrir los efectos del fuego, conservando gran cantidad de tejido blando añadido en el tercio proximal del resto. Los huesos más compactos se comportan de manera similar a los de las muestras en superficie. Las epífisis desplazadas y las metáfisis vuelven a presentar un tacto yesoso y agrietamiento en mosaico, mientras que las fisuras transversales vuelven a ser las predominantes sobre las diáfisis, dando lugar a numerosas fracturas. También se han documentado otras longitudinales, sobre la diáfisis de la tibia y los fragmentos longitudinales de fémur. De nuevo, las zonas articulares se conservan peor (apariencia frágil) que las diáfisis, incluso si estas últimas ya estaban fracturadas (nº 8b).

*-Las muestras enterradas.* Dos elementos las forman, pero uno de ellos no se ha hallado. Contamos con la nº  $\alpha$ , que fue enterrada a 2-3 cm de profundidad en el sedimento. Sus dos epífisis han aparecido desplazadas, la proximal presentando un color negro y la distal gris claro/blanco. La parte interna se ha visto menos afectada que la externa y la articulación distal ha sufrido mayor alteración que la proximal, sobre todo porque esta última conservaba todavía grasa. La diáfisis se ha fragmentado en dos secciones, adquiriendo la cara externa color gris, y negro la interna. La cara lateral aparece más afectada que las demás. En las zonas desplazadas se aprecia elevada porosidad y desescamación de la cortical, con agrietamiento en mosaico, grietas de disposición transversal y tacto yesoso. Las diáfisis se comportan de manera bien distinta a aquellas correspondientes a muestras anteriormente descritas. En este caso, la porosidad es muy baja y no aparecen grietas; tan sólo una fractura proximal ha separado la zona proximal del resto del hueso.

*-Las muestras reservadas.* Se han observado alteraciones de fuego durante el asado del miembro. En concreto, sobre la zona distal de las diáfisis del radio-ulna, en la cara dorsal, sobre aquellas zonas marginales y con poca carne adherida, donde el fuego ha entrado en contacto fácilmente con el hueso (Vigne *et al.* 1981, Vigne y Marival-Vigne 1982). Un breve espacio de cocción (en este caso seis minutos) ha bastado para que se originen y en los bordes de fractura, junto a las zonas que han sufrido un cambio de coloración, se aprecia cierta porosidad en la cortical.

## **LA TERMOALTERACION EN LAS MATERIAS PRIMAS LÍTICAS**

La vinculación de las materias primas líticas con el fuego, a través de la intencionalidad antrópica, es una cuestión que tiene sus inicios a principios de S XX (Rutot 1907) seguido de un tímido desarrollo en décadas posteriores (Breuil 1931, 1932) para estar ya presente en el debate prehistórico desde mediados del

siglo (Cheyner 1952, Gruet 1952, Gaillard 1952, Marchal 1952, Pradel 1952, etc). Los primeros estudios hicieron hincapié en la obtención de fragmentos de grandes bloques mediante calentamiento o enfriamiento intencional de los mismos, como forma de talla o debitado, al imposibilitar o dificultar su forma redondeada la percusión productiva. Los más antiguos testimonios de la utilización del fuego, no en el sentido productivo de extracción, sino en el de modificar mejorando las cualidades de la materia mediante el fuego, tienen lugar según la bibliografía, en el solutrense con el calentamiento controlado de los productos líticos a configurar (Bordes 1969). El debate “talla intencional con fuego vs talla/estallido accidental” es una polémica en gran parte ajena a la investigación de Bolomor, donde el calentamiento lítico debe considerarse no intencional, según las pruebas existentes.

El sílex tratado a temperaturas de 250-600° C sufre una transformación de textura y se convierte en una materia de “grano mas fino” adquiriendo un aspecto lustrado, algo graso y con frecuencia vidrioso. El calentamiento provoca una recristalización de materiales silíceos en los que disminuye la tensión de los cristales y aumenta la elasticidad de la materia. Esta técnica y su aplicación sin embargo son complejas, pues requiere una constancia durante un determinado tiempo que puede ser largo. Este tratamiento el sílex puede suponer según cálculos una pérdida de agua interior y peso del 0,2-0,4% (Inizian, Roche y Tixier 1976-77). Esta agua de absorción funciona como un cemento que suelda los cristales. Su orientación compleja y fuerte unión cristalina hace que las rocas silíceas se comporten mecánicamente como sólidos isotropos por condensación (Texier 1981). La utilización del fuego y del agua mediante un proceso controlado permite mejorar las propiedades mecánicas de ciertas rocas (Pettersson y Sollberger 1979).

## **LAS MATERIAS PRIMAS**

Las excavaciones en Bolomor entre 1989-1996 han permitido estudiar una serie 13.980 piezas líticas sobre las que se elaboró una base de datos que incluye diversas variables: materia petrológica, color, textura, morfología superficial, porcentaje de córtex, alteración química y termoalteración, física o mecánica, dimensiones y valoración. Este conjunto lítico está elaborado en su totalidad en sílex, caliza y cuarcita (Fernández *et al.* 1999).

Las cuarcitas halladas en Bolomor proceden de terrenos erosionados y redepositados en varios ciclos geológicos en cuencas continentales, y parte de ellas vertidas al mar por los ríos. No existen estratos primarios cuarcíticos vinculados a la cuenca valenciana del Xúquer, aunque si secundariamente depósitos datados como Helveciense-Tortoniense y de edad Plioceno superior (Formación Jaraugas). Estos son principalmente conglomerados con elementos calcáreos mesozoicos y cantos cuarcíticos con matriz margo-arcillosa. Las cuarcitas rojizas de componente ferruginoso se vinculan bien a niveles Permotriásicos y las verdes pudieran guardar relación con depósitos de grauwacas. Las cuarcitas grises y amarillas, con clastos de menor volumetría parecen asociarse claramente a la facies Weald, bien representada en la cuenca media del Xúquer.

Las calizas son rocas sedimentarias micríticas y proceden de bancos tableados azules y verdes de edad Oxfordiense situados en la vertiente oriental de la Serra de les Agulles, aunque con amplia distribución en las comarcas vecinas. Muchas de estas piezas se hallan erosionadas y decalcificadas, siendo difícil reconocer las superficies corticales en comparación al sílex y cuarcita. La presencia de clastos coluviales con aristas redondeadas, no subesféricos, dificulta la clasificación de los posibles modelados rodados fluviales o marinos.

El sílex hallado en excavación se presenta en forma de nódulos y cantos de pequeño tamaño. En el área próxima al yacimiento los depósitos primarios localizados de sílex, corresponden principalmente al piso geológico Coniacense-Santonense, cuya base presenta nódulos de sílex. También en la base del Dogger existen buenos riñones de sílex y por último en niveles del Santoniense pero de baja calidad. El litoral actual de arena proporciona estas piezas con modelado rodado. El origen primario de estos depósitos se desconoce, posiblemente guarda relación con antiguas cuencas continentales y con aportación a lo largo de la historia geológica de los ríos más próximos (Xúquer, Vaca y Serpis). La mayor parte del sílex arqueológico está vinculado al medio marino.

### La termoalteración

El sílex y la caliza son las únicas rocas de la secuencia de Bolomor que presentan una alteración macroscópica de fácil identificación, en especial la primera. La cuarcita es la roca menos sensible a la alteración y su buena identificación precisa la utilización de medios de microscopía. La pátina es la principal alteración silíceas y alcanza un valor medio próximo al 65%. Esta categoría se muestra uniforme en la secuencia a excepción de los niveles VII y XII, donde hay un mayor número de piezas frescas. También el nivel XVII con un 96% de piezas desilificadas difiere de esta uniformidad. Las piezas más alteradas -las desilificadas- están más presentes en los niveles XII a XVII, mientras que la termoalteración es muy significativa, cerca del 30%, en los niveles I a VII. Respecto a esta última conviene señalar que son valores mínimos, de piezas con impacto térmico muy evidente, por lo que el valor final y real de la termoalteración debe ser mayor (fig. 9).

La caliza presenta diferentes modos fisicoquímicos y mecánicos de alteración que se han agrupado en uno sólo, -la decalcificación- que resume los procesos erosivos y de descomposición de la superficie lítica. Aquí se observa un descenso de la alteración hacia los niveles inferiores. Estos valores corresponden exclusivamente al sector oeste de la excavación y son diferentes a otros sectores, por lo que las características del sedimento de cada área se revelan como determinantes en la alteración lítica (fig. 10).

Los análisis experimentales desarrollados entre los años 1994-2005 han mostrado que las piezas de sílex del área del yacimiento reaccionan de forma significativa a la acción térmica y que esta es destructiva, es decir con pérdida de masa pétreas. Las señales de esta acción son las típicas cúpulas térmicas, la craquelación, el lustre o brillo térmico, el cambio de coloración, etc. Mejor respuesta térmica tienen las pocas piezas en calcedonia, de acuerdo a su menor porosidad. Proponemos futuras experiencias

que relacionen las máximas variables posibles fuego/sílex para identificar el proceso.

La cuarcita mayoritaria en los distintos niveles es de origen wealdense y ha sido clasificada petrologicamente como *metacuarcita*. Formada por homogéneos pequeños granos de sílice finos, prácticamente puros y compactados, no sufre alteración destructiva, únicamente cambio de coloración y brillo térmico durante los análisis experimentales. La excavación, que en parte *fossiliza* estas alteraciones, muestra un porcentaje significativo de piezas cuarcíticas con coloración que sugieren una incidencia de la termoalteración, aunque dado que también está presente la impregnación ferruginosa de idéntica coloración, la separación e identificación correcta es compleja. Proponemos futuras experiencias con diferentes grados de intensidad y tiempo, en atmósfera reductiva u oxidante y con presencia o no de diferentes cuarcitas con componente mineralógico ferruginoso que puedan clarificar la cuestión.

La caliza, principalmente micrítica no muestra una respuesta significativa a la acción del fuego durante la experiencias, aunque existen unas pocas piezas con alguna pequeña cúpula térmica y brillo térmico procedente de excavación. Es evidente que no estamos ante un efecto destructor directo, aunque sin duda el calentamiento del carbonato cálcico debe provocar una rotura de las redes cristalinas originando disoluciones, movilización iónica y en fin una meteorización química a medio y largo plazo. Esta debe contar con la ayuda de hidrólisis y como es sabido en medios de altas temperaturas y humedad -ciclos interestadiales- estos procesos se intensifican. La cuestión reside en averiguar si la acción del fuego favorece o es el detonante del proceso de decalcificación que se observa en algunos niveles y su relación con el medio sedimentario y sus características húmedas y ácidas. La complejidad de la cuestión reside en que la decalcificación enmascara la termoalteración superficial.

### RESULTADOS PRELIMINARES DE LAS EXPERIENCIAS Y OBJETIVOS FUTUROS

*Estructuras de combustión.* Las cuatro experiencias tienen en común que se han elaborado con sedi-

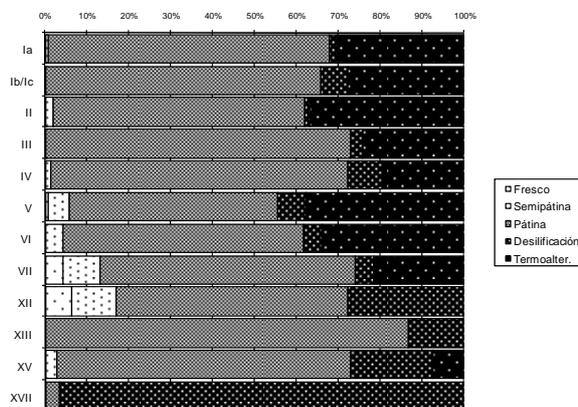


Fig. 9. Alteración del sílex en los niveles arqueológicos de la Cova del Bolomor. En negro la termoalteración.

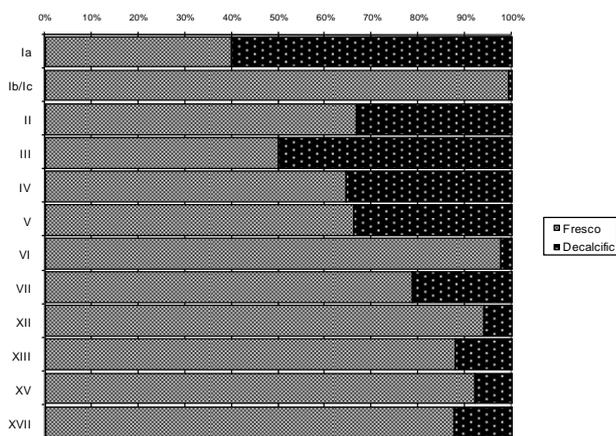


Figura 10. Alteración de la caliza en los niveles arqueológicos.

mento correspondiente a dos fases paleoclimáticas benignas: nivel IV (OIS 5e/Riss-Würm) y nivel XIII (OIS 7/Riss II-III). El componente sedimentológico en ambas presenta una fuerte incidencia de *terra rossa* que conlleva la presencia de una sedimentación “rojiza” que dificulta la identificación de la rubefacción. Posiblemente ayudada por la presencia de pequeños flujos hídricos que se corresponden a un clima cálido y húmedo.

Hay un parámetro que se repite de manera sistemática en todas las experiencias y que nos puede ayudar a elaborar una primera hipótesis de trabajo respecto a la duración de los fuegos y su relación con el tipo de ocupación del yacimiento de Bolomor.

En primer lugar el hecho de que en la excavación no se reconozcan alteraciones de color rojo, conocidas como rubefacción u oxidación. Cuando se detectan las primeras manchas grises u oscuras y se delimita la posible área de combustión, se realiza una excavación minuciosa que permite observar in situ las alteraciones colorimétricas que el sedimento presenta. Sin embargo en esta fase, una vez levantada la capa de cenizas y la capa negra, resulta francamente difícil delimitar en excavación la alteración roja.

Esta realidad arqueológica se ha repetido en las 4 experiencias realizadas sobre sedimento procedente de los mismos niveles arqueológicos. Creemos que una posible explicación esté ligada a la temperatura máxima alcanzada en el centro del hogar. Si esta no ha superado los 290° C a más de 2-3 centímetros de profundidad, no se produce la oxidación del sedimento y por tanto no encontraríamos rubefacción. Esto nos lleva a la primera hipótesis interpretativa, que es que los fuegos que se han documentado hasta ahora no tuvieron una duración mayor de unas horas, fuera cual fuera la temperatura máxima alcanzada.

Pero esta primera hipótesis debe ser contrastada en las próximas experiencias ya que hay otros factores que pueden intervenir en la mayor o menor rubefacción del sedimento. Una variable que debe estar presente en las experiencias futuras es el contenido de agua en un suelo, muy presente en la formación sedimentológica de todo el perfil. La variabilidad en la humedad relativa de un suelo puede afectar a la profundidad e intensidad de la alteración térmica, ya que un alto contenido en agua favore-

cerá la conducción de la energía calórica y por ello la profundidad de alteración será a su vez atenuador de puntos de máxima temperatura y en consecuencia de la intensidad de alteración. Por el contrario, un bajo porcentaje de agua contenida en el suelo no favorecerá la conducción y por ello la alteración será menor en profundidad pero más desarrollada en las zonas de contacto con la falta del atenuador.

Los objetivos de las próximas experiencias de campo van a recoger el máximo posible de variables a sistematizar para poder comprobar nuestra hipótesis interpretativa y para ello utilizaremos diferentes estructuras y tiempos: calentamiento durante 24 horas; calentamiento durante 12 horas; reutilización de las estructuras; control del enfriamiento; variación del tipo de combustible; variación en el tipo de estructuras.

Los objetivos de las experiencias de laboratorio suponen el trabajo de contrastación de los resultados establecidos al aire libre teniendo en cuenta las condiciones de desarrollo y para ello se utilizará: calentamiento controlado del sedimento, calentamiento controlado de rocas; calentamiento controlado de fauna; calentamiento controlado de material lítico; control del enfriamiento.

*Análisis sedimentológico.* El análisis y estudio de experiencias controladas –experiencias al aire libre como en laboratorio a partir de mufla– y la posterior contrastación de éstos con los resultados arqueológicos de Bolomor nos debe ayudar a entender qué procesos o rastros son los que marcan un área de combustión y por tanto el discernimiento de éstos frente a otros procesos postdeposicionales que fomenten la alteración de los carbonatos.

*Macro y mesofauna.* Se ha constatado la fragilidad de los huesos frescos sometidos a temperaturas elevadas, siendo susceptibles a la fragmentación. Del mismo modo, según la intensidad de la combustión, ha aparecido una gradación de colores en la superficie de los huesos. La intensidad de la combustión ha sido mayor en las zonas centrales del hogar y menor en las periféricas. Los huesos enterrados también se han alterado, aunque en menor grado que los situados en superficie o parcialmente enterrados. Como objetivos de futuro, nos planteamos estudiar las relaciones sincrónicas y diacrónicas entre los restos alterados por la combustión y comprobar arqueológicamente las observaciones que hemos llevado a cabo en esta experimentación.

Pequeñas presas. Respecto a los lepóridos, hemos observado cambios de localización de los restos después de la combustión, así como reducción del tamaño de los mismos y cambios macroscópicos según su posición en el sedimento. Sabemos cuál ha sido la temperatura máxima alcanzada por cada sonda y su relación con las muestras.

Otras variables, como el estado de la muestra y el tipo de procesado carnicero, influyen en el grado de alteración. También hemos visto que los huesos más densos pierden mayor masa. En general, las diáfisis se conservan mejor que las partes articulares después de la combustión, lo que puede provocar que estas últimas sean más propensas a la destrucción.

Hemos visto que la intensidad de la combustión ha variado según zonas, lo que demuestra que el fuego es un proceso dinámico que también se ve influido por variables externas (viento o humedad)

En general, todas las acciones de desarticulación y descarnado durante el procesado carnicero, han dejado impronta sobre la superficie de los huesos, pero la acción del fuego no ha supuesto un deterioro de estas marcas (Spennemann y Colley 1989), que han adquirido la misma coloración que las superficies donde aparecen.

Resulta prematuro poder relacionar estos datos con determinadas funcionalidades (asado de la carne, empleo de los restos como combustible) ya que numerosas variables parecen influir en el comportamiento de las estructuras de combustión y la alteración de los restos óseos.

El estudio de los conjuntos arqueológicos, tanto de grandes como de pequeñas presas, debe estar precedido por el análisis con MEB para confirmar que los cambios observados se deben a la combustión, aislando las posibles alteraciones postdeposicionales.

Numerosas cuestiones quedan pendientes para próximos experimentos: ¿influye el tamaño de los restos en la intensidad de la combustión? ¿y su edad? ¿se comportarán de manera similar otras partes anatómicas?

Las materias primas líticas. En referencia a los elementos líticos con señales de alteración térmica, se ha comprobado su importancia en el yacimiento, por lo que la experimentación se centrará en caracterizar las distintas rocas, diferenciando las termoalteraciones de los procesos postdeposicionales.

Cova del Bolomor, actualmente es el único yacimiento peninsular que documenta elementos de combustión dentro de una amplia secuencia estratigráfica del Pleistoceno medio-superior. Esta incidencia ha ido aumentando en el transcurso de los años de excavación, al abrirse a la misma, diferentes sectores del yacimiento. Los datos actuales sitúan la presencia de testimonios relacionados con el fuego entre los estadios isotópicos 5e y 8. Esta reiterada y planificada utilización durante tantos milenios es un elemento excepcional y actualmente único que convierte al yacimiento en el máximo exponente diacrónico y evolutivo para el estudio del fuego en Europa.

## BIBLIOGRAFÍA

ALBERT, R. M, MANGADO X., & MARTIN, A. (1996). Estudio sobre la conservación y disolución de los fitolitos en sedimentos calcáreos. Análisis de una columna estratigráfica de la Cova del Frare (Matadepera, Barcelona). *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*. A. Pinilla, J. Juan-Tresseras and M. J. Machado.

ARNAL, G.B. (1991). Étude thermique des cuissons de type préhistorique. En: *Étude Archéologique Aujourd'hui*, Actes du colloque International Experimentation en Archéologie: bilan et perspectives. Archéodrome Beaume. Vol. 1 Le Feu: metal et ceramique. Ed. Errance, 237-242.

ASCHER, R. 1961: *Experimental Archaeology*. American Anthropologist, 63, 793-816.

BARTHURST, R.G.1971: *Carbonate sediments and their diagenesis*. Elsevier. Amsterdam, 620 p.

BENNETT, J.L. (1999): Thermal alteration of buried bone. *Journal of Archaeological Science*, 26, pp. 1-8.

BERGADÀ M. (1995). Estudio geoarqueológico de la secuencia Holocena de la Cova del vidre (Roquetes, Baix Ebre, Tarragona). *Rubricatum* 1, 65-72.

BERNAL, J.D. 1974: *La ciencia en la historia*. Universidad Nacional Autónoma de México, 693 pág. México.

BORDES, F. (1969): Traitement thermique du silex au Solutréen. *Bull. Soc. Préh. Française*, 66, 147.

BREUIL, H (1931). Le feu et l'industrie lithique et osseuse à Choukoutien. *Bull of Geological Society of China*, 11 (2) : 147-154.

BREUIL, H (1932). Le feu et l'industrie de pierre et d'os dans le gisement du "Sinanthropus" à Chou Kou Tien. *L'Anthropologie*, 4 : 1-17. Paris.

BROCHIER, J. E. (1983). Bergeries et feux de bois néolithiques dans le Midi de la France. *QUARTÄR* 33/34: 181-193.

BROCHIER, J. E. (1993). Çayönü tepesi. Domestication, rythmes et environnement a PPNB. *Paléorient* 19/2: 39-42.

BROCHIER, J. E. (2002). Le sédiments anthropiques. Méthodes d'étude et perspectives. En *Geologie de la Préhistoire: Méthodes, techniques, applications. Sous la direction de J.C. Miskovsky*. 2002. Paris.

CAILLERE, S.; HENIN, S. 1963: *Minéralogie des argiles*. Masson, paris, 355 p.

CHALMERS, A. 1991: *La fabrication de la science*. Ed. La Découverte, Paris.

CHEYNIER, A. (1952). Pointes rougies en silex. *Bull. Soc. Préh. Française*, XLIX (3-4), pág. 191.

COLE, S.; B. ATWATER; P. McCUTHEON and J. STEIN (1996): "Earthquake-induced burial of archaeological sites along the southern Washington Coast about A.D. 700". *Geoarchaeology: An International Journal*, 11: 165-177.

COURTY, M. A. (1984). Formation et evolution des accumulations cendreuses approche micromorphologique. *Influences méridionales dans l'Est et le Centre-Est de la France au Néolithique: Le role du Massif-Central*, Le puy, Clermont-Ferrand.

Correia, P. (1997): "Fire modification of bone: a re-

*humano en tierras Valencianas*. Villaverde, V. (Ed.). Universitat de València, pp. 389-392.

COLES, J. 1979: *Experimental Archaeology*. Academic Press, London, 274 p.

CORREIA, P. 1997: Fire modification of bone: a review of the literature. *Forensic Taphonomy The Postmortem Fate of Human Remains*. W. Haglund and M. Sorg. Boca Raton: CRC Press: 275-293.

COSTAMAGNO, S.; THÉRY-PARISOT, I.; BRUGAL, J.P.; GUIBERT, R. 2002: Taphonomic consequences of the use of bones as fuel. Experimental data and archaeological applications. 9th ICAZ Conference, Durham 2002. *Biosphere to Lithosphere* (ed. Terry O'Connor): 51-62.

COURTY, M.A. 1984: Formation et évolution des accumulations cendreuses. Approche micromorphologique. In *Actes du 8<sup>ème</sup> colloque interrégional sur le néolithique, Le Puy REPA*: 341-353.

COURTY, M.A. 1983: Interprétation des aires de combustion par la micromorphologie. *Bull. Soc. Préh. Franç.*, 80 (6): 169-171.

CRABTREE, D.B; BUTLER, B.R. 1964: Notes on experiment in Flint knapping, 1: Heat treatment of silica materials. Reprinted from *Tebiwa*, vol. 7, n° 1, 1-3.

DE GRAFF, G. 1961: Gross effects of a primitive hearth. *South African Archaeological Bulletin*, 16, 25-26.

DOMANSKY, M.; WEBB, J.A. 1992: Effect of heat treatment on siliceous rocks used in prehistoric lithic technology. *Journal of Archaeological Science*, 19, 601-614.

DRIESCH, A. VON D. 1976: A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin*, 1. Harvard University, 137 p.

FERNANDEZ PERIS, J.; GUILLEM, P. y MARTINEZ, R. (1997). Els primers habitants de les terres valencianes. *Col·l·lecció dels Passats I*: 1-61. Diputació de València.

FERNANDEZ PERIS, J.; GUILLEM, P. y MARTINEZ, R. 1999: Datos paleoclimáticos y culturales de la Cova del Bolomor vinculados a la variación de la línea de costa en el Pleistoceno medio. *Geoarqueología y Cuaternario litoral. Memorial M<sup>a</sup> Pilar Fumanal*: 125-137. Universitat de València.

FERNANDEZ PERIS, J. 2001: Cova del Bolomor (Tavernes de la Valldigna, Valencia). De Neandertales a Cromañones. El inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas: 389-392. Ed. V. Villaverde. Universitat de València.

FERNÁNDEZ, J. 2003: Cova del Bolomor (La Valldigna, Valencia). Un registro paleoclimático y arqueológico en un medio kárstico. *Boletín nº 4. SEDECK*, pp. 34-47.

FERNÁNDEZ-JALVO, Y; PERALES, C. 1990: Análisis macroscópico de huesos quemados experimentalmente. En: *Comunicaciones de la reunión de Tafonomía y fosili-*

*zación*, Madrid, pp. 105-114.

FITZPATRICK E. A. 1993: *Soil Microscopy and Micromorphology*. John Wiley & Son Ltd, Chichester.

FOLK, R.L. 1974: The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of magnesium content and salinity. *J. Sedim Petro.*, 44(1), 40-53.

FRANCHESCHI V. R., HORNER H. T. 1980: Calcium oxalate crystals in plants. *the botanical review* 46 (4): 361-427

FUMANAL, M.P. 1993: El yacimiento prehistórico de la Cova del Bolomor (Tavernes de la Valldigna, País Valenciano). Estudio geomorfológico y sedimentológico. *Cuadernos de Geografía*, 54, pp. 223-248.

GAILLARD, M. 1952: A propos des silex rougis. *Bull. de la Soc. Préh. Franç.*, 49 (10): 476. Paris.

GRIFFITHS, D.R. et al. 1983: Experimental investigation of the heat treatment of Flint. In: *The Human uses of Flint and chert*. Cambridge University Press, 43-52.

GRUET, M. 1952: A propos des silex rougis au feu. *Bull. Soc. Préh. Franç.*, 51 (2): 27-29. Paris.

GUILLEM, P. 2000: Secuencia climática del Plesitoceno medio final y del Pleistoceno superior inicial en la fachada central mediterránea a partir de micromamíferos (Rodentia e Insectivora). *Saguntum PLAV*, 32, València, pp. 9-29.

GUILLEM, P.M; MARTÍNEZ, R. 1991: Estudio de la alimentación de las rapaces nocturnas aplicado a la interpretación del registro faunístico arqueológico. *Saguntum PLAV*, 24, pp. 23-34.

HOUGH, W. 1892: *The Methods of Fire-Making*. Rep. of the Nat. Museum, pp. 395-409. Washington.

HOUGH, W. 1926: Fire as an agent in human culture. *Amithsonian Institut eds. United States National Science Museum, bull 139*, pp. 1-270. Washington.

IBÁÑEZ, N ; SALADIÉ, P. 2004: Acquisition anthropique d'*Oryctolagus cuniculus* dans le site du Molí del Salt (Catalogne, Espagne). En: *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires*. XXIVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes. Brugal, J.P; Desse, J. (Dirs.). Antibes, pp. 255-260.

INIZIAN, M.L. ; ROCHE, H. et TIXIER, J. 1976-77: Avantages d'un traitement thermique pour la taille des roches siliceuses. *Quaternaria*, 19 : 1-18.

- JAKES, K. A. 1996: Cold plasma ashing preparation of plant phytoliths and their examination with scanning electron microscopy and energy dispersive analysis of X-rays. *Journal Archaeological Science* 23: 149-156.
- JOLY, D.; MARCH, R.J. 2001: Étude des ossements brûlés: essai de corrélation de méthodes pour la détermination des températures. En: Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux. Actes du colloque de Boury-en-Bresse et Beaune, 7-8 octobre 2000, pp. 299-310.
- JOLY, D.; MARCH, R.J.; MARTÍNEZ, G. (e.p.): Les os brûlés de Paso Otero 5: un témoignage possible de l'utilisation de l'os comme combustible par des chasseurs-cueilleurs de la fin du Pléistocène en Argentine.
- LALOY, J. 1981: Recherche d'une méthode par l'exploitation des témoins de combustion préhistoriques. Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques, 7. Université de Paris I.
- LALOY, J.; MASSARD, P. 1984: Nouvelle méthode thermique d'étude des foyers préhistoriques. *Revue d'Archéométrie*, 8, 33-40.
- MARCH, R.J. (e.p.): La domestication du feu, aspects méthodologiques et signification pour l'homme. En: Actes du colloque de la fondation Singer-Polignac signification de l'homme. Evolution morphologique et culturelle. Ouvrage collectif sous la direction de H. De Lumley.
- MARCH, R.J. 1995: Un détour vers l'histoire: l'étude des structures de combustion en archéologie. *Annales de la Fondation Fyssen*, 10, 53-68.
- MARCH, R.J. et FERRERI, J.C. 1989: *Sobre el estudio de estructuras de combustión arqueológicas mediante replicaciones y modelos numéricos*, in : Olive M. et Taborn Y. (éd.) : *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque international de Nemours (1987)*, Nemours, Ed. APRAIF. p 59-69.
- MARCH, R.; SOLER, B. 1999: Étude de cas: analyse fonctionnelle de structure n° 1. En M. Julien et R.L. Rieu (dir): *Ocupations du Paléolithique supérieur dans le sud-est du Bassin parisien*, Documents d'Archéologie Française, 78. Série Archéologique préventive-Autoroutes A5/A160.
- MARCH, R.J.; SOLER, B.; VERTONGUEN, S. 2003: Les structures de combustion du bronze final du gisement du « Closeau » et du Coteaux de la Jonchère (1): un aperçu préliminaire de leur mode de fonctionnement. In: Actes du colloque le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux. Collection Préhistoriques, 9.
- MARCH, R.J. WÜNCH, G. 2003: Loupes et lentilles obscures: à propos de la fonction des structures de combustion. In: Actes du colloque le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux. Collection Préhistoriques, 9.
- MARÉCHAL, R. (1952). Rougissement au feu des silex. *Bull. Soc. Préh. Franç.*, 49 (7): 286-298. Paris.
- MIGAUD, PH. (1991): Premiers résultats concernant l'étude de la cuisson des aliments sur le site d'Andone (Carente, Seme-Xième s). *Anthropozoologica*, n° 14-15, pp. 67-68.
- MONTÓN, S. 2002: Cooking in zooarchaeology: is this issue still raw?. En: *Consuming passions and patterns of consumption*. McDonald Institute Monographs. Edited by Preston Miracle and Nicky Milner, pp.7- 15.
- NICHOLSON, R.A. 1993: A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 20, pp. 411-428.
- PASTÓ, I. 2001: Cremós: l'action du feu sur les restes osseux des sites archéologiques. En: Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux âges des métaux. Actes du colloque de Boury-en-Bresse et Beaune, 7-8 octobre 2000, pp. 261-266.
- PATTERSON, L.W.; SOLLBERGER, J.B. 1979: Water treatment of flint. *Lithic Technology*, 8 (3), 50-51. University of Texas. San Antonio.
- PATOU, M. 1987: Les marmottes: animaux intrusifs ou gibiers des préhistoriques du Paléolithique. *Archaeozoologia*, vol. 1 (1), 93-107.
- PRADEL, L. 1952: A propos des silex rougis. *Bull. Soc. Préh. Franç.*, 49 (10): 475. Paris.
- ROSELL, J. 2001: *Patrons d'Aprofitament de les Biomasses Animals durant el Pleistocè Inferior i Mig (Sierra de Atapuerca, Burgos) i Superior (Abric Romaní, Barcelona)*. Ph. D. Thesis1. Tarragona, Història i Geografia. Universitat Rovira i Virgili: 329.
- RUTOT, A. 1907: Sur la connaissance du feu aux époques préhistoriques. *Bull. de l'Acad. Royal de Belgique*, 2: 87-93.
- SANCHIS, A. 1999: *Análisis tafonómico de los restos de Oryctolagus cuniculus a partir de la alimentación de Bubo bubo y Vulpes vulpes y su comparación con materiales antrópicos*. Tesis de licenciatura inédita. Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universitat de València. pp. 260.
- SANCHIS, A. 2000: Los restos de *Oryctolagus cuniculus* en la tafocenosis de *Bubo bubo* y *Vulpes vulpes* y su aplicación a la caracterización de registro faunístico arqueológico. *Saguntum PLAV*, 32, València, pp. 31-50.
- SANCHIS, A. 2001: La interacción del hombre y las rapaces nocturnas en cavidades prehistóricas: inferen-

cias a partir de los restos de lagomorfos. En: *De Neandertales a Cromañones. El inicio del poblamiento humano en tierras Valencianas*. Villaverde, V. (Ed.). Universitat de València, pp. 125-128.

SHIPMAN, P; FOSTER, G; SCHOENINGER, M. 1984: Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, cristal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science*, 11, pp. 307-325.

SOLER, B. 2001: Aplicación arqueológica del método experimental al estudio de las estructuras de combustión. En: V. Villaverde: ed. De Neandertales a Cromañones, 241-244.

SOLER, B. 2001: Estructuras de combustión: experimentar para comprender. . En: V. Villaverde: ed. ed. De Neandertales a Cromañones, 245-248.

SOLER, B. 2003: l'experimentation et le chauffage des roches. In: Actes du colloque le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux. Collection Préhistoriques, 9.

SOLER, B. 2003: Propuesta experimental para el estudio de las estructuras de combustión prehistóricas. Cova Negra (Xàtiva, Valencia), Ratlla del Bubo (Creventill) y Marolles-sur-Seine (Bassin Parisien). Serie de Trabajos varios, 102. Valencia.

SPENNEMANN, D.H.R; COLLEY, S.M. 1989: Fire in a pit: the effects of burning on faunal remains. *Archaeozoologia*, vol. III/1.2, pp. 51-64.

SPETH, J.D. 2000: Boling vs. Baking and roasting: a taphonomic approach to the recognition of cooking techniques in small mammals. En: Animal bones, human societies. Edited by Peter Rowley-Conwy, pp. 89-105.

SPETH, J.D. 2004: Bouilli ou rôti: reconnaître les méthodes de cuisson et en démontrer l'importance. *Les nouvelles de l'archéologie*, 95, pp. 23-25.

STINER, M.C; KUHN, S.L; WEINER, S; BAR-YOSEF, O. 1995: Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone. *Journal of Archaeological Science*, 22, pp. 223-237.

TEXIER, J.P. 1981: Désilification des silex taillées. *Quaternaria*, 23: 159-170. Roma

THÉRY-PARISOT, I. 2002: Fuel management (bone and Wood) during the lower Aurignacian in the Pataud Rock Shelter (Upper Palaeolithic, Les Eyzies de Tayac, Dordogne, France). Contribution of experimentation. *Journal of Archaeological Science*, 29, pp. 1415-1421.

THÉRY-PARISOT, I; BRUGAL, J.PH; COSTAMAGNO, S; GUILBERT, R. 2004: Conséquences taphonomiques de l'utilisation des ossements comme combustible. Approche expérimentale. *Les nouvelles de l'archéologie*, 95, pp. 19-22.

VERDASCO, C. 2001: Depósitos naturales de cueva alterados: Estudio microsedimentológico de acumulaciones producidas por estabulación de ovicápridos. *Cuaternario y Geomorfología* 15 (3-4): 85-94.

VIGNE, J.D ; BALASSE, M. 2004: "Accumulations de lagomorphes et de rongeurs dans les sites mésolithiques corso-sardes: origines taphonomiques, implications anthropologiques". En: *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires*. XXIVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes. Brugual, J.P; Desse, J. (Dirs.). Antibes, pp. 261-282.

VIGNE, J.D; MARINVAL-VIGNE, M.C.; LANFRANCHI, F; WEISS, M.C. 1981: Consommation du Lapin-rat (*Prolagus sardus* Wagner) au Néolithique ansien méditerranéen. Abri d'Araguina-Sennola (Bonifacio, Corse). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, tome 78, 7, pp. 222-224.

VIGNE, J; MARINVAL-VIGNE, M.C. 1982: Méthode pour la mise en évidence de la consommation du petit gibier. En: *Animals and archaeology 1. Hunters and their prey* (4th Int. Council for archaeozoology, Londres, 1982. BAR International Series 163, pp. 239-242.

WATTEZ, J. MARINVAL-VIGNE, M.C. 1982: Morphology of ash of some plant materials. *Micromorphologie des sols. Soil Micromorphology*, pp. 677-683.

WEINER S, SCHIEGL S, GOLDBERG P, BAR-YOSEF O. 1995: Recognizing ash deposits in the archaeological record: a mineralogical study at Kebara and Hayonim caves, Israel.

WRANGHAM, R.W; HOLLAND JONES, J; LADEN G; PILBEAM, D; CONKLIN-BRITTAIN, N. 1999: The raw and the stolen. Cooking and the ecology of human origins. *Current Anthropology*, Vol. 40, nº 5, pp. 567-594.