SERVICIO DE INVESTIGACIÓN PREHISTÓRICA
SERIE DE TRABAJOS VARIOS

Núm. 102

ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN PREHISTÓRICAS: UNA PROPUESTA EXPERIMENTAL

Cova Negra (Xàtiva, Valencia), Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante) y Marolles-sur-Seine (Bassin Parisien, Francia)

por
BEGOÑA SOLER MAYOR

DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
2003

ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN PREHISTÓRICAS: UNA PROPUESTA EXPERIMENTAL
Cova Negra (Xàtiva, Valencia), Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante) y Marolles-sur-Seine (Bassin Parisien, Francia)

S.I.P.
T.V. 102

SERVICIO DE INVESTIGACIÓN PREHISTÓRICA
DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
SERIE DE TRABAJOS VARIOS
Núm. 102

ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN PREHISTÓRICAS: UNA PROPUESTA EXPERIMENTAL

Cova Negra (Xàtiva, Valencia), Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante) y Marolles-sur-Seine (Bassin Parisien, Francia)

por
BEGOÑA SOLER MAYOR

VALENCIA
2003

ISSN 1989-540

DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA

SERVICIO DE INVESTIGACIÓN PREHISTÓRICA

SERIE DE TRABAJOS VARIOS

Núm. 102

Begoña Soler Mayor
(Servicio de Investigación Prehistórica)

Foto portada: Ratlla del Bubo (Crevillent). Excavación 1990.

ISBN: 84 - 7795 - 350 - 3
Depósito legal: V - 2913 - 2003

Imprime: Artes Gráficas J. Aguilar, S.L. • Benicadell, 16 - 46015 Valencia
Tel. 963 494 430 • Fax 963 490 532
e-mail: publicaciones@graficas-aguilar.com

A mis padres

A Arnau i Lluna

pel temps que no hem compartit

AGRADECIMIENTOS

El trabajo que aquí presentamos es la tesis doctoral titulada “Propuesta de normalización en el reconocimiento y diagnosis de las termoalteraciones de las rocas carbonatadas en contexto arqueológico”, presentada en la Universidad de Valencia en septiembre de 1996. Es el resultado del desarrollo de un proyecto de investigación, que no se hubiera podido llevar a cabo sin la ayuda y colaboración de muchas personas y de algunas instituciones. Espero que todas ellas encuentren aquí mi reconocimiento.

La Conselleria de Cultura Educació i Ciència financió tres estancias de un mes en el extranjero que me permitieron entrar en contacto con la problemática de estudio.

El Institut Valencià d’Estudis i Investigacions (IVEI), financió un pequeño proyecto del cual también se ha beneficiado este trabajo.

Valentín Villaverde, director de este trabajo, me acercó al tema y gracias a él establecí mis primeros contactos con especialistas en el extranjero.

Luis Angel Alonso me abrió su puerta de par en par. Con él he aprendido mucho más que petrología. Mi gratitud por su dedicación, su esfuerzo y por haberme brindado su amistad.

Con J. Emili Aura he compartido intensas horas de trabajo de campo en la Ratlla del Bubo y en Santa Maira. Siempre afianzó mi trabajo y su estímulo me ayudó a continuar en mi empeño. Sus críticas y su amistad me han ayudado a mejorar este trabajo.

Ramiro March me puso en contacto con la realidad de la experimentación y compartió conmigo sus reflexiones y propuestas teóricas que ayudaron a mi formación y al desarrollo de mi trabajo. A su confianza debo el trabajo realizado con la estructura de Marolles-sur-Seine y más tarde con las de Le Closeau. El tiempo nos ha hecho más amigos que colegas, hemos compartido muchas horas de campo y de laboratorio, muchas esperanzas y desesperaciones. Su crítica reflexiva ha ayudado de manera muy importante a mejorar este trabajo.

Frédéric Bazile me puso en contacto con la problemática de la excavación de hogares paleolíticos al aire libre y me proporcionó parte del material experimental utilizado en este trabajo. Siempre tuvo las puertas del laboratorio de Prehistoria de Vauvert abiertas a colaboraciones de las que también este trabajo se ha podido beneficiar directamente y nos brindó siempre una calurosa acogida.

Bertila Galván y Cruz Jimenez, profesoras de la Universidad de La Laguna, permitieron el desarrollo de parte de nuestro proceso experimental en los yacimientos que dirigen, El Salt (Alcoi) y Guinea (El Hierro). A ambas quiero agradecer su confianza y apoyo en todo momento.

Al Departamento de Ingeniería del Terreno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia debo agradecer su acogida y su colaboración.

Carlos Calvo, del Instituto de Agroquímica del CSIC de Valencia y Teresa Doménech de la Universidad Politécnica de Valencia, me prestaron su amable y desinteresada colaboración en el uso del colorímetro.

El equipo del Servei Central de Suport a la Investigació Experimental, sección microscopía electrónica de la Universitat de València, Pilar García, Tomás y Agustín Tato, siempre estuvo a nuestra disposición para solucionarnos los muchos problemas que se iban planteando. Agustín Tato fue también el responsable del apartado fotográfico de microscopía electrónica de este trabajo.

F. León, del laboratorio de geomorfología del Departamento de Geografía de la Universitat de València, y Pepa Vazquez, del laboratorio del Departament de Prehistòria i Arqueologia, han estado siempre dispuestos a ayudarme en el control de los tiempos con la mufla. A ambos debo agradecer su desinteresada colaboración.

Con Mª Pilar Fumanal compartí trabajos de campo en varios yacimientos. Aprendí mucho de su manera de trabajar y de su carácter afable. Participó conmigo en el programa experimental de El Salt. Desde el primer momento se sintió interesada por la propuesta, comprendió lo que podíamos conseguir trabajando en equipo y se volcó. Lo que aprendí con ella queda. Gracias Pilar.

Fernando Cotino, Fernando López y Paco Blay, me han ayudado a trabajar con la estadística, resolviendo dudas y planteando nuevos problemas que han estimulado fuertemente el final de este trabajo.

Paula Jardón me facilitó parte de la bibliografía y con ella he compartido intensas horas de trabajo, reflexiones y amistad.

Rafael Martinez Valle nos facilitó los resultados inéditos de la fauna del yacimiento de la Ratlla del Bubo.

Oreto García colaboró en los momentos finales de la realización y montaje de la parte gráfica de la tesis. Siempre dispuesta a echar una mano su aportación fue una gran ayuda.

Isa Francisco, Clara Pérez, Sonia Fierrez, Pepe Medar, Arcadi, Elisa Doménech, Oreto García, Ana, Cristo, Chiqui, Virginia, estuvieron a pie de experimentación muchas horas en Muro, Chiva y Alcoi. Pura y Salvador nos facilitaron la intendencia en esas largas horas de trabajo en Chiva.

El equipo de colaboradores de las experimentaciones en las Islas Canarias fue insustituible, Maite, Sixto, Felo, Juani y sobre todo Isa Francisco, quien hizo posible mi trabajo en Canarias. Amelia Rodriguez nos acogió en su casa durante parte del trabajo. Todos ellos hicieron que las experiencias allí fueran inolvidables.

Enrique Montalar y Noemí Monterde siempre estuvieron dispuestos a echar una mano con la informática, la parte gráfica y lo que hiciera falta.

Mª José Rodrigo revisó el texto original de la tesis ayudando a mejorar su compresión. Su amistad y su apoyo me ayudaron en los momentos más críticos del desarrollo de este trabajo.

Mónica, Carmen, Estela, Pepa, Thais y Vicen, hicieron posible que en el último mes de redacción de la tesis el día tuviera más horas ocupándose de mi hijo.

A mis padres les agradezco especialmente que siempre me apoyaran y que soportaran durante muchos años parte del desgaste económico y moral de este trabajo.

Paco ha soportado lo peor de una tesis: releyó el texto, me ayudó con la estadística y la informática, experimentó y me animó en los momentos de duda. Su constante apoyo ha hecho posible que este trabajo sea una realidad.

ÍNDICE

Introducción 1

I. Marco teórico de la Investigación 3

I.1. Planteamiento y objetivos 3

I.1.1. Objetivos 4

I.1.2. Las evidencias arqueológicas 4

I.1.3. El procedimiento experimental 5

I.1.3.1. Desarrollo de los objetivos 5

I.2. Análisis contextual de las estructuras de combustión 6

Conceptos utilizados para describir los restos de combustión 6

II. El Contexto Arqueológico 9

II.1. Cova Negra 9

II.1.1. Cronoestratigrafía 10

II.1.2. Los restos de combustión 11

II.1.2.1. Análisis petrológico 14

II.1.2.2. Las manchas 15

II.1.2.3. Fracturas y remontaje 16

II.1.2.4. Interpretación 16

II.2. El Abric de la Ratlla del Bubo 17

II.2.1. Situación y actualización de los trabajos 17

II.2.2. Cronoestratigrafía 18

II.2.3. Características del medio 20

Análisis antracológico y paleobotánico 20

Marco medioambiental 20

II.2.4. La Fauna 20

II.2.5. Las evidencias de combustión 20

Los primeros indicios 20

Excavaciones ordinarias: estratos I y II 23
Estratos III y IV 24
II.2.6. Interpretación 24
II.3. Marolles-sur-Seine (Seine-et-Marne, Francia) 25
II.3.1. Estratigrafía 25
II.3.2. Estudio espacial 25
II.3.3. Los restos de combustión 25
II.3.3.1. La estructura de combustión nº 1 26
La caracterización mineralógica de las rocas 27
Análisis de las termoalteraciones 28
Análisis de los remontajes 28
Interpretación 29

III. La Arqueología experimental 31
III.1. Los inicios 31
III.2. Experimentación y combustión 32
III.2.1. Los primeros análisis de estructuras de combustión 32
III.2.2. La experimentación 34
III.3. Aplicación de nuevas tecnologías al reconocimiento del calentamiento intencional: tecnología lítica y rocas termoalteradas 39
III.3.1. La tecnología lítica 39
III.3.2. Los restos de combustión 42

IV. Protocolo experimental 47
IV.1. Clasificación de las rocas calizas 47
IV.1.1. Composición mineralógica 48
IV.1.2. El medio genésico y su composición 48
IV.1.3. La identificación de la naturaleza de los granos 48
IV.2. Procedimiento de análisis y secuencia de estudio 50
IV.2.1. Taxonomía petrológica 50
Instrumentación óptica 50
Instrumentación electrónica 52
Desarrollo del proceso de investigación 53
IV.3. Análisis térmico controlado en campo 53
IV.3.1. Elección de la muestra 53
IV.3.2. Elección de las variables 53
IV.3.2.1. Descripción de las variables 54
a. El suelo 54
b. El combustible 54
c. La duración 54
d. La forma del hogar y la disposición de las rocas 54
e. La materia prima: las rocas calizas 55
f. Variables imponderables 55
IV.3.3. Sistemática operativa 55
IV.3.4. Valoración de los resultados 56
IV.3.4.1. El combustible 56
IV.3.4.2. Alteraciones colorimétricas 58
IV.3.4.3. Las rocas 60

a. Calentamiento hasta 300º 60
b. Calentamiento hasta 400° 62
c. Calentamiento hasta 500° 62
d. Calentamiento hasta 600° 64
e. Calentamiento hasta 800° 65
IV.3.4.4. Distribución de las manchas 69
IV.3.4.5. Las fracturas 70
IV.4. Calentamiento experimental en Mufla 70
IV.4.1. Elección de la muestra 70
IV.4.2. Elección de las variables 71
IV.4.3. Sistemática operativa 71
IV.4.4. Valoración de los resultados 72
IV.4.4.1. Alteraciones colorimétricas 72
IV.4.4.2. Alteraciones morfo-estructurales 73
a. Calentamiento hasta 300º 73
b. Calentamiento hasta 500° 75
c. Calentamiento hasta 700° 75
d. Calentamiento hasta 800° 75
IV.4.4.3. Las fracturas 75

V. Aplicación de la metodología experimental 77
V.1. La excavación 78
Microestratigrafía termobasal 80
Ámbitos de combustión 81
V.2. Análisis de las rocas 81
V.2.1. Taxonomía petrológica 82
V.3. Análisis de las termoalteraciones 83
V.3.1. Las fracturas 83
V.3.1.1. Las fracturas macroscópicas 83
V.3.1.2. Las fracturas microscópicas 84
V.3.2. La manchas 86
V.3.3. Las alteraciones micromorfoestructurales 88
V.3.4. La alteraciones colorimétricas 88
V.4. Interpretación de los resultados 88

VI. Sistematización para la documentación de las rocas en áreas de combustión arqueológicas 91
VI.1. Reconocimiento de la materia prima 91
VI.2. Las estructuras de combustión 92
VI.2.1. El registro de excavación 92
VI.2.2.1. Las manchas 93
VI.2.2.2. Las fracturas 93
VI.2.2.3. El sedimento 93

VII. Conclusiones 99
VII.1. Alteraciones colorimétricas 99
VII.2. Cambios morfoestructurales 101
VII.3. Aplicación de los resultados a las series arqueológicas 102

Glosario de términos petrológicos utilizados 105

Bibliografía 107

Anexo documental 115
Base de datos 117
Análisis MEB 123
Gráficos experiencias 139
Láminas 147

INTRODUCCIÓN

El objetivo último de cualquier trabajo dedicado al estudio de la Prehistoria es el acercamiento a la realidad cotidiana de los grupos humanos que vivieron en un lugar concreto. Para alcanzar este objetivo la Arqueología Prehistórica viene desarrollando incesantemente métodos y técnicas de los que se sirve, con más o menos acierto.

Hemos asistido en los últimos años a la introducción masiva de analíticas complejas, que en muchas ocasiones no van acompañadas de un cuerpo teórico-metodológico que contenga una reflexión sobre el desarrollo de la investigación, lo que supone que los resultados de las nuevas tecnologías son explicados desde el mismo planteamiento descriptivo anterior. Un ejemplo clarificador a este respecto es la aplicación de la experimentación a la Arqueología Prehistórica.

La hipótesis inicial que se pretende verificar con el desarrollo de nuestro trabajo, partiendo de lo que se ha establecido en la bibliografía hasta este momento, es que con el aumento de temperatura se producen en las rocas cambios de coloración y morfoestructurales que permiten determinar el grado de alteración de las mismas y por tanto la temperatura a la que estuvieron expuestas.

La documentación arqueológica a la que hemos tenido acceso nos ha ido mostrando a medida que nuestra investigación avanzaba, que la problemática es mucho más compleja de lo que el planteamiento inicial de la bibliografía nos presenta.

Hemos estudiado tres asentamientos pleistocenos, descritos en el capítulo 2, que presentan problemáticas y cronologías diferentes. Este hecho nos ha permitido un estudio pormenorizado del tema. La elección de los yacimientos estudiados responde a causas bien diferentes. En el caso tanto de la Ratlla del Bubo (Crevillent, Alacant) como de Cova Negra (Xàtiva, València), la relación directa establecida con el proceso de excavación en nuestra etapa de estudiante, hizo que el director de las mismas, y director de este trabajo, nos propusiera el estudio del análisis microespacial de estos asentamientos. Cuando empezamos a tomar contacto con la problemática que presentaban cada uno de ellos, nos dimos cuenta que había un tema importante dentro del estudio del denominado microespacio que, dadas las características cronológicas y de ubicación, nos planteaba muchas sugerencias. Se trataba de las estructuras de combustión y dentro de ellas la posibilidad de reconocer el calentamiento de las rocas. Así comenzó el proyecto de este trabajo.

El caso del yacimiento de Marolles-sur-Seine es distinto ya que se trata de un asentamiento al aire libre que fue excavado en régimen de urgencia y del cual tuvimos la oportunidad de trabajar una estructura de combustión que englobaba un gran número de rocas. Las diferentes problemáticas que planteó el estudio de esta estructura, así como la metodología de trabajo utilizada, nos sugirió el interés de incluirlo en este proyecto. En el momento de iniciar el estudio de esta estructura, habíamos desarrollado una parte de nuestro protocolo experimental. Por esta razón nos pareció que este material no calizo, podría servir para comprobar si nuestro método de trabajo experimental funcionaría aplicado a otras litologías de procedencias diversas.

Al inicio de este trabajo comenzamos por preguntarnos cómo discriminar durante la excavación el material pétreo que ha sufrido termoalteraciones. Si seguíamos los criterios establecidos en la bibliografía encontrábamos dos respuestas: la coloración roja y/o negra y las fracturas y/o fisuras. Pero en ese momento se nos plantearon varias cuestiones: ¿siempre se dan estos signos de alteración en las rocas que han sufrido un proceso de termoalteración?, ¿pueden presentar litologías distintas comportamientos diferenciales?, ¿hasta qué punto es posible distinguir en excavación las rocas termoalteradas cuando no forman parte de una estructura de combustión *in situ* o desmantelada?, ¿qué tipo

de registro documental sería necesario establecer para su reconocimiento?

Los estudios a los que hasta el presente hemos tenido acceso no aportan respuestas a la mayor parte de nuestras preguntas y al analizarlos en profundidad nos han planteado múltiples reflexiones sobre las hipótesis de termoalteración tal y como se ha presentado hasta ahora.

De la reflexión acerca del estado de la cuestión, surgió la necesidad de sistematizar el estudio de esta problemática, de manera que se pueda comenzar a responder a muchas de las preguntas planteadas de una manera definitiva.

Fue así como la experimentación se hizo necesaria para establecer criterios que permitan distinguir la termoalteración de las rocas.

La arqueología experimental viene siendo aplicada desde principios de siglo, con distintos planteamientos teóricos, con el fin de ayudar a resolver los problemas que plantea el registro arqueológico. Mayoritariamente enfocada hacia el estudio de la tecnología lítica en las sociedades cazadoras-recolectoras, la experimentación se revela como una herramienta de trabajo útil e irremplazable. También en el estudio de los restos de combustión, la experimentación ha sido utilizada con resultados muy positivos tal como se expone en el capítulo 3.

A partir de los problemas que nos plantean los datos arqueológicos, hemos desarrollado un método de estudio desde la aproximación experimental. La aplicación de este método supone la sistematización de las variables observadas –tamaño, forma, litología, textura, color–, el análisis de las muestras por medios ópticos y electrónicos y el establecimiento de una sistemática de excavación que permita recoger los datos necesarios para establecer hipótesis interpretativas lo más adecuadas posible. En el capítulo 4 se desarrolla esta sistemática, planteando la necesidad de establecer parámetros experimentales que permitan una sistematización de las variables. Como una de las cuestiones fundamentales es el reconocimiento de las litologías, hemos considerado imprescindible dedicar un anexo a la clasificación de las rocas calizas.

Una vez desarrollado este procedimiento experimental decidimos ponerlo en práctica para valorar su utilidad, con el estudio del yacimiento del Abric de la Ratlla del Bubo, en el capítulo 5. Los resultados obtenidos, siendo satisfactorios, plantean nuevos problemas que deberán ser abordados en futuras investigaciones.

El estudio de los problemas concretos de cada yacimiento nos llevó a considerar la necesidad de establecer un método de registro de excavación que permita integrar de una manera sistemática la descripción de las rocas en el conjunto de datos obtenidos en una excavación; este tema lo desarrollamos en el capítulo 6.

Finalmente, el capítulo 7 lo dedicaremos a la valoración de las aportaciones que este trabajo plantea y de las cuestiones que todavía quedan abiertas a la investigación.

Hemos introducido un glosario de términos petrológicos y un anexo que contiene una información que consideramos de alto valor, ya que debe servir para comprender mejor el resultado de este trabajo.

El glosario nos ha parecido interesante dado que muchos de los términos utilizados y algunos de los procedimientos, proceden de la petrología y no son muy conocidos en el ámbito de la arqueología.

Por su parte en el anexo documental presentamos en primer lugar la base de datos que ha servido como instrumento de trabajo para el desarrollo de esta tesis. En ella se proporciona la clasificación de cada muestra a nivel macro y microscópico, los datos del colorímetro expresados en medias y el tipo de tratamiento a que ha sido sometida la muestra (calentamiento en mufla o al aire libre), con los resultados antes y después de cada calentamiento.

En segundo lugar hemos recogido los datos de los microanálisis proporcionados por el microscopio electrónico de barrido, referidos a las rocas experimentales. En ellos se muestra la composición química de las muestras, con una expresión semicuantitativa de los resultados.

En último lugar presentamos los datos referidos a la mayor parte de nuestras experiencias al aire libre. Estos datos vienen expresados en modo de gráficos donde se representa el tiempo de duración de las experiencias y las temperaturas alcanzadas. Hemos incluido experiencias relacionadas directamente con la elaboración de este proyecto y otras que, sin estarlo en principio, nos han facilitado información adicional válida para interpretar el comportamiento particular de alguna de ellas. Hemos decidido incluir estos datos ya que son muy diáfanos a la hora de establecer comparaciones experimentales.

I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

El planteamiento teórico de este trabajo parte de la premisa de que nuestro objeto de estudio, los restos relacionados con la combustión, forma parte del conjunto de evidencias que reflejan un comportamiento social determinado. Teniendo en cuenta que estos restos han sufrido modificaciones desde su elaboración y que la organización que podemos documentar presenta un estado de abandono mezclado con los procesos tafonómicos que hayan podido intervenir, la interpretación estará condicionada por los sesgos inherentes a estas circunstancias.

Este hecho es el que ha encauzado nuestra investigación hacia la búsqueda de la objetivización de la interpretación arqueológica y el método que hemos utilizado para ello ha sido la verificación experimental, en un intento de reconocer una parte de la realidad. Pero, ¿es posible obtener un conocimiento objetivo de la realidad? March (1996) plantea que se puede argumentar que la realidad es infinita y que entonces no podremos llegar a conocerla nunca completamente. Aduce que se trata de un problema de dimensión ya que reconocemos la realidad en la medida en que somos capaces de hacerlo. No obstante aunque no hay tantas realidades como individuos sí es cierto que cada individuo la percibe de una forma diferente. De manera que lo importante es explicar la sistemática de trabajo para que ésta pueda ser comprendida y evaluada por todos. Si a esto añadimos que la realidad que pretendemos conocer es una realidad trastocada por el paso del tiempo, nuestra tarea se complica a cada paso que avanzamos y se hace imprescindible describir minuciosamente las decisiones que vamos adoptando en nuestro proceso de investigación.

Determinados fenómenos como el calentamiento de una roca o el del sedimento, pueden ser analizados en el presente como tales fenómenos, sin añadir carga cultural alguna, esto significa que podemos saber a través de análisis físicos, químicos o matemáticos concretos que procesos de transformación ha acarreado el calentamiento a esos elementos. Esto permite llegar a conocer cuestiones concretas como si las piedras de una hoguera prehistórica fueron recalentadas y/o reubicadas, es decir utilizadas en más de una ocasión, y cuál fue la temperatura a la que estuvieron sometidas con la aplicación de las analíticas adecuadas.

Por esta razón, nos es absolutamente imposible pensar en el análisis de los restos asociados al fuego sin una perspectiva interdisciplinar que posibilite la creación de un cuerpo de datos analíticos independientes. Estos serán utilizados para poder realizar, en última instancia, nuestras subjetivas interpretaciones del comportamiento humano en el pasado, siguiendo el criterio de la objetivización científica.

Compartimos la idea de otros autores (LAUT, 1992), en cuanto a la necesidad específica de establecer un marco conceptual. Es imprescindible, además de un cuerpo teórico, un aparato terminológico que responda a nuestra metodología en el apartado experimental, que explique y contextualice el conjunto del trabajo tanto de campo como de laboratorio.

En el siguiente apartado haremos un análisis detallado de los conceptos teóricos que a lo largo de la historiografía arqueológica se han utilizado para hacer referencia a los diferentes restos relacionados con los procesos de combustión.

Desde este planteamiento, para que se pueda reconocer y comprender esa realidad que pretendemos estudiar, describiremos nuestro objeto de estudio, para más adelante presentar nuestra marcha analítica experimental.

I.1. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

La información que los restos de combustión proporcionan ha generado una línea de investigación que, a partir

de los años 60, está en constante desarrollo, estableciendo dinámicas de estudio propias, si bien basadas y adaptadas de otros campos de la investigación científica, cómo viene ocurriendo en toda la investigación arqueológica desde la introducción de la Nueva Arqueología, arqueología procesual, post-procesual, etc. (Trigger, 1989; Binford, 1983; Renfrew, 1982; Thomas, 1998).

La importancia de los vestigios relacionados con el fuego viene dada por la información que proporcionan para llegar a emitir hipótesis sobre el comportamiento social y económico de los grupos cazadores-recolectores de la Prehistoria.

Por una parte es importante reconocer la manera en que los grupos humanos controlaban la energía del fuego, la utilizaban y cuáles eran sus medios de producción.

Por otra parte, conocer la estructuración que presentan los restos de combustión proporciona un reflejo no sólo de los diferentes modos de combustión, sino también de las actividades asociadas al fuego y, por ende, posibilita un acercamiento a la organización socio-económica de estos grupos.

Este acercamiento permite reconocer una parte de la relación que establecen los grupos cazadores-recolectores con el medio en el que desarrollan sus actividades y cómo, ésta relación, va evolucionando diacrónicamente.

A partir de estos diferentes niveles de percepción, se puede valorar la importancia de la información que las estructuras de combustión aportan tanto al conocimiento de cada hábitat en particular, como al reflejo del comportamiento de sus usuarios.

Una cuestión importante que se observa al revisar la bibliografía es que, en la mayor parte de los casos, el análisis de estas evidencias no va ligado a una reflexión teórica inicial donde la explicitación de los datos que se registran se inserte en un marco teórico de interpretación general del comportamiento de las sociedades del pasado.

Esto ha provocado la evolución desigual de determinados aspectos importantes en la investigación: el desarrollo de una metodología de registro muy precisa que proporciona descripciones, en su mayor parte morfológicas, que han sido adoptadas para establecer las categorías de estas estructuras.

El problema que genera esta dinámica de la investigación es que vincula la descripción morfológica de las estructuras con la situación de estos en el hábitat, dando así una atribución a la forma/función (Leroi-Gourhan, 1966, 1972) que no siempre se ajusta a la realidad (March, 1996) y que, además, se utiliza como cuestión que permite abordar la "estructuración del espacio en áreas especializadas" (Wattez, 1992).

Esta aproximación, que la escuela francesa llama "approche dynamique", tiene por objeto reconstruir las diferentes etapas de la cadena operativa del fuego desde su estado de abandono a su estado inicial (Wattez, 1992). El problema es que si la pregunta inicial no está correctamente formulada, lógicamente las conclusiones que se asuman no se ajustarán a la realidad. Es decir, si se parte de la premisa de que a partir de determinadas formas de estructura de combustión (hogar simple, enlosado, en cubeta con o sin borde de piedras, etc.) se establece la función concreta de las mismas (domésticos, técnicos, etc.) y a partir de ahí se establece el tipo de hábitat (campamento estacional de corta o larga duración, etc.), si la premisa inicial forma/ función no está correctamente establecida, la definición final tampoco lo estará, es más puede distar mucho de la realidad.

Esta aproximación se ha realizado fundamentalmente a partir del estudio de las rocas termoalteradas y más concretamente a partir de la técnica de remontaje utilizada en múltiples yacimientos del área de la cuenca de Paris (Julien, 1972, 1984; Olive, 1988; Valentin, 1989; Phillips *et alii*, 1987).

Y es precisamente en ese punto donde se enmarca nuestro proyecto de trabajo. Si se puede determinar la alteración real de las rocas, reconstruyendo los diferentes procesos ígnicos a los que éstas han sido sometidas a lo largo del tiempo, junto a la historia térmica del hogar del que forman parte, se habrá logrado una mayor aproximación a la realidad del funcionamiento de la estructura de combustión y quizá del asentamiento del que forma parte.

I.1.1. Objetivos

El propósito de esta investigación es pues generar instrumentos de trabajo útiles para la interpretación de los restos de combustión. Para ello hemos establecido sistemáticas operativas en el reconocimiento de las termoalterciones que permiten un mejor acercamiento al comportamiento de los grupos cazadores-recolectores del pleistoceno respecto del fuego.

Este objetivo va a ser abordado desde una doble perspectiva:

Por una parte mediante el análisis de diferentes áreas de combustión que presentan problemáticas particulares y que sentarán la dirección de la investigación arqueológica.

Por otra parte generando una dinámica operativa experimental para la sistematización en el reconocimiento de las termoalteraciones de las rocas en contexto arqueológico.

I.1.2. Las evidencias arqueológicas

El registro arqueológico al que vamos a hacer referencia en este trabajo, posee una estructuración cronológica y espacial que nos ha permitido tener una visión amplia de la problemática. Nos enfrentamos a un registro heterogéneo que presenta problemáticas y sistemáticas de trabajo muy distintas.

Este registro abarca tres tipos de asentamientos que se ubican en cueva, abrigo y al aire libre respectivamente y que cronológicamente se reparten entre los primeros cazadores neandertales del 50.000 B.P. y los últimos cazadores magdalenienses del 13.000 B.P.

El yacimiento en cueva de cronología más antigua con una amplia secuencia (Riss-Würm a Würm III) es el de la **Cova Negra** (Xàtiva, Valencia). Presenta evidencias de diferentes tipos de combustiones, desde hogares simples o planos –donde la única evidencia es el sedimento termoalterado– a una evidencia de más difícil interpretación en la que se relaciona el sedimento termoalterado, con rocas que, aparentemente, no guardan ninguna disposición coherente. Lo que más adelante hemos definido como restos de combustión no estructurados (RCNE).

El segundo asentamiento que estudiamos es el **Abric de la Ratlla del Bubo** (Crevillent, Alacant). La problemática de este yacimiento se centra en las múltiples agresiones que ha sufrido desde su descubrimiento, que han sesgado de una manera importante la información contenida en él. A pesar de esto la variedad de las evidencias y la importancia del contexto en el que se documentaron, justifican sobradamente su análisis, ya que presenta los restos de una combustión aparentemente *in situ* de lo que en la bibliografía se ha venido denominando un hogar con borde de piedras.

Finalmente estudiamos la estructura de combustión nº 1 del yacimiento magdaleniense al aire libre de **Marolles-sur-Seine** (Francia). En esta ocasión se trataba de una estructura que formaba parte de un yacimiento que fue excavado en régimen urgencia y que presentaba 220 rocas asociadas a la combustión.

En todas las evidencias arqueológicas se repetía el problema de la valoración de la termoalteración de las rocas. A pesar de seguir los criterios básicos que la bibliografía había establecido –enrojecimiento y fracturación– no encontramos respuestas satisfactorias a cuestiones como:

1. ¿A qué temperatura cambia de color una roca?
2. ¿Por qué?
3. ¿Responden igual todas las rocas al calentamiento?
4. ¿Cuando se produce la fracturación y a qué responde?

A causa de ello hemos decidido elaborar una sistemática de trabajo experimental que permita contestar a las siguientes valoraciones arqueológicas:

1. las rocas están fracturadas.
2. presentan coloraciones que “no parecen naturales”.

I.1.3. El procedimiento experimental

Cuando nos planteamos por primera vez la elaboración de un protocolo que permitiera el reconocimiento de las termoalteraciones en las rocas carbonatadas, surgió inmediatamente la necesidad de crear un programa experimental. Su punto de partida debía ser establecer criterios de discriminación que permitieran, en la medida de los posible, reconocer estas termoalteraciones no sólo mediante un análisis de laboratorio, sino también en campo, durante el proceso de excavación.

El desarrollo de este proyecto de trabajo, sólo ha sido posible con la intervención de otras disciplinas. La interdisciplinaridad se plantea como única vía de aproximación a muchos de los problemas que presenta la interpretación de los restos arqueológicos y en ese sentido el conocimiento de la función de los hogares, su duración, etc. no es una excepción.

En la preparación de este trabajo hemos abordado la problemática experimental desde diferentes aspectos, lo que ha llevado a la realización de 16 experiencias al aire libre, centradas en distintos yacimientos. Esto ha supuesto la utilización de morfologías y combustibles diversos que han ido generando una base de datos muy importante.

El procedimiento experimental utilizado en este proyecto de trabajo se planteó ante la problemática que supone, en muchos asentamientos, discriminar las rocas termoalteradas de las que no lo están. Sobre todo cuando las estructuras de combustión han sufrido modificaciones desde su última utilización y el estado de abandono que se recupera en excavación no responde a un estado de funcionamiento.

En este sentido, y hasta ahora, el remontaje había sido la única metodología utilizada para correlacionar los líticos dispersos en un área de combustión. Un buen ejemplo de la aplicación de esta técnica es el trabajo de Olive (1988) sobre los hogares del yacimiento de Etiolles, donde se evidencia la complejidad que puede llegar a tener este sistema para llevar a cabo la interpretación de la historia térmica de las estructuras de combustión.

Nuestro trabajo pretende sistematizar un conjunto de variables que intervienen directamente en el proceso de alteración de las rocas por calentamiento. Intentamos establecer un instrumento de trabajo que permita ordenar y sistematizar la información referida a los pétreos relacionados con la combustión.

I.1.3.1. Desarrollo de los objetivos experimentales

El objetivo principal de esta parte del trabajo es la elaboración de un protocolo que permita la caracterización de las termoalteraciones de las rocas. Para poner en práctica este proyecto experimental, consideramos la necesidad de caracterizar los resultados con una unificación de las litologías base de los ensayos y análisis y así elegimos las rocas sedimentarias carbonatadas. Esta elección se debió a que esta litología es la más abundante en nuestra área de trabajo, la vertiente mediterránea peninsular. Sin embargo, el trabajo desarrollado en otros ámbitos como las Islas Canarias o el Valle de París, nos ha hecho reafirmarnos en nuestra convicción de que cada yacimiento o al menos cada área geográfica concreta necesita de su propio proceso experimental ya que no todos los datos son extrapolables y a lo largo del desarrollo de este trabajo analizaremos el por qué.

El trabajo se dividió en tres fases diferenciadas, dos de trabajo experimental con el fin de abarcar todas las casuísticas que podrían estar asociadas a estos materiales, y una de contrastación de resultados.

Los objetivos de la primera fase del proyecto, en que se aborda el trabajo correspondiente a las experiencias de campo fueron los siguientes:

- Caracterizar la materia prima natural (no arqueológica) objeto de estudio.
- Secuenciar un calentamiento que, con las diversas contingencias, se aproxime lo más posible a un fuego real y contrastar los resultados con los obtenidos experimentalmente en el laboratorio.

En la segunda fase del proyecto se desarrollan los objetivos correspondientes a la parte del trabajo de laboratorio y partiendo de dos procesos:

- La caracterización de la materia prima objeto de estudio.
- El desarrollo de la dinámica analítica que posibilite el establecer criterios de reconocimiento de la termoalteración de las rocas utilizadas en la construcción de estructuras de combustión en yacimientos arqueológicos.

La consecución de este objetivo múltiple supone, por lo tanto, el desarrollo de una sistemática de trabajo experimental a desarrollar en laboratorio y en experiencias de campo. Dicha sistemática se basa en el calentamiento controlado de rocas formatizadas o no, en incrementos tabulados de temperaturas durante un lapso estandarizado de tiempo. Cada una de las muestras es después analizada por diferentes métodos ópticos, físico-químicos y electrónicos, estableciendo, los criterios de discriminación entre las rocas termoalteradas y las no alteradas.

La tercera y última parte del proyecto se centra en la aplicación de los resultados de esta sistemática al estudio de los restos petrológicos pertenecientes a la estructura de combustión del yacimiento de la Ratlla del Bubo, de cronología solútreo-gravetiense. Según los datos de la excavación se definió como un hogar simple con borde parcial de rocas carbonatadas.

El objetivo de esta última parte es aplicar la metodología creada experimentalmente para deducir las alteraciones térmicas de estas rocas, obteniendo datos sobre las temperaturas alcanzadas y de esta manera caracterizar el funcionamiento del momento final de dicha estructura.

I.2. ANÁLISIS CONTEXTUAL DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN

En la actualidad, el conocimiento de las actividades relacionadas con el uso del fuego, se apoya en el análisis del contexto de las áreas de combustión. Este análisis incluye aspectos tan diversos como la micromorfología del suelo termoalterado, el estudio de los restos orgánicos impregnados en él, los restos de combustibles (cenizas y carbones) o las alteraciones de las rocas que intervinieron en la combustión, además del análisis de los restos de hueso –trabajado o no– y de material lítico que se hallen tanto dentro como asociados al área de combustión

El estudio de las rocas ha sido uno de los aspectos a los que más atención se ha dedicado, quizá por ser las evidencias consideradas más claras junto con los restos de carbones. Pero cuando éstos no se han conservado y el sedimento ha sufrido transformaciones de muy diversa causalidad, las rocas se presentan como único elemento de análisis acotado y operativo.

Sin embargo, como iremos viendo a lo largo del desarrollo de este trabajo, a pesar de su exhaustiva pormenorización, siguen quedando cuestiones por resolver, dado el carácter renuente y diversificado del uso de estas estructuras.

Conceptos utilizados para describir los restos de combustión

El conjunto de restos tangibles de una combustión ha sido denominado de diversas maneras en la bibliografía a lo largo de los últimos 30 años, siendo las más habituales hogar, estructura de combustión y área de combustión.

El término **hogar** es el más comúnmente utilizado, en contexto arqueológico, para describir los restos –ya sean sedimento, rocas o combustible– de una combustión. A este término se le suele apostillar la morfología –plano, en cubeta o excavado, con borde de piedras etc.– y en ocasiones la función –doméstico, de actividades técnicas, etc.–, siguiendo las pautas establecidas en la bibliografía, y generalmente con una escasa reflexión al respecto de la relación forma/función/utilización.

A partir de la clasificación de los restos de combustión establecida para el yacimiento de Pincevent (Francia), surgió el problema al intentar hacer cuadrar aquella propuesta a cualquier yacimiento de cazadores-recolectores de no importa que punto geográfico.

En el Seminario sobre las estructuras de hábitat dedicado a los restos de combustión, que dirigió Leroi-Gourhan en 1973, se intentaron establecer unos parámetros comunes que sirvieran para describir los restos asociados a la combustión, en definitiva lo que se reconocía en ese momento como hogares. De esta manera, el término **estructura de combustión**, fue definido en la propuesta de vocabulario como la asociación de restos más o menos modificados por el calor: “cualquier conjunto de restos que comporten elementos que han sufrido la acción del fuego” (Leroi-Gourhan, 1973: 41).

También en este seminario se hace referencia al término **área de combustión,** por parte de Michel Brezillon, quien sin hacer una definición explícita, encuadra dentro de este término los datos referidos a los elementos que se relacionan con la estructuración de los restos de combustión.

Más recientemente este término será retomado por Wünch, dentro de su propuesta teórico-metodológica. Describe las áreas de combustión como el lugar donde se ubica una combustión con finalidad utilitaria: “el emplazamiento de una combustión con finalidad utilitaria... es el resultado del aprovechamiento de esta energía térmica para llevar a cabo desde las actividades subsistenciales...hasta actividades técnicas, dejando de lado su potencial de luz y calor” (1991: 60).

Laloy (1980: 7), por su parte, definió “campo de combustión”, como “el lugar donde ha habido fuego”. Este término sería equivalente al de área de combustión, refiriéndose de una manera general a cualquier lugar donde se hubiera encendido fuego.

Tanto Laloy como Wunch, realizan una propuesta terminológica, estableciendo una visión crítica de los trabajos anteriores e intentado dar a sus propuestas un contenido que sobrepasara la descripción morfológica de los restos. En ambos casos se pretende insertar el estudio de los restos de combustión en una dinámica de investigación que vaya más allá de la simple inferencia, proponiendo modelos de explotación de los datos en aras a conseguir una mayor objetivización de los mismos desde una perspectiva experimental.

Una vez descritos los conceptos que definen los restos estructurados, pasaremos a describir aquellos otros que, relacionados directamente con los restos de una combustión, no se encuentran estructurados. Los siguientes fueron descritos por Julien (Leroi-Gourhan y Brézillon, 1973):

• **Concentraciones carbonosas:** en ellas se encuadran los denominados **vaciados de hogar.** Son restos que generalmente se presentan aislados del hogar, suelen ser acumu-

ÁREA DE COMBUSTIÓN	**NO LIMITADA**	- ABIERTA. - CUBIERTA.
	LIMITADA	- ABIERTA, SIMPLE, EXCAVADA: CUBETA, FOSA. - CONSTRUIDA: EXCAVADA, EN EL SUELO (ÁREA ENLOSADA), SOBREELEVADA. - CUBIERTA: COBERTURA PROVISIONAL - CONSTRUIDA.

Cuadro 1. Brézillon (1973). Modificado.

laciones de cenizas y/ o carbones en ocasiones mezclados con otros restos (fauna o material lítico). Según los describe Julien:

"Son acumulaciones que comportan sobre todo su espesor una amalgama de partículas negras, grises y rojo-oscuro en las cuales se incluyen restos que han sufrido la acción del fuego y otros que están intactos" (1983: 284).

Esta autora considera que son depósitos de cenizas frías provenientes de la limpieza de los hogares.

• **Estructuras de desecho** (structures de rejet): Leroi-Gourhan (1983), las sitúa fuera de lo que él denomina "zona cultural" y son áreas de acumulación de residuos situadas a algunos metros de distancia, según su interpretación del yacimiento de Pincevent.

En cuanto a los elementos constituyentes, tanto de las estructuras como de los desechos, fueron definidos por primera vez también en el seminario de estructuras de hábitat de 1973:

- los carbones, tanto en fragmentos como en polvo.
- las cenizas.
- las piedras quemadas: que incluyen la descripción de borde y su morfología.
- los suelos carbonosos.
- los restos óseos calcinados.

Estos elementos, junto al sedimento que forma parte del suelo donde se ubica la estructura de combustión, son los que van a aparecer en la casi totalidad de trabajos referidos al estudio de las áreas de combustión.

Una nueva visión conceptual será aportada por el grupo de investigación del Laboratorio de Arqueología de la Universidad de Tarragona (LAUT, 1992), cuando aborda la investigación del yacimiento del Abric Romaní. Elabora un marco teórico, desarrollando una concreción conceptual que pasamos a describir brevemente. Después de definir el Centro de Intervención (CRPES, 1985) explican que las acciones que han sufrido los elementos arqueológicos debido a las manipulaciones que dejan estigmas visibles, son tenidas en cuenta, de manera que conceptos como cremación o combustión explican el estado en el que se encuentra la asociación o elemento que va a ser intervenido con mayor precisión de la habitual en el lenguaje arqueológico. Al final de la asociación terminológica que forma un concepto explicativo está la categoría más específica a nivel físico, el tipo de material del que se trata.

GRUPO 1:

Intrusión Antrópica Calorífica Estructural (I.A.C.E.): se evidencia en los restos de aureolas de rubefacción, en las que se pueden encontrar asociados elementos que han sufrido una trasformación debida a la acción calorífica. En unos casos la acción diagenética ha mantenido los elementos contextuales a los que se encuentran asociadas las rubefacciones, en otros sólo queda el estigma de la rubefacción en forma de mancha negra, gris o marrón.

Sobre la denominación del fenómeno rubefacción volveremos más adelante.

Área de Producción y Configuración Lítica final (A.P.C.L.F.)

Área de Procesado y fragmentación sistemática de fauna (A.P.F.S.F.)

GRUPO 2: Conceptos referidos a organizaciones de amontonamientos de material lítico que demuestran un nivel menos complejo.

Organización Interna de Travertinos (O.I.T.)

Estructuración de intrusión antrópica de calizas. Las calizas son un material aportado al yacimiento de forma sistemática por los cazadores-recolectores, que puede o no formar estructuras.

GRUPO 3: La configuración de esta asociación categórica resulta de toda la serie de movimientos de selección interacción que acaban en un proceso de producción calorífica que estructura un espacio, de forma puntual, siendo la referencia más significativa de antropización de un área determinada.

Objeto de Madera Quemada no identificada (O.M.Q.N.I.)

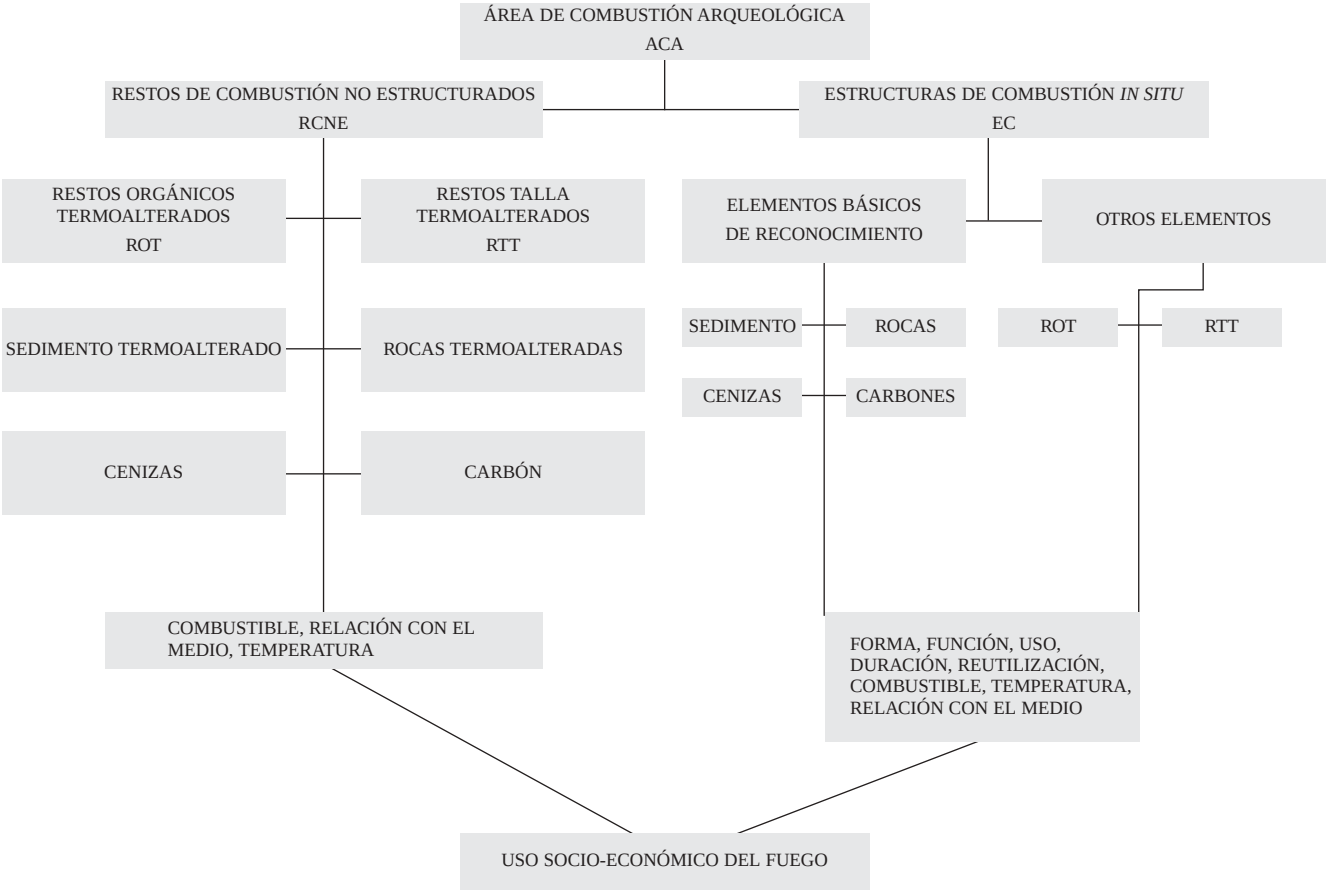
Negativo de madera (N.M.)

Negativo de madera quemada (N.M.Q.)

Positivo de Madera Quemada (P.M.Q.)

Nuestra propuesta en lo referente a los restos estructurados pretende simplificar conflictos terminológicos al tiempo que recoger aquellos términos que más se ajusten a la observación arqueológica de campo. Por ello recuperamos **Área de Combustión** (AC) para definir no sólo el espacio físico concreto en el que se desarrolla la combustión sino también aquel en el que se documentan restos asociados a la misma. Así, un área de combustión estará relacionada con los restos de las actividades que se desarrollen en cada encendido. Supone el reflejo de una parte del uso socio-económico del grupo. Dentro del AC encontramos por una parte el hogar o **Estructura de Combustión** (EC), espacio concreto que ha sido modificado por la acción del fuego y los elementos básicos de reconocimiento que intervienen en ese proceso de combustión concreto: sedimento, rocas, carbones y/o cenizas así como otros elementos ya sean orgánicos termoalterados o restos de talla.

Los **Restos de Combustión No Estructurados** (RCNE) quedan definidos como todos aquellos elementos residuales que en muchas ocasiones se encuentran interconectados, super o infrapuestos a las propias estructuras de combustión *in situ*, bien sea por reutilización o por abandono y reutilización de la zona para usos distintos del de la combustión. Un ejemplo de RCNE serían los denominados por la escuela de Leroi-Gourhan vaciados de hogar y como elementos básicos de reconocimiento pueden documentarse sedimento, rocas, cenizas y/o carbones así como otros elementos orgánicos termoalterados o restos de material lítico trabajado.



Cuadro 2. Área de Combustión Arqueológica (ACA).

II. EL CONTEXTO ARQUEOLÓGICO

Las distintas problemáticas que sobre el estudio de las áreas de combustión hemos podido abordar en los últimos años en diferentes áreas geográficas, nos han proporcionado una amplia visión del tema que ahora reflejamos en el presente trabajo.

La amplia cronología abordada desde el final del Paleolítico Medio hasta el Magdaleniense superior y la distinta ubicación en el medio de los asentamientos estudiados cueva, abrigo y aire libre, nos sugería inicialmente la posibilidad de analizar pautas de comportamiento respecto del uso del fuego de una manera diacrónica.

El hecho de que en todos los yacimientos que hemos estudiado se plantearan problemáticas diversas respecto al uso que ha producido la termoalteración de las rocas y su relación con el funcionamiento de las estructuras de combustión en cada momento, hicieron que el desarrollo de nuestro proyecto se encaminara particularmente al reconocimiento de las alteraciones térmicas que pudieran haber sufrido las distintas litologías que intervinieron en las diferentes combustiones.

Los datos arqueológicos que presentamos en este capítulo, son el origen de la propuesta metodológico-experimental que desarrolla el presente estudio, ya que desde ellos se generaron la mayor parte de nuestras preguntas al respecto del reconocimiento de las termoalteraciones.

La metodología de trabajo en cada unos de ellos fue diferente debido a circunstancias inherentes a cada una de las excavaciones. Además debemos añadir que las excavaciones fueron realizadas en los años 87, 89 y 92, con lo que hablamos de más de 15 años de referencia.

II.1. COVA NEGRA (XÀTIVA, VALENCIA)

Desde que en 1872, Vilanova y Piera menciona a la "Cova Negra" de Xàtiva como yacimiento arqueológico, muchos y diversos han sido los trabajos que sobre ella se han ido dando a conocer. Citada por Cartailhac en 1886 y por Almarche en 1918, comienza a excavarse en el año 1929 por Viñes, quien efectuará tres campañas. Más tarde vendrán las campañas de Pericot, Jordá, Alcácer, Pla, Fletcher y Pascual entre los años 1950 y 1957.

Habrá que esperar a la publicación en 1984 de la Tesis Doctoral de Valentín Villaverde, para que comience una nueva etapa de investigaciones y excavaciones sistemáticas en Cova Negra.

Este yacimiento abarca una amplia cronología desde el Würm antiguo final al Würm reciente inicial. Es un hábitat en cueva que fue utilizado esporádicamente por los grupos humanos que habitaron la zona entre el 115.000 y 30.000 B.P. (Villaverde, 1984; Villaverde y Fumanal, 1990; Fumanal y Villaverde, 1988; Villaverde y Martínez Valle, 1992; Villaverde *et alii*, 1997).

La cavidad se encuentra situada a 3 kilómetros de la ciudad de Xàtiva (València), en la margen izquierda del río Albaida, en una de las concavidades formadas por el meandro que el río Albaida excava en la vertiente Este de la Serra Grossa, a unos 17 metros sobre el actual curso del agua y unos 100 sobre el nivel del mar.

A través de los estudios de macro y microfauna (Martínez Valle, 1996; Guillem, 1996), todo parece indicar que el modelo de ocupación de esta cavidad por las poblaciones neandertales, debió caracterizarse por el espaciamiento de las visitas, su carácter corto y un reducido número de ocupantes, que generaron, en relación con las pautas que son comunes en el Paleolítico superior, conjuntos de desperdicios líticos y óseos bastante reducidos, tal y como puede apreciarse al valorar su índice al incorporar los correctores temporales y de superficie (Villaverde, 1994: 8; Villaverde *et alii*, 1997).

El carácter corto y localizado de las ocupaciones de Cova Negra, se deduce también del análisis de la distribu-

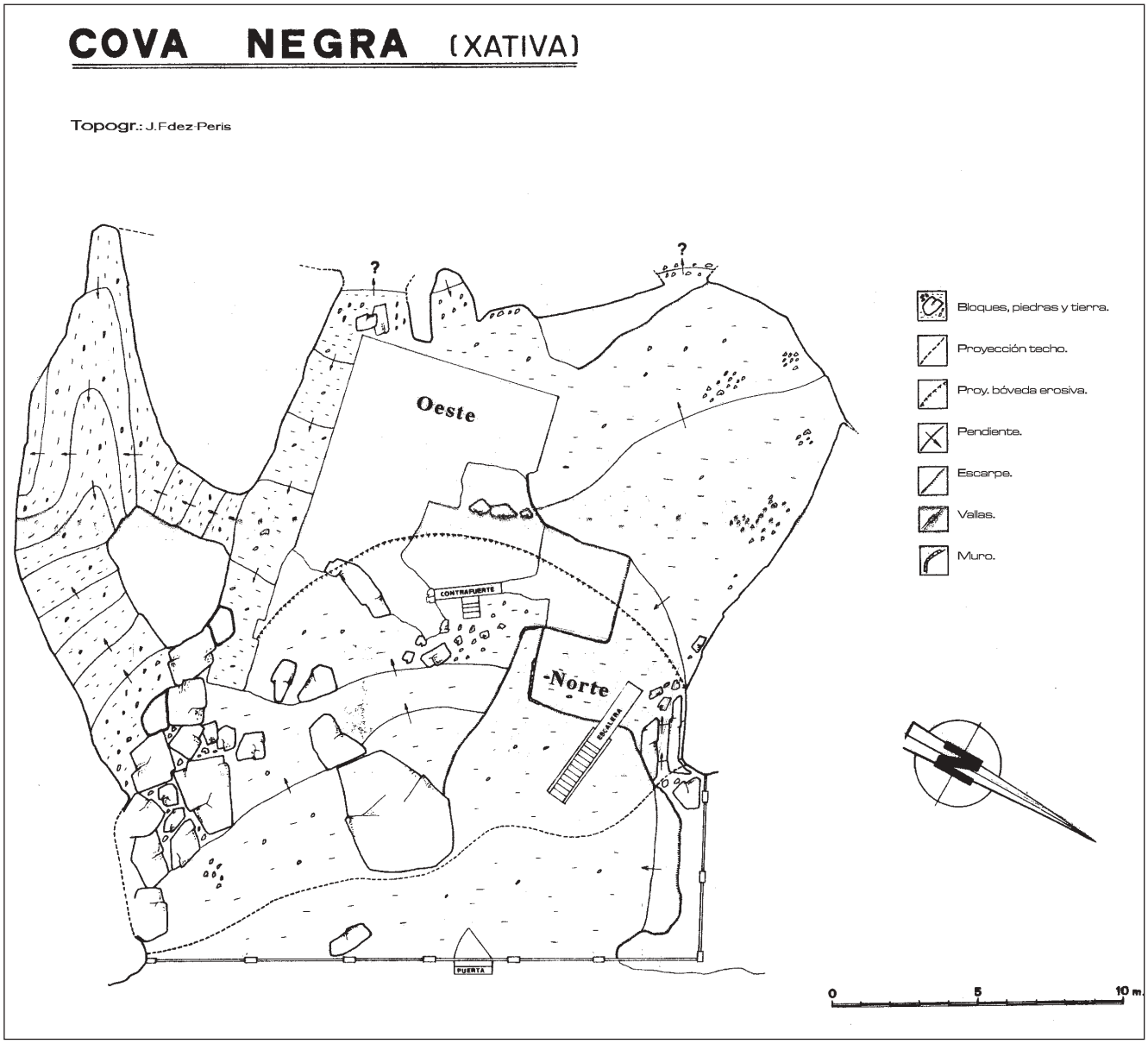


Fig. 1. Topografía de Cova Negra (Xàtiva, Valencia).

ción espacial del material arqueológico y encuentra correlato argumental en algunas evidencias tafonómicas. Según Villaverde (1994), la excavación de los años 80 ha puesto de manifiesto la existencia de profundas variaciones laterales en la intensidad de los restos líticos y óseos y en la localización de restos de combustión.

II.1.1. La cronoestratigrafía

La serie climatosedimentológica de Cova Negra, ha quedado establecida como sigue (Villaverde y Fumanal, 1990):

- Cova Negra A, fase inicial húmeda y templada, caracterizada por la inundaciones periódicas del río Albaida que introducen sedimentos fluviales en el interior de la cavidad, dando lugar a la formación de niveles de tobas con precipitación de CO3Ca sobre elementos vegetales. Se correlacionaría con el interglaciar Riss-Würm y tal vez el inicio mismo del Würm antiguo, esto es las fases e y d del estadio isotópico 5, estrato XV de la serie actual.

- Cova Negra B, fase que comienza con un clima muy húmedo y fresco y culmina con la instalación de condiciones rigurosas. Los procesos de meteorización física aportan los primeros elementos autóctonos en el relleno sedimentario. Se correlacionaría con el estadial Würm I y las fases c y b del estadio isotópico 5, estratos XIII-XIV de la serie definitiva.

- Cova Negra C, interfase templada y con precipitaciones estacionales que permiten la actuación de procesos de edafogénesis. Correspondería al interestadial Würm I-II y al estadio isotópico 5 a, según Laville, Raynal y Texier (1986) o 3 C de Pujol y Turon (1986), estrato XII de la serie definitiva.

- Cova Negra D, fase con predominio de las manifestaciones sedimentarias frías, con procesos de gelifracción que alternan con pulsaciones más benignas. Se correspondería con el estadial Würm II y los estadios isotópicos 4 y parte del 3 de Laville, Raynal y Texier y 3 B de Pujol y Turon, estratos V al XI de la serie definitiva.

- Cova Negra E, fase templada, caracterizada por las precipitaciones estacionales, que nuevamente da lugar a la formación de un suelo en un momento de calma morfogenética. Fase, aislada en las campañas correspondientes a los últimos años en el denominado perfil C del sector Oeste, que amplia la secuencia propuesta a partir de la campañas de 1981 y 1982, permitiendo una mayor definición de los niveles superiores del yacimiento. Se correlacionaría con el interestadial Würm II-II, o el estadio isotópico 3 A, estrato IV de la serie definitiva.

- Cova Negra F, fase final de la sedimentación, documentada también en el denominado sector Norte, caracterizada por un clima seco y frío en el que vuelven a activarse procesos de meteorización mecánica. Su final coincide con un nivel superficial revuelto y se correlacionaría con el inicio del Würm reciente o el estadio isotópico 2, estratos III-I de la serie definitiva. Estos niveles son los que nos van a interesar especialmente ya que es donde se sitúan todas las evidencias de combustión estudiadas, tanto en el sector Oeste como en el Norte.

II.1.2. Los restos de combustión

Los indicios de combustión en este asentamiento se hallan repartidos en los tres sectores excavados: el Oeste, el Norte y el Sur.

El interés de los indicios de Cova Negra viene dado fundamentalmente por la cronología del yacimiento, ya que los restos de combustión documentados en excavación en momentos antiguos son escasos en el área mediterránea de la Península Ibérica. Asimismo, su interés se plantea dado el tipo de ocupación esporádica que este asentamiento muestra, siguiendo los análisis faunísticos.

Los restos objeto de análisis pertenecen a las campañas de excavación realizadas en los años 1984, 1986, 1987 y 1989.

- Sector Oeste

La cronología atribuida a los niveles estudiados en este sector, se correspondería con los estratos III a V de la secuencia actualizada, que se correlaciona con el interestadial Würm II-III y el inicio del Würm III, dentro de la secuencia general del yacimiento estos niveles se sitúan en la fase descrita como Cova Negra E y F.

A pesar de la escasez de material lítico recuperado, la adscripción cultural se corresponde con el Musteriense, que en el conjunto del yacimiento presenta una uniformidad a nivel de industria lítica elevada, con una estabilidad técnica y tipológica típica del Paleolítico medio, netamente atribuible a la facies charentiense, con una ausencia total de elementos que permitan pensar en una transformación hacia el Paleolítico superior (Villaverde y Fumanal, 1990).

La superficie excavada en este sector es de 12 m^2. Se excavaron hasta 1987 tres estratos, procediéndose a la excavación de los estratos III al V en esta campaña.

Durante la excavación del estrato III-V, aparecieron útiles líticos en sílex que presentaban señales de alteración térmica, lo que alertaría sobre la presencia de fuego. El estrato IIIB presenta además continuadas concentraciones de manchas grises de tamaño variable, que en el momento de la excavación se relacionaron con cenizas interpretándose en el momento de la excavación como posibles vaciados de hogar. Así mismo se documentaron restos de tierra apelmazada –que se interpretaron como quemada- y que estaba asociada a áreas circulares de entre 40 y 85 cm de diámetro.

Se trataría de hogares planos o simples, sin preparación, descritos en excavación como de sección lenticular de unos 4 a 7 cm de potencia. Debe resaltarse la presencia de cantos de origen fluvial asociados a algunos de estos hogares. Poseen un tamaño de entre 7 y 12 cm y en ocasiones parecen definir concentraciones (Villaverde *et alii*, 1997). La asociación de cantos fluviales a restos de combustión es un hecho que se documenta fundamentalmente en el Paleolítico superior (Bombail, 1987 y 1989), de ahí que subrayemos el interés de su presencia en estos momentos musterienses, aunque no podamos ir más allá en su interpretación.

Se observa en este estrato IIIB (lám. 1) una distribución en la que se percibe una concentración de manchones oscuros, limitada en una parte por un gran bloque, donde se puede analizar el contraste entre una acumulación de restos óseos fracturados, con evidencias de fuego y señales de carnicería, y una zona que se ha denominado externa, de tierras de color amarillento, con ausencia de evidencias de combustión y escasa proporción de restos óseos, que cuando aparecen están en conexión anatómica y muestran huellas de carnívoros.

La zona de dispersión de cenizas, está limitada por dos zonas de excavaciones antiguas y parece presentar una forma oblonga más o menos curvada. Constreñida por el gran bloque, la dispersión de manchas de cenizas se mantiene durante casi 40 cm de potencia y llega a englobar 30 cantos fluviales.

La industria lítica consta de 30 piezas incluyendo 1 percutor, 1 núcleo, 1 chunk, 2 chips, 12 hojas y 13 piezas retocadas.

Villaverde (1994: 9 y Villaverde *et alii*, 1997) interpreta esta distribución como el contraste existente entre una zona de ocupación humana, cuyos límites definidos parecen estar relacionados con la existencia de algún tipo de estructura construida, probablemente de forma simple, y una zona externa, cuyos restos deben remontar a las etapas de abandono de la cavidad. Esas distribuciones desiguales de restos óseos y orgánicos, especialmente visibles en los cortes de las excavaciones antiguas en los restos de combustión, caracterizan la distribución espacial del material arqueológico de la cavidad, indicando ocupaciones de continua variación espacial, que con los datos disponibles, se intuye fueron de reducida extensión. La asociación de cantos, hogares y artefactos líticos sugiere que estamos ante un área dedicada a actividades de mantenimiento o de procesado de alimentos.

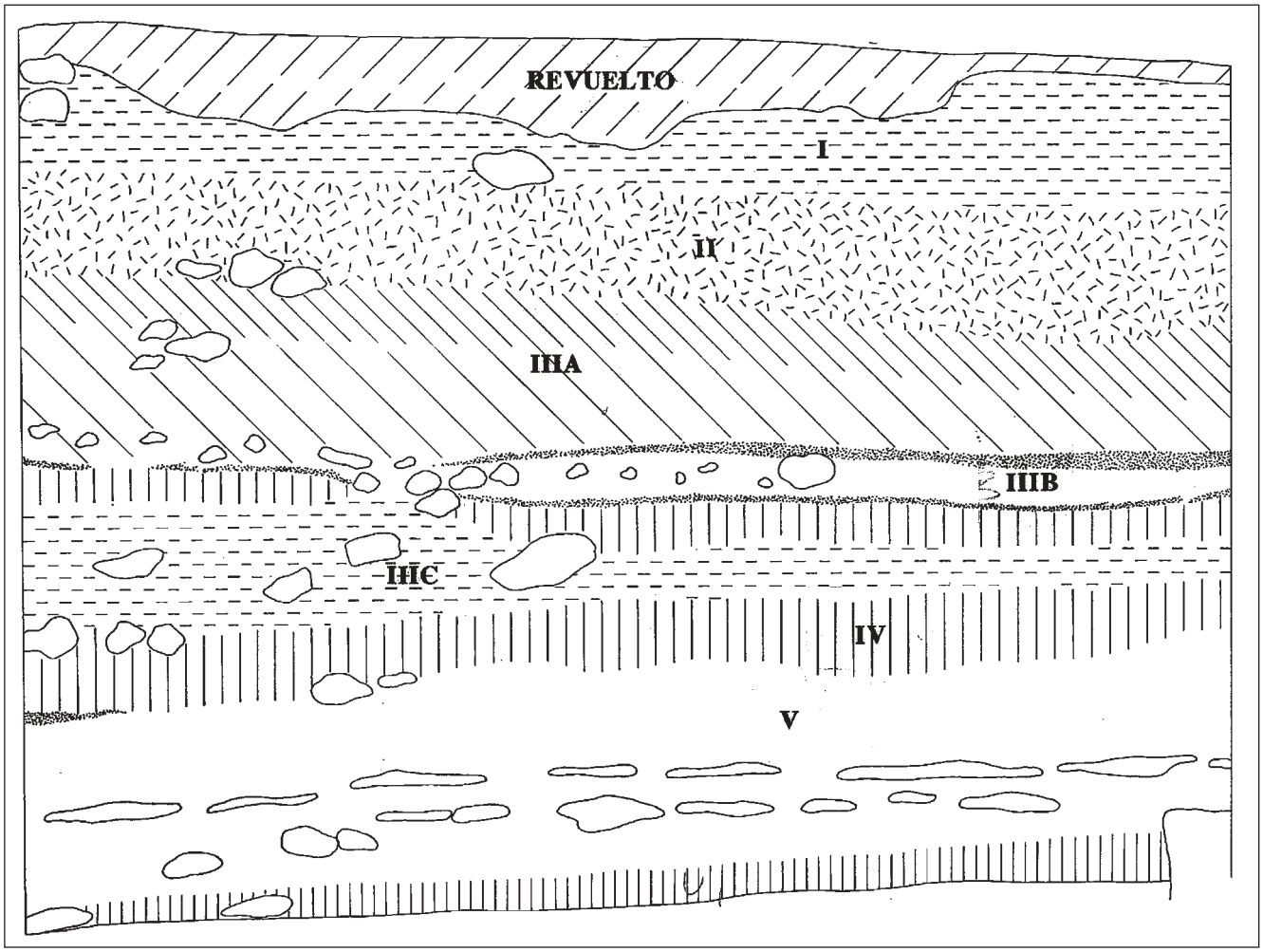


Fig. 2. Estratigrafía del sector Oeste de Cova Negra.

Estos mismos autores interpretan que la correspondencia en el estrato IIIB entre la zona de dispersión con evidencias de uso del fuego, el mencionado gran bloque y la ausencia en esos mismos 12 m^2 de una concentración de restos antrópicos similar en períodos anteriores y posteriores a la presencia del gran bloque, sugiere que la topografía de la cueva en ese momento invita a ocupar esa zona.

De esta manera el nivel IIIB parece ser el resultado de múltiples y separados episodios de ocupación, asociados al consumo de cérvidos, équidos y en menor proporción cápridos. Además, como se infiere de las marcas de las actividades de los carnívoros, esta ocupación alterna con el uso de la cueva por diferentes tipos de carnívoros como el lobo.

Por lo que respecta a la interpretación del nivel IIIB, debemos indicar que, efectivamente, la documentación aportada por la fauna y los síntomas de ocupación que presenta el sedimento, parecen delimitar claramente un área donde la intensidad de huellas antrópicas hace posible pensar en un área de ocupación. Así, los grupos humanos que ocasionalmente usaron la cueva se adaptaron a su cambiante arquitectura, alternando en determinadas zonas su presencia con la de los carnívoros que serían responsables de la introducción de determinados restos faunísticos.

Además de esta interesante zona, aparecen más evidencias de combustión en los cuadros F2 y F3, tras la excavación del estrato III-V donde se da una sucesión irregular que se describe como tierras grisáceas y rubefactas, sobre otras amarillentas. Tras ellas aparecen algunas laminaciones oscuras que constituyen el inicio de otro paquete distinto de color marrón.

En el cuadro H2 se describe la aparición de un hogar, que fue descrito en el momento de la excavación como “una mancha de tierras rubefactas, quemadas, que adquieren la forma de una capa compactada que engloba fracción gruesa pequeña. El diámetro era de unos 40 cm y la forma circular”. En este mismo cuadro y siguiendo la excavación del estrato III-V, aparece una nueva concentración de tierras rubefactas y fracción gruesa también con señales de fuego.

Al iniciar el levantamiento del estrato IV en el cuadro F3, aparece una laminación grisácea con una capa rubefacta subyacente, que se podría corresponder con otro hogar simple, de forma más o menos circular.

Si se analiza el conjunto de resultados del sector Oeste, se observa claramente como las evidencias recuperadas se caracterizan por una cierta homogeneidad estructural. Se trata de restos de sedimento termoalterado (ceniciento o rubefacto), de forma circular y/o subcircular y de un diámetro medio de unos 40 cm, en los casos que se ha podido documentar la forma completa.

La secuencia microestratigráfica, recuperada a través de las descripciones sedimentológicas hechas en el momento de la excavación, se corresponde con un nivel de tierras oscuras y cenicientas, bajo el que se encuentra el sedimento de color rojizo y compacto que es seguido de tierras oscuras que conectan con las del propio nivel de excavación. Experimentalmente hemos comprobado en múltiples ocasiones que esta es la secuencia microestratigráfica que presenta un fuego encendido sobre un suelo sin preparación, una sola vez.

De esta manera, el registro de evidencias de combustión del sector Oeste de Cova Negra, sugiere la existencia de pequeños fuegos simples, sin preparación que van cambiando de posición dentro de la zona de ocupación. En general no se registran restos de fauna o sílex quemados asociados dentro o en los alrededores del hogar, pero este dato no es muy significativo si tenemos en cuenta la escasez general de material que presenta el nivel (lám. 1).

- El sector norte

Este sector se excavó por primera vez en 1989, nunca desde los años 50 en que comenzaran las excavaciones en este yacimiento se había trabajado esta zona de la cueva.

La superficie de excavación abarcaba aproximadamente 4 m^2 y antes de comenzar la excavación, la observación de los cortes sagitales refería una serie de laminaciones negras que se describieron inicialmente como “posibles líneas de hogar”.

En este sector se excavaron cinco estratos, concentrándose las evidencias de combustión entre los estratos II y V.

La documentación de este sector, presenta la particularidad de haber registrado 288 rocas con signos de termoalteración que, en el momento de la excavación, se relacionaron con algún tipo de combustión no estructurada, ya que aparecían entre manchas oscuras en ocasiones con carbones, pero sin definir ninguna forma concreta. Se distribuían en una potencia de 60 cm y aparecían asociadas a escasos restos líticos y de fauna.

Desde el estrato II aparecen en la excavación en extensión, manchas grises y rosáceas que se atribuyeron en un principio al resultado de una intensa ocupación. En este nivel se evidenciaron claros signos de combustión que se manifestaron en la presencia de cenizas compactas, rocas que durante la excavación parecían muy alteradas por el fuego y un sedimento con claros síntomas de rubefacción.

Este conjunto de evidencias, sin formar claramente estructuras de combustión aisladas y bien definidas, se concentraron sistemáticamente en los cuadros G9, G10 e I10. A partir de este estrato y hasta el final de la excavación en este sector, aparecen reiteradamente, diferentes tipos de manchones negros o grisáceos, envolviendo casi siempre una importante cantidad de clastos de diferentes tamaños. La mayor parte de las rocas que se consideraron alteradas se registraron entre los estratos IV y V. El total de rocas recuperadas entre estos dos niveles fue de 224, lo que permite hacerse una idea de su importante representación.

- El estrato IV

La excavación de este nivel se realizó mediante el levantamiento de 5 capas artificiales de diferente potencia. Durante todo el trabajo de levantamiento de tierras se pudieron observar los mismos trazos de combustión en todo el sector que se repetirán en cada una de las capas.

El proceso general que se documenta es el siguiente: sobre una matriz de sedimento gris o rosáceo aparecen concentraciones de rocas y cantos con síntomas de alteración térmica. Estos signos se evidenciaban por la presencia de manchas –rojas y negras– fisuras, fracturas y adherencia de sedimento alterado. Estas agrupaciones de rocas no presentan estructuración en forma de hogar *in situ*. Son laminaciones o lentejones de color oscuro, sin restos de carbón, que se delimitaban bien en el perfil, pero que al excavar en extensión se difuminaban en pequeñas manchas dispersas sin continuidad ni estructuración.

Tanto la industria lítica como los restos de fauna son muy escasos. En el caso de esta última –bien representada en los otros sectores de la excavación– cabría pensar en una conservación diferencial que hubiera afectado especialmente a esta zona.

En este funcionamiento general del estrato IV habría que señalar una excepción. Se trata de unos manchones negros de unos 60 cm de diámetro y 2 cm de potencia, que se documentaron en la capa 3. Este manchón englobaba y se hallaba parcialmente rodeado de rocas alteradas. En el interior de uno de ellos apareció un hueso quemado. Esta es la única evidencia que en excavación se documentó como posible hogar. No se documentaron carbones ni cenizas sueltas, sólo bloques de ceniza muy compacta que en ocasiones se llegaban a confundir con rocas dado su grado de compactación (lám. 2).

Al acabar la capa 3, las señales de combustión localizada desaparecen y tan sólo quedan las habituales manchas de cenizas y rocas con signos de termoalteración (lám. 3).

En la capa 4 se produce la desaparición casi total de los bloques. Los restos óseos quemados y muy fragmentados aumentan un poco.

- El estrato V

Dividido en 4 capas artificiales, esta unidad culmina con la sucesión de laminaciones de aparente origen antrópico. En la capa 2, aparece una potente acumulación de cenizas que engloban rocas rubefactas. El centro de esta acumulación se situaría junto al corte sagital izquierdo. También aquí se quiso reconocer un hogar plano, pero dada su posición esta afirmación sólo puede quedar en hipótesis (lám. 4).

Se debe reseñar que en este nivel ha aumentado el número de restos de fauna, la mayor parte quemada y fracturada, así como de industria lítica que presenta también alteraciones térmicas (lám. 5).

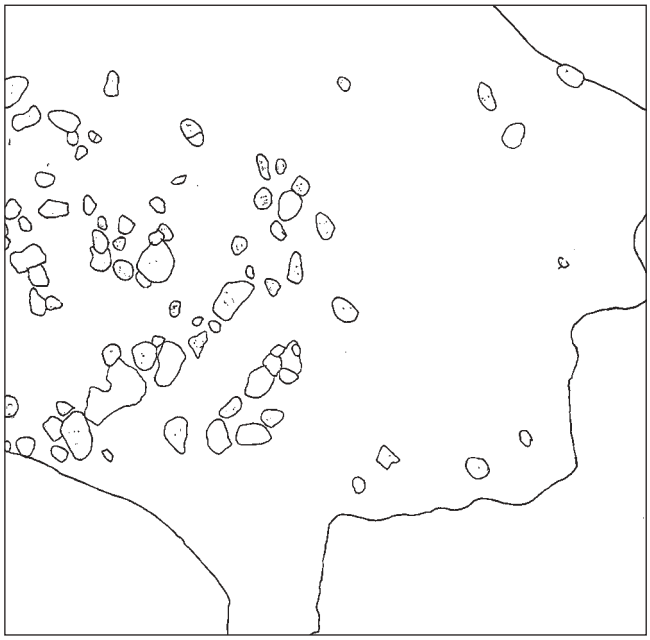


Fig. 3. Cova Negra. Sector Norte. Dispersión en planta de las rocas del estrato IV, capa 1.

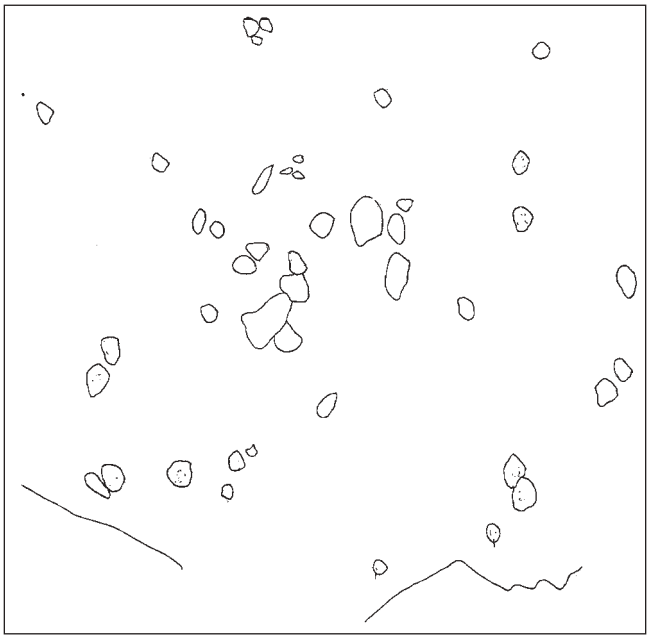


Fig. 4. Cova Negra. Sector Norte. Dispersión en planta de las rocas del estrato IV, capa 2.

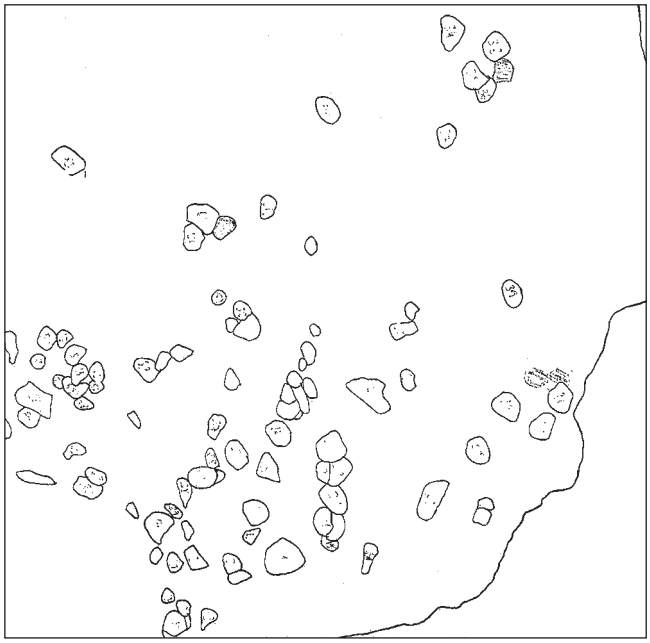


Fig. 5. Cova Negra. Sector Norte. Dispersión en planta de las rocas del estrato IV, capa 3.

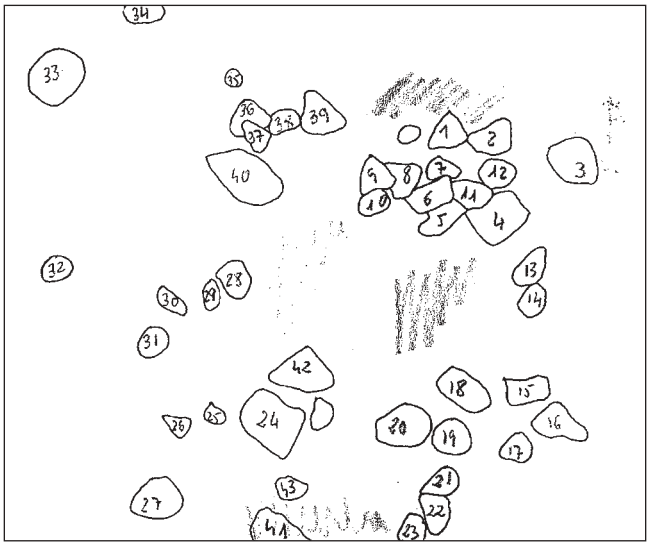


Fig. 6. Cova Negra. Sector Norte. Dispersión en planta de las rocas del estrato IV, capa 3, parcial.

II.1.2.1. Análisis petrológico

El conjunto del material estudiado, se distribuye como hemos visto, entre los estratos IV y V. Se compone de 288 rocas o fragmentos de ellas, donde se observan claramente dos litologías principales.

Una de tipo detrítico arenoso con una tendencia variable a microconglomerática, de matriz arcillo limosa y con un cemento escaso aunque claramente ferruginoso.

La segunda es de naturaleza carbonatada en la que, junto a pétreos calizos micríticos, podrían también encuadrarse algunas rocas más dolomíticas.

Puntualmente, asimismo, se observan, aunque en menor proporción, litologías carbonatadas arenosas.

Se aprecia en general una tonalidad gris oscura –en textura micrítica–. Además se observan manchas rojizas locales, ligeramente púrpuras, propias de concentraciones puntuales de carbonato de manganeso –rodocrosita–, pudiendo establecerse una génesis de edad jurásica.

Este tono rojo de la rodocrosita que hemos definido en las calizas y dolomías, como de tonos “púrpura”, nunca debe confundirse ni con el “rojo ladrillo” de algunas

Fig. 7. Cova Negra. Sector Norte. Dispersión en planta de las rocas del estrato IV, capa 4.

areniscas a causa de la presencia de Fe 3 del cemento, ni con el rojo de la rubefacción causada por el calentamiento, sin distribución uniforme.

En las muestras que presentan síntomas de termoalteración, se aprecia una superficie reseca, fuertemente mate, estando las detríticas pseudo retrabajadas (como cubiertas de polvo apelmazado, compacto y poco duro, claramente no adherido por falta de limpieza) y el resto con una pátina no uniforme en la que se observa una microporosidad relativamente uniforme y variablemente densa.

Otras alteraciones que se observan en este conjunto de rocas y que no se relacionan con el calentamiento son las siguientes:

- La cementación parcial. Ésta no debe confundirse con un proceso natural que se suele desarrollar en cualquier tipo de clastos en un ambiente de circulación de aguas carbonatadas, sino que se produce en cantos ya redondeados que, habiendo podido formar parte de un hogar, son englobados por sedimentos de tamaño limo y, posteriormente, se cementa dicho material envolvente.
- Erosión en "nidos de abeja". Ocasionalmente estos limos, que engloban total o parcialmente algunos clastos, presentan variables concentraciones nodulosas de arcillas sueltas. Posteriormente, cuando el conjunto se ve sometido a procesos de alteración eólica, o incluso por calentamiento, dichos materiales arcillosos tienden a adquirir humedad envolvente junto con variables concentraciones de sal y yesos en ambientes relativamente costeros. Esto da lugar a que dichos núcleos arcillosos, lejos de cementarse y consolidarse, adquieran una mayor propensión a la movilidad, de manera que tanto por causas tanatorias como por posteriores procesos biodiagénicos y/o por manipulación en la fase extractiva arqueológica, el resultado se manifiesta en un aparente desarrollo de microcavidades, pseudoporos en la parte superior detrítico-arenosa, dando una micromorfología de "nido de abejas".
- El dimensionado de esta última alteración, presenta unos valores medios entre 1 y 2 mm de diámetro. Sin embargo, ésta no debemos confundirla visualmente con la textura mate picoteada que presentan las superficies de los clastos encontrados en los yacimientos y que tienen o una pátina superficial englobando todas las caras externas o manchas locales blanquecinas –normalmente de carbonato– en cuyas superficies, cuando la roca ha sido calentada se desarrollan unos microporos entre 0'1 y 0'5 mm. El grado de abundancia de esta microporosidad, produce en ocasiones una sensación organotáctil, casi parecida a la de la superficie de erosión de areniscas de grano fino. Sin embargo, hemos de recordar, que esta textura a la que estamos refiriéndonos, no deviene de una erosión diferencial superficial en una litología detrítica competente, sino tan sólo de la superficie envolvente y no del resto del material englobado.

Hemos observado como se repiten una serie de micropososidades superficiales y nos hemos planteado a qué se pueden deber en los cantos. Después de todo lo analizado, creemos que probablemente las mismas se den con mayor frecuencia en las muestras calentadas que presentan unas determinadas características superficiales. Este factor lo consideramos de gran importancia a la hora de plantear herramientas de trabajo imprescindibles en toda fase de investigación de campo, ya que con ello pretendemos poder llegar a discriminar termoalteraciones en el proceso de registro de excavación

II.1.2.2. Las manchas

Como resultado de la acción del calor, las rocas adquieren coloraciones diferenciales, negras y rojas, que se distribuyen por las diferentes caras de las rocas, aunque se debe tener en cuenta que las rocas también pueden presentar coloración rojiza a causa de su génesis.

En el sector Norte de Cova Negra las rocas presentan en su mayoría esta doble coloración roja, producto bien de su origen y/o de la rubefacción, y negra, resultado de los aportes de materia orgánica en el momento de la combustión (declinando por menor importancia la consideración de minerales negros genésicos del tipo pirolusitas y de otros óxidos metálicos).

Una particularidad que se observa en el registro del sector Norte de Cova Negra, es que las manchas, en muchas de las rocas abarcan la totalidad de su volumen. Se documentan muy escasamente rocas con coloración puntual en una cara o en un extremo. Esto hará que se puedan plantear diversas hipótesis interpretativas.

Por último hemos de señalar que este tipo de muestras, debido a su ubicación específica en un marco geológico

predominantemente carbonatado, manifiestan un muy frecuente desarrollo de manchas blancas, presentando las siguientes características:

- En general, sólo abarcan parte de la superficie del clasto.
- Su dimensión es desde apenas una fina película, a través de la cual se ven los clastos inferiores, a varios milímetros. En este último caso combina su composición con materiales arcillo-limosos.
- En cortes ortogonales a la sección en microscopio a gran aumento, presentan la clara disposición bandeada de los depósitos carbonatados de precipitación química.
- La ubicación espacial de dichos procesos de calcificación no presenta ni un plano previo, ni una ordenación específica, ya que tan sólo se debe a los procesos de circulación en ámbito edáfico de las aguas superficiales.
- Cuando la carbonatación se da en un ámbito de superficie textural microrugoso y el concentrado total precipitante es escaso, no se desarrolla dicha película, sino que en las microdepresiones de dicho relieve y de manera aislada se agrupan los carbonatos en cristales alargados, blanquecinos y claramente observables a simple vista.
- La superficie de carbonatación tiende a ser lisa, siendo tan sólo microporosa si sufre un calentamiento o habiendo cementado materiales limo-arcillosos-arenosos, esta superficie por procesos diagenésicos posteriores se descalcifica.

II.1.2.3. Fracturas y remontaje

Se intentó de una manera sistemática el proceso de remontaje de las rocas, siendo el resultado siempre negativo. Ninguna de las 288 rocas remonta con otra. Este dato es muy importante si además se analiza la tipometría de las piezas.

El 60% de las rocas poseen un tamaño medio entre los 3 y 7 cm en su lado más ancho y sólo 18 son bloques (mayores de 10 cm), teniendo en cuenta además que hay 25 cantos rodados. Estos datos complican más si cabe la interpretación de estas rocas.

Todos los cantos poseen características que definen termoalteración. Petrológicamente son de componentes calizos, calizo-dolomíticos, areniscas y microconglomerados, no presentando alteración post-genésica.

Las fracturas completas son escasas y en su mayor parte se produjeron al extraer las rocas durante el proceso de excavación. Más adelante abordaremos el problema de la fracturación de las rocas. La mayoría de estos pétreos presentan importantes fisuras que atraviesan la muestra, la dividen en varios fragmentos, pero no llegan a desgajarla. Estas fisuras deben ser resultado de cambios bruscos de temperatura por el denominado choque térmico (el desarrollo de este concepto se contempla en los capítulos siguientes) ya que este nivel se relaciona con un momento frío, donde los planos de debilidad de las rocas acentuados por el calentamiento, se verán afectados por procesos de gelifracción.

II.1.2.4. Interpretación

Debemos señalar que nos encontramos ante un registro de gran interés por la particularidad que presenta, frente a casuísticas más conocidas, ya que no se ajusta a los modelos de estructura de combustión frecuentes en esta cronología, ni para momentos más recientes.

El estudio de sus particularidades nos ha sugerido varias hipótesis interpretativas que, evidentemente, habrá que seguir desarrollando.

La primera consideración evidenciada, tras los estudios realizados en este proyecto, dada la tipometría del material documentado y la falta de remontajes que pudieran demostrar esta premisa, es que en el sector Norte de Cova Negra no se utilizaron grandes bloques que pudieran formar parte de un borde de hogar. A pesar de que algunos de pequeño tamaño pudieran haber sido utilizados para este fin, no lo creemos probable.

En segundo lugar, es asimismo evidente que el 90% de las rocas presentan alteraciones térmicas y eso nos hace a su vez plantear las siguientes propuestas:

1. ¿Cabe la posibilidad de que buena parte de las pequeñas rocas formaran parte de la matriz sedimentaria y se alteraran al igual que ella al encender fuego encima?. Esto se debería comprobar en el estudio sedimentológico de la fracción gruesa del nivel, pero a la vista del registro en el momento de la excavación es evidente que esta explicación es inviable.

2. Se podría considerar que las rocas estuvieron recibiendo la acción del calor durante toda la combustión, quizá en más de una ocasión, y que incluso pudieron ser removidas dentro del fuego. Pero esta afirmación se relacionaría con un alto grado de alteración térmica que se hubiese reflejado más claramente en el suelo. Este criterio es difícilmente contrastable con la realidad observada durante la meticulosa fase de excavación.

3. La hipótesis interpretativa que creemos debe ser confirmada, es la de que las rocas se calentaran y enfriaran de una manera sistemática reiterativa, debido a la realización de actividades concretas que en algún caso se podrían precisar.

Un ejemplo válido de esta actividad, sería el uso de estas rocas para calentar agua. Esta hipótesis viene avalada por la elevada proporción de cantos, aportados de manera intencional desde el río que se encuentra en la zona, y de rocas calizas compactas de tamaño pequeño. Cantos que, como hemos visto, también son aportados al sector oeste de la cueva.

A este planteamiento se pueden hacer diversas objeciones, como que las areniscas y los conglomerados no son muy aptos para este fin ya que pierden parte de sus componentes finos al entrar en contacto con el agua. Pero también cabe pensar que la mayor parte de ellas corresponden a los escasos bloques presentes en el registro, y que pudieron ser usados tan sólo como borde de las estructuras en sucesivas ocasiones.

Dentro de este mismo planteamiento, se podría pensar en el uso de las rocas para actividades no relacionadas directamente con la subsistencia, por ejemplo como calentadores que pudieran ser introducidos o agrupados en el espacio de ocupación, lo que supondría el mantenimiento de fuegos en

el área externa a la zona de hábitat. Siguiendo en la línea de la subsistencia, se podrían interpretar como elementos de cocción indirecta, para estofar o cocer en estufa, tal y como se realiza en el denominado horno polinesio (Orliac, 1989) o en la Pachamanca de Perú (Julien, 1985), donde los alimentos son enterrados entre las piedras calientes y se cocinan indirectamente.

4. Otra posible interpretación es que la zona fuera utilizada durante un tiempo de la ocupación como área preferente para la instalación de fuegos, y que fueron cambiando de ubicación sucesivamente, siempre en ese reducido espacio, razón por la que no habríamos podido documentar el perfil de ninguno de ellos. Pero eso hubiera implicado una gran alteración térmica en el sedimento de base, cosa que no ocurre.

5. Si el suelo no se encuentra termoalterado de la forma en que lo hace cuando se enciende fuego directamente sobre él y si además las manchas en el suelo son dispersas, en ocasiones más grises, en otras más negras y algunas rojizas, cabe la posibilidad de que las piedras fueran calentadas en fuegos que se encendieron en otra parte de la cueva, quizá alguno allí, como lo marcan esos dos posible hogares que se señalaron durante la excavación de este sector. Esto supondría un uso particular de este sector, en el que recordemos las evidencias líticas y óseas son también escasas.

La falta de dimensión excavada y la imposibilidad de interpretar el espacio, limita la contrastación de estas posibilidades. La investigación debería continuar profundizando en nuevos estudios sedimentológicos, experimentales y petrológicos que ayuden a establecer más criterios interpretativos, pero de cualquier forma la interpretación de esta dispersión de rocas hasta el presente queda abierta a la discusión.

II.2. EL ABRIC DE LA RATLLA DEL BUBO (CREVILLENT, ALACANT)

II.2.1. Situación y actualización de los trabajos

El Abric de la Ratlla del Bubo tiene una extensión aproximada de 25 m^2 y se encuentra situado en la vertiente sudeste de la Serra de Crevillent (Alacant) que culmina a 822 metros sobre el nivel del mar. El yacimiento se sitúa a unos 400 metros de altura sobre el nivel del mar, en la margen derecha del Barranc de la Rambla, muy próximo a su cabecera, a unos 35 metros sobre el cauce actual.

Geológicamente el yacimiento se ubica en un amplio afloramiento de calizas de edad Jurásica, marinas, fosilíferas y estructuralmente rejugadas por empujes tectónicos y halocinéticos del Triásico infrayacente.

No se observan ni en campo ni en laboratorio, indicios para preestablecer que las muestras hayan sido influidas por cualquier tipo de metamorfismo térmico. (Mapa geológico de España Escala 1:50.000 nº C 893. Elche).

Fig. 8. Abric de la Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante).

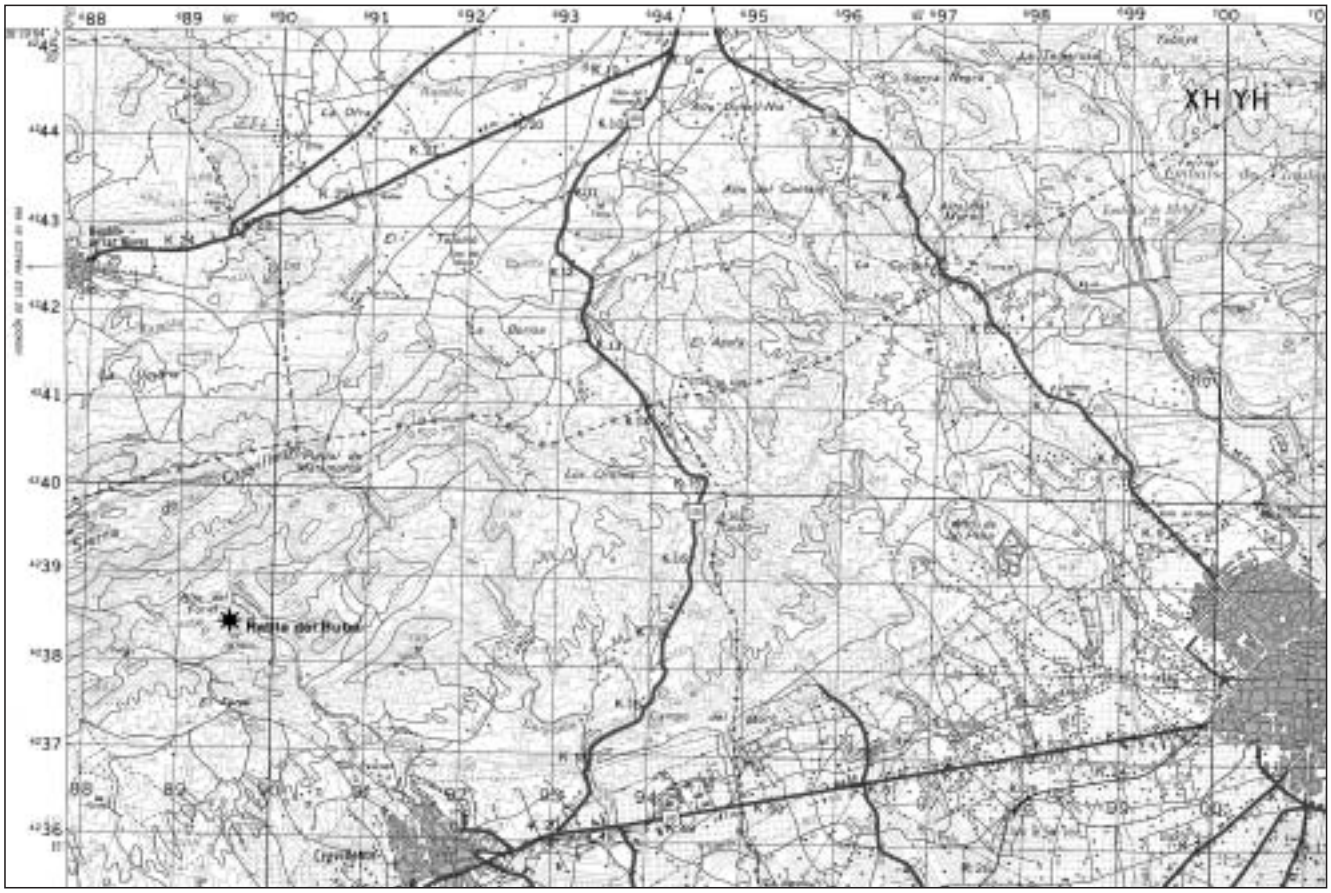


Fig. 9. Mapa de localización del Abric de la Ratlla del Bubo.

II.2.2. Cronoestratigrafía

Este asentamiento ha sido objeto de excavaciones sistemáticas desde el año 1984, primero bajo la dirección de G. Iturbe y J. Román, como excavación de urgencia, y desde 1986, como excavación ordinaria por V. Villaverde y J.E. Aura. La última campaña se llevó a cabo en 1991.

La secuencia cronológica descrita por los excavadores para este asentamiento, en base a la clasificación tipológica del material lítico y óseo, abarca gran parte del Paleolítico Superior: auriñaciense evolucionado, gravetiense, solutrense y solútreo-gravetiense, faltando por completo el registro correspondiente a los momentos finales del Paleolítico Superior. Dado que la mayor alteración sufrida por los niveles, a consecuencia de las excavaciones clandestinas, afectarán justo los paquetes entre el solútreo-gravetiense y el gravetiense, la información correspondiente a los momentos iniciales del solutrense será la más afectada.

El solútreo-gravetiense ha sido, por tanto, el único momento que se ha podido documentar hasta el momento mediante excavación en extensión, ya que los otros niveles se refieren a informaciones obtenidas a partir del sondeo inicial. Este nivel pudo ser datado en 17.360 +- 180 B.P. (Ly. 5219) mediante C-14 proveniente de los carbones del hogar del nivel II.

La industria lítica

En el estudio inicial de las campañas de 1986-1991, destaca la escasez de material lítico y viene caracterizado en la capa 1 de este nivel por la presencia de 3 núcleos: informe, unipolar y bipolar. Los soportes lo componen 72 lascas, 5 hojas y 26 hojitas, mientras que el material retocado está caracterizado por:

4 hojitas de dorso
1 hojita de finos retoques
1 hojita con truncadura
1 denticulado
1 punta de dorso
1 punta escotada
1 buril diedro
3 piezas con muesca
2 denticulados

En cuanto a la distribución de estos restos en la extensión trabajada hasta la campaña de 1990, permite establecer que el máximo de acumulación tanto de material óseo como lítico se sitúa en la banda de los cuadros 2 y 3 y hacia el interior del abrigo, dándose también en esos cuadros mayor abundancia de tierras cenicientas y piedras con huellas de rubefacción (Soler *et alii*, 1991).

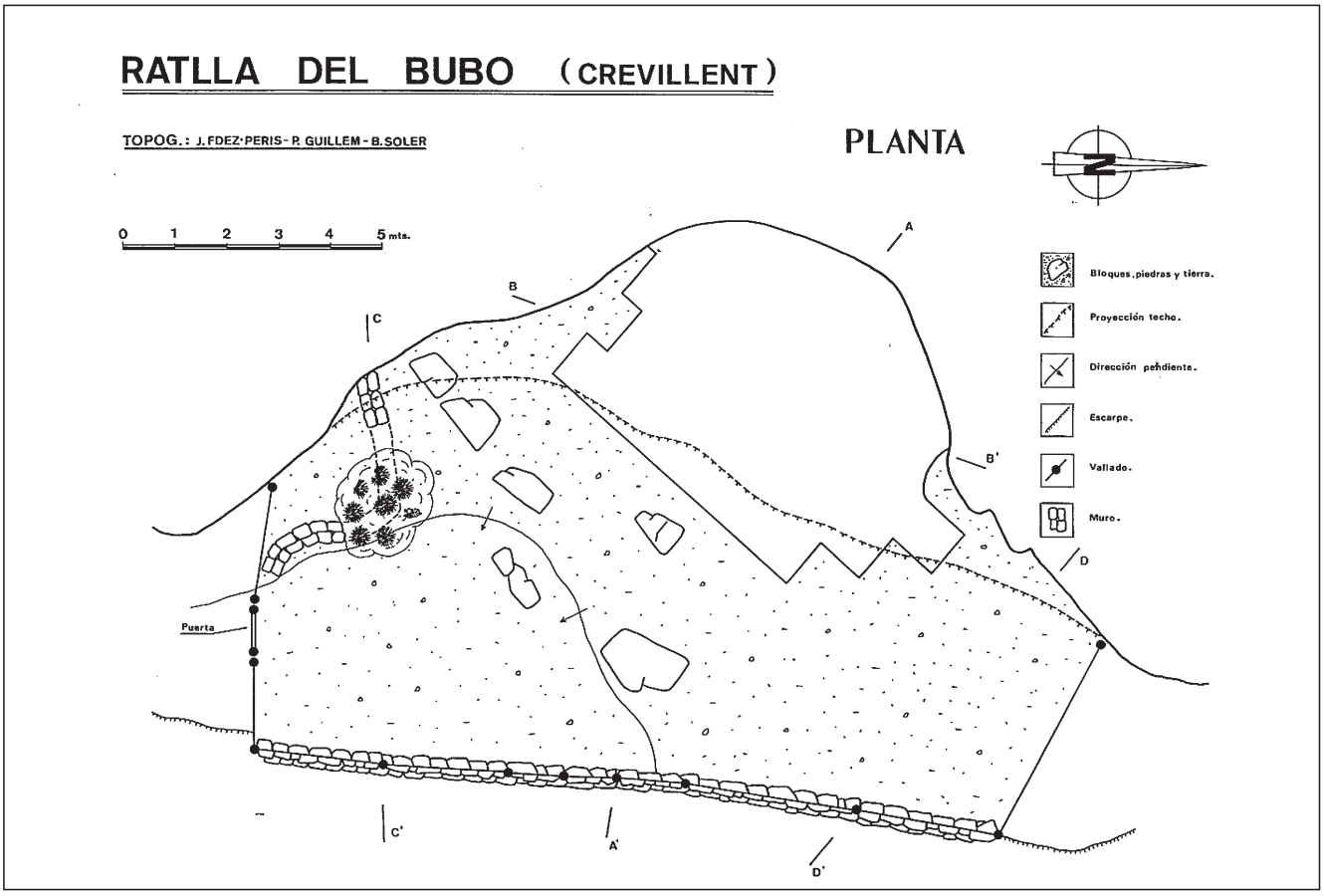


Fig. 10. Planta general del Abric de la Ratlla del Bubo, con indicación de la línea de visera y zona donde se ha desarrollado la excavación.

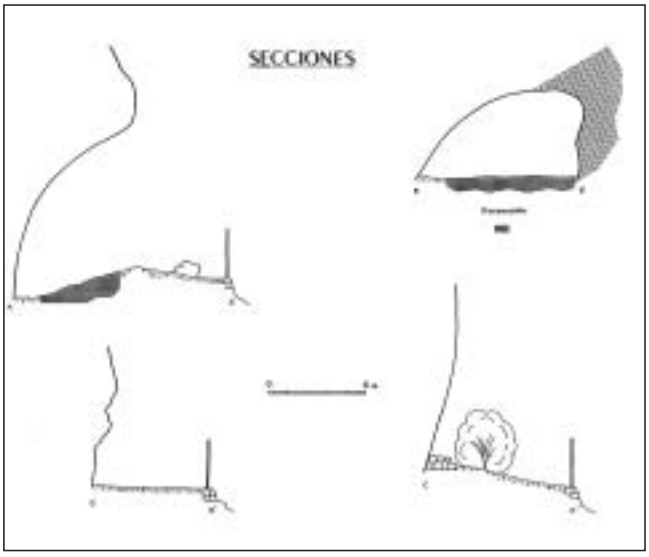


Fig. 11. Secciones del Abric de la Ratlla del Bubo.

Rasgos sedimentológicos

Por lo que se refiere a la secuencia estratigráfica hemos de remitirnos al estudio preliminar realizado por P. Fumanal. Se han muestreado dos cortes sagitales en los cinco niveles arqueológicos establecidos, citándose probables restos de combustión en los siguientes niveles:

PERFIL SAGITAL IZQUIERDO

- nivel V: no puede apreciarse su potencia, pero la base se sitúa a -1,31 m del nivel 0 de la excavación. Aquí se encuentra un nivel oscuro de hogar que ya no se muestrea.
- nivel II: a -1,05 m del nivel 0. Está formado por abundantes cantos en forma de plaquetas de pequeño tamaño, sin matriz fina, que presentan un color rojizo y/o blancuzco y cierta alteración superficial. Una línea oscura, (¿hogar?) se intercala hacia la base del nivel.

PERFIL SAGITAL DERECHO

- nivel II: La base está a -1,32 m del nivel 0. Estructura masiva y coloración ligeramente oscura, probablemente debido a aportes antrópicos.

II.2.3. Características del medio

Las actuales condiciones bioclimáticas de la zona son: temperatura anual de 17ºC a 19ºC; la media de las mínimas del mes más frío está comprendida entre 4ºC y 10°C; la media de las máximas del mes más frío se sitúa entre 14ºC y 18ºC; el índice de termicidad está entre 250 y 470. (Badal, 1991).

Según esta autora establece en 1992, la Ratlla del Bubo se encuentra emplazado en la superprovincia biogeográfica Mediterráneo-Iberolevantina. Provincia Murciano-Almeriense, sector Alicantino. Respecto al nivel bioclimático, el yacimiento está situado en el piso mesomediterráneo inferior en su límite con el termomediterráneo superior, siendo el ombroclima semiárido.

La vegetación en este paraje hacia el 17.000 BP probablemente se desarrolló bajo unos parámetros termoclimáticos de tipo supra o mesomediterráneos, sobre todo en la base de la secuencia donde las frecuencias de *Pinus nigra* son mayores y las especies termófilas tienen exigua representación. Por lo que se refiere al ombroclima, esta flora induce a pensar que sería seco o semiárido, si bien en el nivel I los fresnos pueden indicar mayor humedad que en el resto de la secuencia.

Análisis antracológico y paleobotánico

El examen antracológico realizado (Badal 1990), se basa en el estudio anatómico del carbón recogido tanto en el interior del hogar como en el resto de la superficie del estrato II capa 1. El análisis de los carbones dispersos en este nivel muestra una lista floral de 12 taxones, con características áridas en general. La curva taxonómica del hogar es monoespecífica, lo cual significa que los 55 carbones pertenecen al género *Juniperus* sp. (enebro, sabina), aunque anatómicamente no se ha podido distinguir a que especie pertenecen. En este caso la riqueza floral de los carbones dispersos es claramente mayor que la del hogar ya que incluso con 55 carbones analizados ya aparecen 7 taxones.

La formación vegetal evidenciada en los carbones dispersos está dominada por *Juniperus* que alcanza un porcentaje del 64,77% y junto a ellos en menor proporción están el *Pinus nigra* (Pino negral), especies estépicas como el belcho y las leguminosas, especies termófilas como el acebuche, cornicabra y lentisco. También se ha podido determinar fresno, higuera, espino negro o aladierno y varias especies indeterminadas.

Marco Medioambiental

A partir de todo lo anterior, se define el paisaje de la zona como un bosque más o menos abierto, de tipo estépico, en el cual los árboles son escasos. Está dominado por enebros y/o sabinas y pinos negrales. En el estrato arbustivo se encontrarían *Rhamus, Ephedra, Leguminosae*. En las zonas más resguardadas crecen las especies termófilas como *Olea europea* var. *sylvestris, Pistacia lentiscus* y *Ficus carica*. Se han encontrado pocos elementos que nos indiquen humedad, solamente el fresno que aparece esporádicamente.

II.2.4. La Fauna

Si este asentamiento presenta, en general, escasez de items, los restos óseos documentados a lo largo de la excavación son muy escasos y su conservación es bastante deficiente en la mayor parte de los casos, lo que da un número importante de restos indeterminados, 190 frente a los 39 identificados.

Como se puede ver en los cuadros 4 y 5, en el nivel en el que se encuentra la estructura de combustión la mayor parte de los restos documentados e identificados son de conejo en un total de 27, siendo 3 el número mínimo de individuos (nmi). En cuanto a los macromamíferos la familia mejor representada es la de los *Caprinae*, con una total de 9 restos que supone un nmi de 3.

Tanto la cantidad como la calidad del material impide ningún tipo de interpretación en relación con el área de combustión.

II.2.5. Las evidencias de combustión

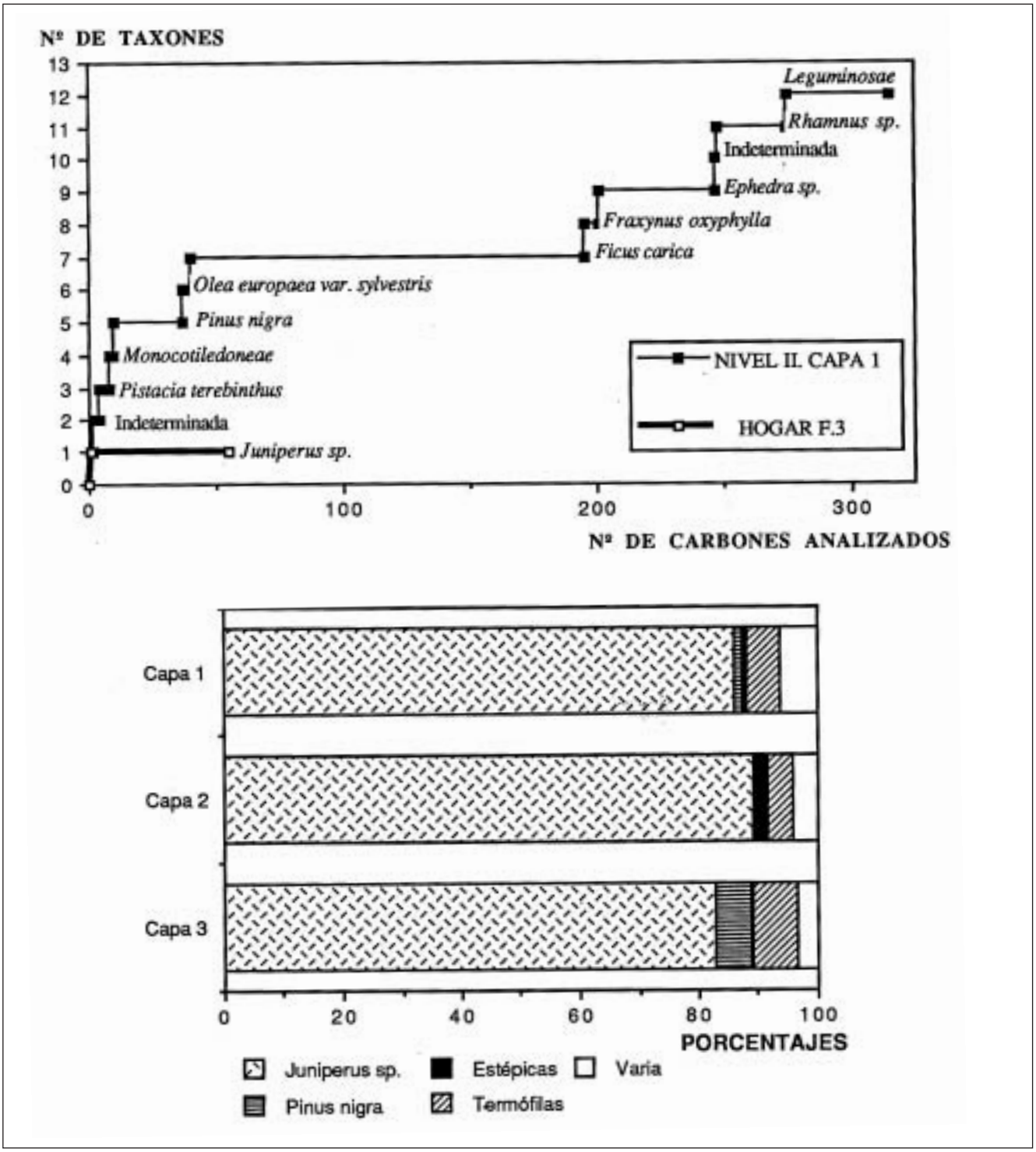
En este asentamiento encontramos una información muy diversificada y al tiempo poco contrastada debido a las dificultades acaecidas durante el proceso de excavación. Valorando las posibilidades que ofrecía la documentación de este sitio, decidimos incluir sus datos de dos maneras distintas. Por una parte el conjunto que este asentamiento ha proporcionado a lo largo de cuatro campañas de excavación ordinarias y, por otra, realizando el estudio pormenorizado del hogar del nivel II, al que hemos podido aplicar la sistemática operativa definida en el capítulo experimental.

Es muy importante remarcar que la información proporcionada por este asentamiento debe valorarse teniendo en cuenta, por una lado la escasez de restos de combustión documentados en excavación en los yacimientos del Paleolítico superior mediterráneo peninsular (Fullola *et alii*, 1991; Mora *et alii*, 1993; LAUT, 1992) y por otro lado, las particulares condiciones de ocupación que en un pequeño abrigo se pueden presentar, ayudando el estudio de su secuencia a conocer rasgos del comportamiento de pequeños grupos humanos, en asentamientos que revelan cortas, pero reiteradas ocupaciones.

- Los primeros indicios

En 1984 se efectuó una primera campaña de urgencia, en la que se llevó a cabo la realización de la topografía y el cerramiento del abrigo, al tiempo que se perfiló el corte del agujero dejado por los excavadores clandestinos. Esto fue aprovechado (Iturbe y Cortell, 1992: 133) para llevar a cabo un sondeo importante de aproximadamente 3 metros de profundidad.

El yacimiento sufrió diversas agresiones, lo cual supuso algunas limitaciones al trabajo de investigación, debido a que se perdió parte de la información correspondiente al nivel donde se encontró la estructura de combustión que estudiamos y porque se limitó asimismo, la posibilidad de cotejar la existencia de diferentes tipos de áreas de combustión en un mismo nivel de ocupación. Esta posibilidad había sido sugerida por el hecho de que aparecieran lentejones oscuros, en la banda de cuadros más cercana a la pared y



Cuadro 3. Arriba, curva taxonómica del estrato II capa 1 y detalle del hogar.
Abajo, porcentajes por capas de los grupos taxonómicos del estrato II (Soler *et alii,* 1991).

	Estrato I										Estrato II	
	Capas 1-2		Capa 3		Capa 4		Capa 5		Total		Capa 1	
	nr	nmi	nr	nmi	nr	nmi	nr	nmi	nr	nmi	nr	nmi
Capra pyrenaica							5	2	5	2	2	1
Caprinae					13	1	2	1	15	2	7	2
Bovinae					1	1			1	1		
Equus sp.											1	1
Cervus elaphus							1	1	1	1		
Felis / Lynx											1	1
Orictolagus cunic.	9	2	5	1	26	2	33	3	73	8	27	3
Aves											1	1

1. Ratlla del Bubo. Número de restos identificados y número mínimo de individuos que representan.

Profundidad

	0,25 - 0,50		0,50 - 0,75		0,75 - 100	
	nr	nmi	nr	nmi	nr	nmi
Capra pyrenaica	1	1	2	1	4	1
Caprinae	3	1	10	2	5	1
Bovinae						
Equus caballus	1	1	1	1	1	1
Cervus elaphus						
Total	5		13		10	
Felis / Lynx						
Orictolagus cunic.	38	4	50	4	54	3
Aves	1	1				
Total	39		50		54	

2. Ratlla del Bubo. Número de restos identificados y número mínimo de individuos que representan. Campaña 1983.

Cuadro 4. Evidencias de fauna (Martínez Valle).

	Estrato I										Estrato II	
	Capas 1-2		Capa 3		Capa 4		Capa 5		Total		Capa 2	
	>3	<3	>3	<3	>3	<3	>3	<3	>3	<3	>3	<3
Macromamíferos	1		2		3	1	8	2	14	3		
Mesomamíferos		23	4	40	13	98	7	52	24	213	11	179
Total	1	23	6	40	16	99	15	54	38	216	11	179

	0,25 - 0,50		0,50 - 0,75		0,75 - 100	
	>3	<3	>3	<3	>3	<3
Macromamíferos				3		
Mesomamíferos	6	60		52	7	76
Total	6	60		55	7	76

3. Ratlla del Bubo. Relación de restos no identificados especificamente con indicación del tamaño de los fragmentos (cm).

Cuadro 5. Evidencias de fauna (Martínez Valle).

rocas con señales que en excavación se describen como "rubefacción".

Así mismo la información registrada en el sondeo realizado en la primera excavación de urgencia, proporcionó datos sobre la alteración térmica que se observaba en el material lítico, al tiempo que se documentó la presencia frecuente de hogares:

"La alteración térmica de las piezas es muy abundante, ya que la presencia de hogares es casi constante a lo largo de una secuencia de múltiples colores y finos niveles sin apenas fracción gruesa... A una altura media de 288 localizamos un hogar formado por bloques de yeso en su mayor parte" (Iturbe y Cortell, 1992: 135) (fig. 12).

Esta información es muy valiosa ya que proporciona una idea de la intensidad de ocupación que pudo tener este asentamiento en determinados momentos, aunque no haya sido posible recuperar los bloques que conformaban esta estructura ni, por ende, verificar su clasificación petrológica, lo que hubiera ayudado a establecer criterios de interpretación más objetivos.

- Excavaciones ordinarias: Estratos I y II

El registro de los primeros niveles de la excavación en extensión, proporcionó unos datos interesantes en cuanto a la presencia de restos de combustión y su diversificación, aunque por las características de la excavación este registro no permite una información completa.

Ya en la base del Estrato I es señalada la presencia de una serie de bloques con señales de fuego que en algunos casos sugieren una disposición en forma de hogares.

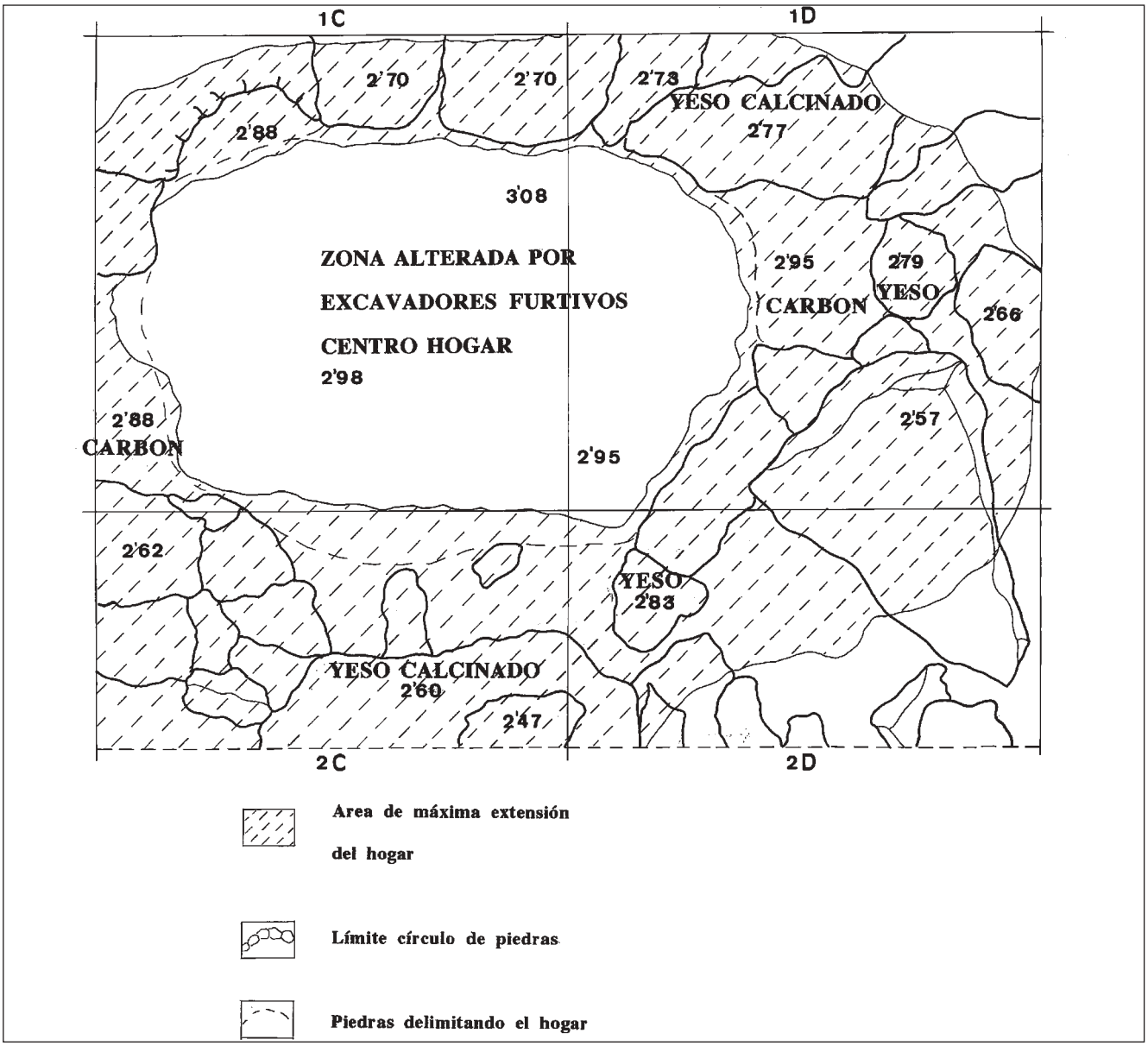


Fig. 12. Hogar del sondeo 1984. Según Iturbe y Cortell 1992. Modificado.

Coincidiendo con un cambio sedimentario que viene dado por la aparición de un paquete de estructura laminada, con líneas de cenizas, se inicia el estrato II. La potencia de este paquete sedimentario es de 10-15 cm. Esta primera descripción del paquete ya se relaciona con la estructura de combustión que se excavará en la capa 1 y que afectará buena parte de este nivel. Se describió en el momento de la excavación como un hogar con borde de rocas, abierto hacia el interior del abrigo (lám. 13). Esta estructura se estudia detalladamente en el capítulo 6.

Además de la estructura de combustión, existen otras evidencias de combustión repartidas por la superficie de ocupación. En el cuadro B 2 se da una importante concentración de carbones, especialmente en el subcuadro 6 y en torno a un gran bloque visible en el corte sagital izquierdo. Este gran bloque parece servir de límite de la mancha de carbón. Los fragmentos del bloque aparecen muy cuarteados, con coloración rojiza propia de rubefacción (lám. 6). En planta la mancha de tierras grises y carbones es subcircular, apoyándose en el bloque.

También en el cuadro D4 se describe la aparición de un manchón grisáceo, de estructura subcircular y otro en la zona de contacto con C4.

- Estratos III - IV

En los cuadros G 3 y G 2 se describe una estructura de combustión que parece reposar en el estrato IV. En un principio se describió como una estructura circular, con un relleno de bloques en su interior que no llegan a delimitar, por su posición, una forma concreta. Los restos de combustión parecen claros: carbones y pequeñas rocas alteradas térmicamente (lám. 7).

Antes de proceder a su excavación las dimensiones eran de 44 cm de frontal y 72 de sagital, afectando los cuadros G2, F2. Su aspecto es el de una acumulación de tierras grisáceas con carbones y bloques pequeños cuarteados y alterados. Los carbones parecen concentrarse en la zona de contacto G2 - G3.

Toda esta zona de tierras grises con carbones está envuelta de tierras de color rojizo que deben corresponder al estrato IV 1 de la excavación.

Primero se levantan las tierras rojas que rodean las grises con carbones. Al levantar estas tierras rojas se observa que la delimitación de las tierras grises no es tan clara como parecía.

En la base de estas tierras grises se van identificando unas tierras más compactas, que no se presentan uniformemente, con una coloración marrón oscura y al tiempo blanquecina pulverulenta al ser rascada que se podrá relacionar con restos de carbonatación. En el área de las tierras grises aparecen carbones, huesos quemados y 5 restos de sílex alterados por fuego.

Aparece una nueva mancha de color gris, quizá continuación de la anterior hacia los cuadros F2 y F3. Estas tierras están sueltas, presentan carbones y menos fracción que las anteriores.

Debajo de estas tierras grises que aparecen mezcladas con otras más oscuras aparecen ahora tierras rojas que se relacionarían más claramente con una combustión.

La acumulación de restos de combustión no ofrecía elementos como para definir y reconocer adecuadamente la forma y disposición de esta estructura en el propio estrato.

Los cambios de coloración así como algunos elementos como las piedras verticales registradas a lo largo de los levantamientos, permiten pensar que lo excavado podría tratarse más que de una estructura de combustión, de una limpieza o de un fuego desmantelado por procesos sedimentarios.

A lo largo de la excavación de IV 1 y IV 2 e inicio del IV 3, las áreas con restos de combustión se han ido modificando en silueta y en tamaño, sin llegar a desaparecer por completo, pero sin llegar a definir uniformemente áreas o zonas con signos de alteración térmica evidentes y claros. Esto nos informa del estado de conservación del posible hogar y de su naturaleza.

II.2.6. Interpretación

La documentación que ha proporcionado este asentamiento permite realizar una aproximación relativa a una parte de la realidad de la ocupación del yacimiento.

Nos encontramos ante un cúmulo de pequeñas informaciones parciales, que presentan datos importantes para la comprensión de cómo pudo desarrollarse la vida de los cazadores-recolectores en la Sierra de Crevillent hace 17.000 años. Aunque no se pueda hacer una evaluación del funcionamiento global del asentamiento para este nivel, es posible determinar comportamientos aislados.

- La primera cuestión que llama la atención es la cantidad de evidencias relacionadas con el fuego que ha proporcionado este asentamiento de tan sólo 25 m^2. Estas evidencias explican una parte de la realidad que se puede inferir. En todos los casos se trata de restos que han supuesto una mínima elaboración. En el caso del hogar colocar el borde de piedras. En cuanto al gran bloque con síntomas de alteración térmica, parece que el fuego se colocó directamente sobre él, por lo que no hay preparación alguna. En cuanto al resto de evidencias dispersas, estarían denotando el uso de fuegos simples instalados directamente sobre el suelo.
- En segundo lugar, el que para un mismo nivel de ocupación (estrato II capa 1) se documenten tres formas distintas de estructurar un fuego: directamente sobre el suelo (estructura de G2 - G3), sobre un gran bloque (B2 II1A) y en forma de hogar con borde de piedras.

Hasta qué punto estas tres evidencias pudieron funcionar a la vez es difícil de determinar, pero en todo caso suponen tres casuísticas de combustión que reflejan distintos comportamientos. El hecho de no conocer el contexto exacto en el que se ubican impide ir más allá en su concreta interpretación.

En cualquier caso, en el capítulo 6 dedicado al análisis de la estructura de combustión del nivel II, valoraremos los aspectos que se relacionan directamente con las temperaturas alcanzadas, el posible modo de funcionamiento y sus reutilizaciones.

II.3. MAROLLES-SUR-SEINE (SEINE-ET-MARNE, FRANCIA)

Yacimiento que forma parte de un conjunto "Le Grand Canton" y "Tureau des Gardes" en Marolles-sur-Seine (Francia), de adscripción magdaleniense, situado al aire libre en la llanura aluvial del Sena, con una extensión aproximada de 1.500 m^2. (Julien y Rieu, 1999).

Tecnológica y tipológicamente estos yacimientos se integran en el conjunto regional del Tardiglaciar, indicando un gran parentesco con los yacimientos clásicos de la zona. La topografía y la abundancia de restos óseos hacen pensar que son yacimientos especializados en la caza del caballo.

Le Grand Canton fue excavado en régimen de urgencia debido al trazado de una autopista. La metodología de excavación, no obstante, fue prácticamente la de una excavación ordinaria, realizándose el registro tridimensional con situación en planta de todos los restos.

Las dataciones de radiocarbono le otorgan una cronología de 12.500 B.P. y tanto la fauna como el material lítico le otorgan una adscripción magdaleniense superior.

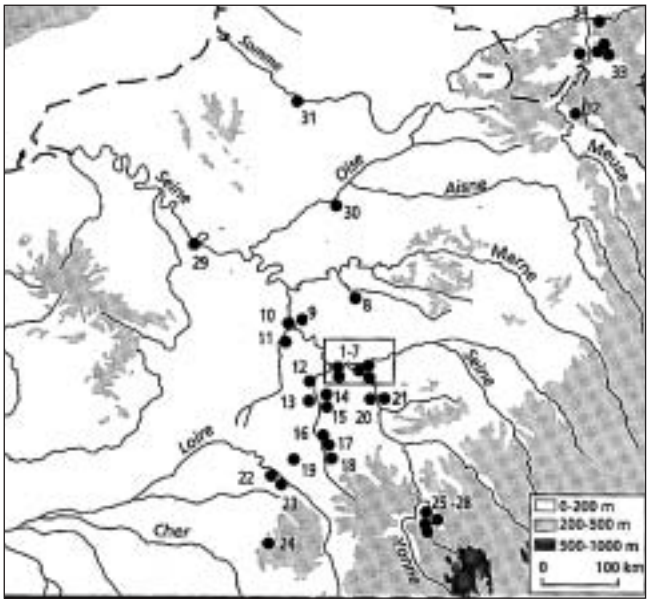


Fig. 13. Plano de situación de Marolles y de los principales yacimientos Tardiglaciares del Valle de París (Julien et Rieu, 1999). 1. La Grande-Paroisse/Pincevent; 2. Ville-Saint-Jacques/Le Tilloy; 3. Varennes-sur-Seine/Le Marais du Pont; 4. Marolles-sur-Seine/Le Tureau des Gardes; 5. Marolles-sur-Seine/Le Grand Canton; 6. Marolles-sur-Seine/Le Chemin de Sens; 7. Barbey/Le Chemin de Montereau; 8. Lumigny; 9. Étiolles/Les Coudrays; 10. Corbeille/Les Tarterêts; 11. Ballancourt-sur-Essonne; 12. Villiers-sur-Grez/La Vignettte; 13. Chaintréauville/Le Rocher; 14. Nemours/Les Gros Monts; 15. Nemours/Le Beauregard; 16. Fontenay-sur-Loing-La Maison Blanche; 17. Cepoy/La Pierre aux Fées; 18. Chàlettte; 19. Les Choux/La Jouanne; 20.Marsangy/Le Pré des Forges; 21. Villeneuve-sur-Yonne/Le Bois de l'Hotel Dieu; 22. Poilly-les-Gien/Les Couches Boeufs; 23. Saint-Brisson-sur-Ocre/Mancy; 24. Saint-Palais/Le Laitier Pitié; 25. Arcy-sur-Cure/Le Lagopède; 26. Arcy-sut-Cure/Le Trilobite; 27. Arcy-sut-Cure/Les Feés; 28. Saint-Moré/La Marmotte; 29. Bonnièrs-sur-Seine/La Côte Masset; 30. Verberie/Le Buisson Campin; 31.Belloy-sur-Somme; 32. Roc-la-Tour; 33. Chaleaus; 34. Goyet.

II.3.1. Estratigrafía

El estudio estratigráfico del yacimiento ha mostrado que el sustrato del Campaniense ha sido levantado hasta 51 m debido a fenómenos de geliturbación, a través de la capa aluvial del río Yonne. Este último está representado por los depósitos más o menos gruesos que van siendo más finos cuanto más arriba de la capa se encuentran. El hielo ha constituido una topografía local en pequeños montículos y cubetas que han sido afectadas en parte en una primera fase erosiva.

Una primera capa de depósitos limo-arenosos amarillos invade el sector. Sobre los bordes de las cubetas se desarrolla un suelo gris y allí se instalan los primeros magdalenienses. Una segunda fase erosiva ha roto estos depósitos, conservando las estructuras en cubeta.

Una segunda fase de depósitos limo-arenosos marrón-amarillento ha rellenado regularmente las estructuras en cubeta, sin aparecer ninguna ruptura en el proceso sedimentario. En la cima de estos depósitos se desarrolla un suelo marrón-rojizo, lavado. Encierra un segundo nivel magdaleniense caracterizado por la presencia de numerosos elementos líticos y óseos, así como hogares. La estratigrafía termina por un horizonte humífero, espeso, de 40 cm de espesor.

II.3.2. Estudio espacial

La ocupación magdaleniense se va a desarrollar sobre una superficie accidentada. Numerosas perturbaciones han afectado irremediablemente buena parte de la superficie del yacimiento, pero algunas zonas han quedado *in situ*.

Se aislaron tres sectores de excavación y cada zona se describe como dedicada a actividades específicas, que han dejado restos variados, en mayor o menor proporción y organizados de diferentes maneras. Parece que el sector 2 ha concentrado un número más importante de actividades domésticas.

En los lugares mejor conservados, la concentración de actividades técnicas alrededor de los hogares se materializa por el importante número de útiles registrados. En las zonas de evacuación próximas, los excavadores encuentran restos de actividades tecnológicas relacionadas con la talla de sílex. La presencia de piedras quemadas, en coronas difusas alrededor de las estructuras de combustión o en las zonas de evacuación, se interpreta como el resultado de la alimentación y reorganización de los hogares. Los vestigios recuperados alrededor de los hogares son restos de sílex y piedras quemadas, mientras que en la zona de fuerte densidad de restos (zona de desechos) los restos óseos predominan.

II.3.3. Los restos de combustión

Los vestigios relacionados con el fuego en este asentamiento son abundantes, predominando las rocas calentadas (siguiendo la terminología de los autores, Alix *et alii*, 1993). Estas rocas se encuentran bien formando parte claramente de una estructura de combustión o bien esparcidas sobre el suelo. No se han encontrado restos de cenizas o carbones, ni tampoco señales de rubefacción en el suelo, lo que ha impedido el reconocimiento de áreas de combustión sin rocas.

En cuanto a las estructuras de combustión, Rieu (Julien y Rieu, 1999) distingue dos categorías:

I. estructuras importantes que contienen hasta 77 kg de rocas, que tipológicamente clasifica como hogares planos o débilmente desnivelados con limites difusos, caracterizados por grandes acumulaciones de piedras.

II. pequeñas estructuras en las que las piedras suponen un aporte menor de 20 kg y poseen un tamaño menos de 13 cm. Se encuentran situadas en la periferia de las zonas principales de actividad y, en ocasiones, presentan una organización en forma de corona.

Los autores de este trabajo resaltan la importancia que los restos de combustión testimonian en este yacimiento, resaltando que son indicadores de las múltiples actividades que se asocian a él: cocinado, a partir de los restos de fauna que suponen la caza de más 400 caballos y actividades técnicas relacionadas con la talla.

II.3.3.1. La estructura de combustión nº 1

Cuando nos planteamos la realización de este estudio en 1993, el objetivo era poder conocer la forma original del hogar, su modo de funcionamiento, su función y aproximarnos a su tiempo de utilización. La manera de abordarlo supuso la integración de distintas metodologías de trabajo: análisis mineralógico de la materia prima, remontaje, estudio microscópico de las rocas, experimentación al aire libre y en mufla y análisis de los restos de sedimento adheridos a las rocas (March y Soler, 1999). De todas ellas describiremos las que se relacionan directamente con el análisis de las rocas.

Esta estructura pertenece a la categoría I de Rieu y se caracteriza por la acumulación de 220 rocas que se encontraron organizadas en una superficie de 7163 cm^2. Esta acumulación representaba un peso de 73'888 kg y un volumen de 28644 ml y reposaba sobre dos pequeñas depresiones situadas una al lado de otra, poseyendo asimismo dos espacios vacíos.

La primera parte del estudio consistió en la caracterización mineralógica de las rocas y en un estudio preliminar de su estado de alteración y distribución para acercarnos a la reconstrucción de la forma, modo de funcionamiento y función. Seguidamente se realizó un análisis físico-químico de los sedimentos que quedaron adheridos a las rocas después de la extracción y finalmente un análisis químico de

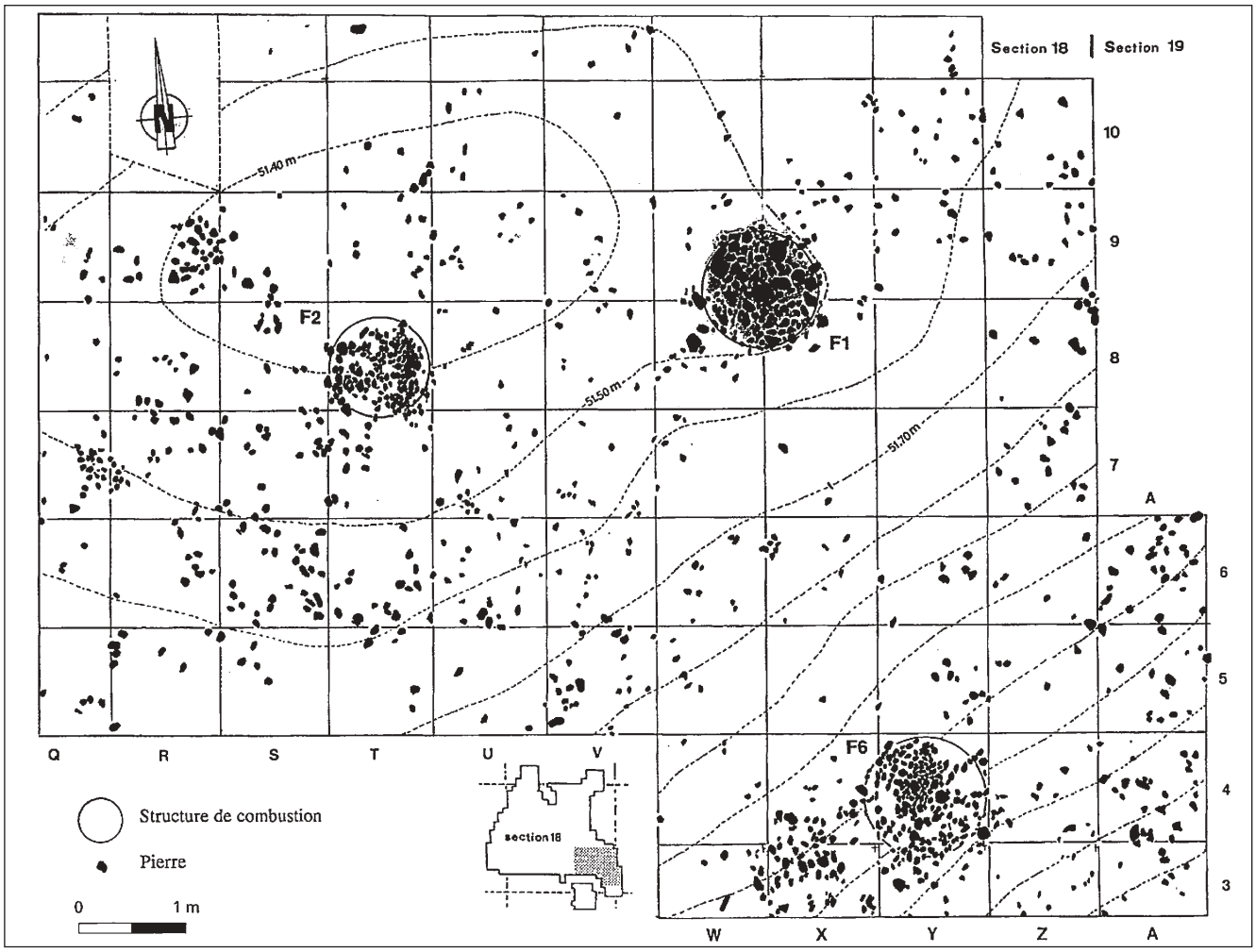


Fig. 14. Plano de distribución de las piedras quemadas de la sección 18. Marolles-Sur Seine, Le Grand Canton (Julien et Rieu, 1999).

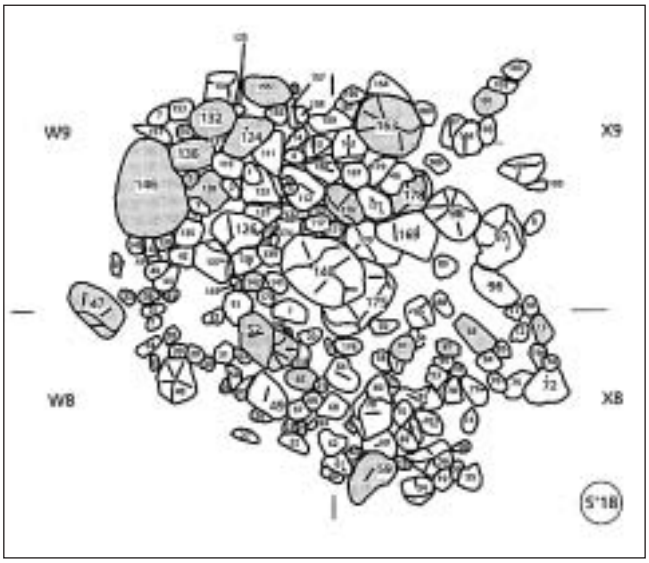


Fig. 15. Estructura nº 1.

las sustancias orgánicas presentes en el sedimento que contribuye a la comprensión de la función de las distintas reorganizaciones.

La metodología seguida para el estudio de las rocas consistió en la observación de las muestras arqueológicas, partiendo de un estudio macroscópico general que proporciona una primera aproximación a su clasificación, para realizar después un análisis en lupa binocular para la determinación de los componentes texturales. Asimismo, algunas muestras fueron estudiadas mediante microscopio electrónico de barrido con microsonda para la determinación de los componentes. A esta sistemática de trabajo se añadieron métodos analíticos y descriptivos del estado de termoalteración de las rocas, estudio de las fracturas, oxidaciones, remontaje y organización espacial de los fragmentos.

- La caracterización mineralógica de las rocas

Las muestras se analizaron con lupa binocular, entre 6 y 40x, la mayor parte en vía seca y en algunos casos por vía húmeda para obtener mejores resultados. Se utilizó iluminación tangencial, con luz halógena filtrada y fibra óptica dirigida.

La composición petrográfica de la muestra se puede definir como poco variada, con un gran número de rocas sedimentarias de tipo arenisca silícea, algunas rocas ígneas, granitos, un micaesquisto, una meulière y sílex. Estos cuatro últimos grupos aparecen en una menor proporción y sólo el fragmento de meulière presenta rasgos de termoalteración. Esta distribución no corresponde a la distribución natural de las rocas descrita para el lecho del río Yonne en Missy (Francia). La preponderancia de las areniscas así como la ausencia de calizas y la escasa presencia de sílex, son remarcables. Esto hacía justificar a los responsables de la excavación (Alix *et alii*, 1993) lo que parecía una selección antrópica de las rocas que formaban parte de las estructuras de combustión del yacimiento.

El microscopio electrónico de barrido (MEB) lo utilizamos en este trabajo con la intención de observar transformaciones en la organización y características de los elementos que componían la muestra debidas a la acción del calor.

Para obtener una réplica de los fenómenos observados, se realizó una experimentación siguiendo el modelo de una pequeña depresión cubierta de rocas, sobre la que se encendió fuego dos veces durante tres horas alrededor de 400ºC, para la cocción indirecta de carne de buey. La base de las rocas sólo estuvo sometida al calor por conducción y las temperaturas alcanzadas fueron bajas, menos de 200ºC. El proceso de cocción dejó huellas de materia orgánica adherida a la superficie de las rocas. Si las rocas arqueológicas hubieran estado sometidas a un proceso de calentamiento similar, esas huellas deberían estar presentes. Por esta razón se eligieron muestras experimentales y fueron comparadas con doce de las arqueológicas elegidas al azar.

Para una mejor aproximación experimental decidimos estudiar sólo las areniscas, cuya composición es de un 90% de sílice. La presencia mayoritaria de cuarzo se transforma en el ruido de fondo natural sobre el que se inscriben el Fe, el Ca, el Ti y el K.

El análisis de las muestras a diferentes aumentos, nos permitió observar algunas diferencias entre las que se calentaron a 200ºC y a 400°C. En el primer caso, los granos de cuarzo se aíslan bien, no se perciben alterados y presentan aristas vivas y formas geométricas. En el segundo caso, se constata que los granos de cuarzo no se destacan tan bien y la muestra adquiere un aspecto “sucio”. La observación de las muestras arqueológicas nos señala que en ciertos casos se observa una pátina que puede estar producida por la alteración de los granos de cuarzo. Además en muchos de los casos no se pueden aislar ni los granos ni los materiales. A partir de estos resultados, las diferencias morfológicas podrían estar en relación con un calentamiento diferencial. Con el material estudiado, parece que, cuanto menos, se puede apreciar una tendencia hacia una distinción menos clara de los granos de cuarzo a medida que la temperatura de exposición es más elevada. Este fenómeno se observa en la mayor parte de los casos, sobre la parte exterior de las rocas, donde los granos de cuarzo se distinguen mejor. En este sentido, ciertas muestras presentan alteraciones intensas que hacen suponer una temperatura de exposición superior a 400ºC.

Los resultados del microanálisis muestran cuatro tipos de asociación de elementos distintos. Primero, se observan muestras caracterizadas casi exclusivamente por la presencia de óxido de sílice. En este grupo se encuentran muestras experimentales calentadas a 200ºC y sin aporte de materia orgánica, junto a dos muestras de Marolles procedentes del interior de una de las rocas. Un segundo grupo aparece con la asociación titanio, hierro y sílice, pertenecientes a muestras arqueológicas, mientras que otras muestras también arqueológicas presentan esta misma asociación de elementos más calcio y potasio.

Las muestras experimentales no presentan titanio, pero en la parte saturada de materia orgánica, se observa una fuerte presencia de hierro y calcio asociado a menores cantidades de potasio.

Si se asocian estos tres elementos a la materia orgánica presente en los desechos de combustión, se podría suponer la existencia de materia orgánica y desechos de combustión adheridos a ciertas caras de las rocas arqueológicas. Pero el número reducido de muestras analizadas y la posibilidad de encontrar asociaciones de elementos similares de origen natural, nos obliga a ser prudentes a la hora de realizar una extrapolación de los datos.

A pesar de todo, las muestras experimentales revelan una asociación evidente entre el hierro, el calcio y el potasio en la cara donde se han podido obtener muestras para la realización del análisis químico. Esta observación nos permite reforzar la idea de una posible utilización de las rocas de la estructura nº 1 para la cocción indirecta de carne. Esto, además, se refuerza porque en el análisis a la binocular se ha podido observar en las fisuras y rugosidades de algunas de las rocas arqueológicas, sedimento adherido incluso después del lavado de las mismas. Este sedimento mostraba una textura que se podría definir como de aspecto graso, pudiendo tratarse de sedimento impregnado de grasa. Esto ha podido ser confirmado por los análisis de materia orgánica presentes en las rocas mencionadas.

Por lo que respecta al posible aumento de la cantidad de hierro debido a una acción de bombeo en las zonas calentadas –tal y como lo describen Meloy y Pagès (1984)– ésta puede estar relacionada con la presencia de materia orgánica y desechos de combustión depositados entre las redes cristalinas en el interior de la roca. Pero, la superposición de hierro de orígenes diversos impide la confirmación de este proceso.

- Análisis de las termoalteraciones

En este trabajo se ha intentado establecer un método de análisis, para poder cuantificar la información cualitativa del universo del conjunto de rocas a estudiar. Esta base de datos, que desarrollaremos en el capítulo 7, tiene en cuenta conceptos propuestos por otros autores, pero que raramente habían sido cuantificados. Nuestras observaciones se han basado en criterios analíticos y descriptivos, establecidos a partir de experimentaciones desarrolladas sobre el funcionamiento de hogares con rocas (March, 1990; Valentin y Bodu, 1991; March *et alii*, 1993; March, 1995 y 1996). En estas experimentaciones se han podido establecer una serie de tendencias sobre las termoalteraciones de las rocas, que han sido utilizadas como marco de referencia.

La rubefacción se manifiesta en las areniscas estudiadas por un cambio en la coloración que comienza alrededor de los 300ºC y que es netamente perceptible a los 500ºC. Su distribución en la superficie de la roca está en relación con la posición de ésta respecto del fuego y es inversamente proporcional a las remociones sufridas por la estructura. De esta manera cuantas más remociones haya sufrido la estructura más difícil es conocer su estado inicial de funcionamiento. Por esta razón es importante el estudio de la distribución de la rubefacción.

Este análisis descriptivo se realiza en tres etapas. Primero se hace una descripción general de la distribución de la rubefacción en la superficie de los fragmentos, después una descripción del emplazamiento de estas oxidaciones en su estado de abandono y por último una descripción de la distribución de la rubefacción sobre los núcleos remontados.

Al analizar los restos de areniscas, observamos que un alto porcentaje de fragmentos con alteración parcial se relacionaba, no sólo con una escasa exposición al fuego, sino con una posición periférica de las rocas. La ausencia de rocas de gran volumen y no alteradas, muestra una termoalteración de las areniscas aportadas a la estructura casi global. Las oxidaciones puntuales se dan en rocas de pequeñas dimensiones. La hipótesis más sencilla es que las rocas expuestas al fuego de manera puntual eran desde el principio de pequeño tamaño. Pero siempre cabe la posibilidad de que una roca grande con alteración puntual se haya fragmentado.

La reconstrucción de la posición original de las rocas en la estructura a través del estudio de la distribución de manchas es muy difícil en el caso de Marolles, dado que existe un alto porcentaje de rocas en estado de abandono en las que no es posible reconocer su posición. En general cuando la estructura no ha sido muy removida y tras una utilización corta las manchas de rubefacción se sitúan claramente en relación a la exposición al fuego, pero cuando las rocas han sido reutilizadas o la estructura ha sido removida es difícil establecer la posición original de las rocas.

En cuanto a la fragmentación, la presencia mayoritaria de rocas con una o ninguna cara exterior así como el escaso volumen medio de estos dos grupos, deja entrever un importante desmembramiento de las rocas, producido probablemente por choques térmicos repetidos asociados a cambios bruscos de temperatura. Esto podría sugerir una exposición de las rocas a altas temperaturas, aunque no necesariamente el número de fragmentos en que estalla una roca está en relación a la temperatura o la duración de la utilización.

La mayor parte de los fragmentos presentan entre una y dos caras con síntomas de rubefacción. La relación entre la cantidad de caras oxidadas y la cantidad real de caras de cada fragmento muestra que la mayoría de estos fragmentos no estuvieron recalentados después de su fracturación.

El análisis de los tipos de fracturas muestra que existe una superposición de categorías entre las fracturas de tipo curvo y las planas, aunque éstas últimas son mayoritarias.

- Análisis de los remontajes

El estudio de cada fragmento de roca que se ha podido remontar, ayuda a la comprensión de cómo la roca ha sido afectada por el calor así como a la determinación de las posibles remociones de la estructura antes de su abandono y por ende del comportamiento del colectivo humano que lo manipuló.

Se han realizado 19 remontajes que incluyen 71 rocas del total de la estructura. A partir de ellos, se ha podido establecer que la estructura inicial estaba compuesta por rocas de gran tamaño con un peso medio de 1’2 kg aproximadamente, aunque las 4 mayores tenían un peso medio de 2’195 Kg.

La mayor parte de los fragmentos documentados son de pequeño tamaño y están completamente termoalterados, los más grandes suelen presentar alteración parcial.

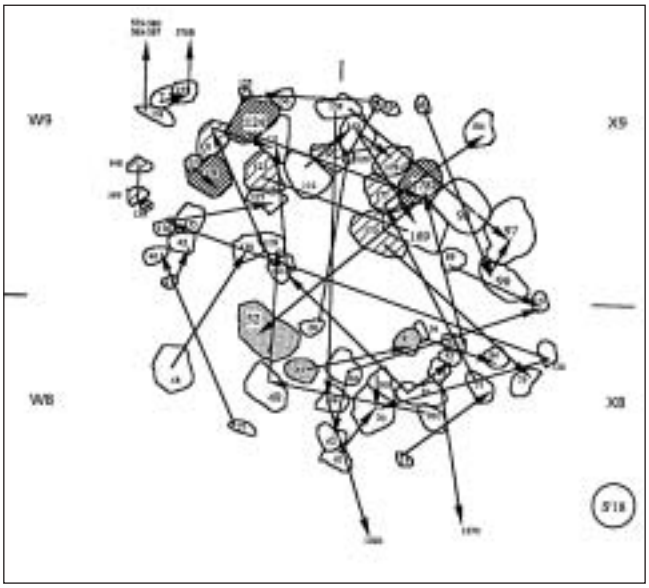


Fig. 16. Remontaje de la estructura nº 1.

El estado de fragmentación y la dispersión muestran que estas rocas han sido recalentadas antes de haber llegado a su emplazamiento final.

- Interpretación

Debe señalarse en primer lugar, la selección antrópica del material pétreo de esta estructura: areniscas y granito preferentemente.

El análisis de las marcas de oxidación en las rocas y la forma en que éstas se fragmentaron, muestran que algunos de los bloques remontados fueron expuestos de manera global o parcial, mientras que otros lo fueron sólo de forma puntual. Asimismo, este análisis demuestra que ningún bloque fue recalentado después de su primera exposición al fuego. La historia térmica de estas rocas muestra que han sido alteradas por fenómenos de combustión, pero que estas alteraciones no se produjeron en la forma que presentaba la estructura al excavarse, sino en otra tal vez construida en otro lugar, como lo indicaría la ausencia de termoalteración en el sedimento de la base. La única posibilidad de combustión *in situ* la da el gran número de fragmentos de pequeña talla presentes en el centro de la estructura, pero esto también hubiera supuesto la alteración del sedimento, que sin embargo no presenta síntomas de termoalteración.

Todos estos elementos hacen pensar en un panorama muy complejo poniendo de relieve la remoción de la estructura a partir de un estado primario de funcionamiento que da una configuración final alejada del funcionamiento térmico.

El ejemplo del yacimiento de Marolles sirve para comprender la complejidad que pueden presentar determinadas estructuras de combustión, que clasificadas en el momento de la excavación con una de las etiquetas morfológico-descriptivas tradicionales, su posterior estudio revela una complejidad de funcionamiento e interpretación mucho mayor de lo que se podría presuponer al hablar, como en este caso, de un hogar empedrado o una acumulación de rocas quemadas.

Al analizar las evidencias arqueológicas hemos visto como el uso de programas de experimentación resulta altamente positivo. En el siguiente capítulo analizaremos el acercamiento de la arqueología al método experimental, cómo se ha aplicado a los restos de combustión y por qué es importante que los programas experimentales se integren en un marco teórico de investigación, posibilitando una interpretación más objetiva de la realidad que refleja el documento arqueológico.

El conjunto de datos arqueológicos que hemos presentado constituye un buen ejemplo de la realidad arqueológica tanto por su poca homogeneidad como por su propia representación.

Las técnicas de análisis y estudio empleadas en cada uno de ellos han sido adaptadas a las condiciones del material en el momento de la excavación o del estudio. Cada uno de los registros nos permitió entrar en contacto con una parte de la problemática del estudio de las estructuras de combustión y buscar soluciones metodológicas a cada una de las preguntas del registro, lo cual nos ha permitido ir elaborando un protocolo, que creció con este trabajo y que ha seguido desarrollándose en estudios posteriores por un equipo de investigación de la Universidad de Rennes I (Francia), dedicado al estudio de las estructuras de combustión prehistóricas.

III. LA ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL

"Si les connaissances scientiphiques modernes doivent pouvoir s'appuyer sur des fondations solides, comme le veulent les philosophes orthodoxes, alors c'est probablement l'expérimentation, oppossée a la simple observation, qui les assure." (Chalmers, 1991).

Las limitaciones a las que se enfrenta la arqueología prehistórica han hecho de la práctica experimental una realidad constante en las investigaciones.

La arqueología experimental está directamente relacionada con el proceso de comprensión de la actividad humana, del ser humano en su tiempo y su entorno. En este sentido podemos apuntar que "mediante la experimentación se pueden intentar aislar y estudiar las tendencias individuales para descubrir la leyes que las rigen" (Chalmers, 1991). De esta manera la aplicación de la experimentación en arqueología prehistórica se presenta como una cotejación causal para la aproximación al proceso de comprensión de la actividad humana.

Reynols (1988), apunta claramente que a pesar de que se ha intentado establecer que la arqueología experimental es una subdisciplina, ésta es una parte integrante de casi todos los aspectos de la arqueología, es una extensión de lo conocido hacia lo desconocido, desarrollado científicamente. Cuando un experimento da paso a la comprensión deja de ser un experimento y se incorpora al cuerpo del conocimiento. El experimento es pues claramente un elemento crítico de la arqueología, ahora y en el futuro.

Y así la experimentación debe responder a una problemática concreta y delimitada, que son las hipótesis de trabajo que se manejan durante el proceso de investigación, con variables asumibles que no escapen a la observación del arqueólogo/a y que estén enmarcadas en un contexto teórico-metodológico.

III.1. LOS INICIOS

En la obra de Coles (1979), se recogen los primeros trabajos experimentales relacionados con estudios arqueológicos. Estos se remontan al siglo XIX y muchos de ellos se refieren a la curiosidad que despiertan los objetos y los registros etnográficos conocidos.

Es así como anticuarios y etnólogos realizan experiencias sobre materias primas, técnicas de producción y modos de uso. Muchas veces estas experimentaciones iban acompañadas de observaciones etnológicas.

El uso de la analogía etnográfica todavía hoy es utilizado (Binford, 1983, 1984) para explicar el registro arqueológico. A partir de esos dos tipos de información –experimental y etnográfica–, se fue creando un cuerpo de evidencias que en la actualidad es utilizado en los modernos experimentos con materiales actuales como la madera, el hueso, la piedra o el metal.

Ya en estos primeros momentos, la curiosidad por la manufactura de determinados objetos arqueológicos, hace que aparezcan artesanos que son capaces de tallar la piedra tan bien que llegan a confundir a los científicos de la época. Este es el caso de Edward Simpson, alias "Flint Jack", quien poseía una extraordinaria técnica en la talla por percusión directa. Trabajaba sólo con percutores duros, generalmente de hierro y a pesar de su habilidad no era capaz de tallar por presión.

Desde ese momento –finales del siglo XIX–, los trabajos experimentales en arqueología serán continuos. Después de la segunda guerra mundial, se adoptarán nuevas técnicas

analíticas, geofísicas, de registro, etc. y, por otra parte, se empezarán a desarrollar programas de investigación experimental, siendo la escuela escandinava la que proporcionará las bases de la moderna arqueología experimental.

A estos experimentos Ascher (1961) los llamó imitativos, estableciendo que su interés era conocer las creencias acerca del comportamiento humano en el pasado.

La secuencia que se sigue en el desarrollo del experimento imitativo se basa en tres órdenes:

1. las propiedades formales del objeto de estudio
2. la analogía
3. el pseudomorfismo.

El problema que se plantea según March y Wünch (2003), es que no se llega así a la contrastación de la inferencia obtenida del resultado experimental, con lo cual sólo se recrean gestos técnicos o pautas conductuales que no pueden ser extrapoladas como vía de explicación de fenómenos acontecidos en el contexto vivo que ha dado origen al contexto arqueológico.

En los últimos 20 años la investigación sobre el comportamiento cultural en el pasado ha incrementado la búsqueda de patrones de actividad tanto como el estudio de implementos aislados, empleando la construcción de modelos para llegar a conocer las actividades en el pasado. Estos modelos han sido construidos en base a las evidencias arqueológicas mediante experimentos imitativos.

Para Coles (1979), la puesta en marcha de un programa experimental, debe seguir unas reglas:

1. Los materiales utilizados en el experimento deben ser como los originales de las sociedades estudiadas.
2. Los métodos deben ser apropiados para la sociedad que se pretenda estudiar.
3. La aplicación de nuevas técnicas y los estudios analíticos deberían ser realizados antes y después del experimento.
4. La escala de trabajo debe ser ajustada.
5. La repetición del experimento es importante para observar que el resultado no es anormal. Las series de experimentos pueden ampliar y exponer nuevos problemas.
6. En cada experimento se presentan problemas que serán examinados esperando obtener respuestas, pero la improvisación también debe ser considerada y la adaptabilidad es importante.
7. Los resultados experimentales no deben ser tomados como pruebas de funciones concretas o estructuraciones del pasado.
8. Los resultados deben valorarse sinceramente, cuestionándose si han sido utilizados los métodos y materiales adecuados y hasta qué punto las opiniones personales han intervenido en el desarrollo y conclusiones del proyecto.

Reynols (1988), describe el experimento como una prueba científica, que si ha sido construida para probar una hipótesis, debe satisfacer los requerimientos básicos de la ciencia aplicada. De esta manera la utilización de la experimentación permite establecer límites de probabilidad y proporciona datos para contestar las preguntas iniciales.

III.2. EXPERIMENTACIÓN Y COMBUSTIÓN

III.2.1. Los primeros análisis de estructuras de combustión

Hasta los años 60-70 en que aparecen las primeras experimentaciones contemporáneas, se debe destacar el trabajo de Hough “Fire as an agent in human culture” (1928). Es el primer trabajo que plantea una síntesis general sobre el fuego, abordando sus aspectos tecnológicos y materiales basado esencialmente en formas artesanales de encendido. Realiza la primera experimentación y subraya la importancia del fuego en el esquema de evolución humana, poniendo en paralelo el progreso tecnológico y cultural.

Los primeros trabajos dedicados al análisis de las evidencias del fuego se remontan a los años 1955-1961. Oakley aplica métodos físico-químicos para determinar las huellas de alteración térmica en restos de huesos que parecen estar quemados, con una cronología de paleolítico inferior, intentando determinar si desde estos momentos tan antiguos hay una utilización del fuego. Este autor dedica gran parte de su obra a establecer la “domesticación” del fuego y concluye explicando que se dan varias etapas en este proceso.

En un primer momento que correspondería al Paleolítico Inferior, habría un aprovechamiento casual del fuego que se da en la naturaleza. Al final de este período y en los inicios del Paleolítico Medio, se establecería el control de la producción de fuego, que se relaciona con el descubrimiento de los métodos de encendido tales como la percusión de dos piedras o la fricción de dos maderas. Oakley remarca que el fuego dará la posibilidad a los hombres de habitar en cuevas, cazar y prolongar sus horas de actividad.

Paralelamente a este proceso se producirá un desarrollo tecnológico, el calor se aplicará a la talla de rocas, al trabajo del hueso, de la madera y ese mismo calor permitirá cocer la comida, lo que supondrá un cambio en las relaciones entre energía dedicada a la digestión y energía consumida. Asimismo remarca la transformación física que sufre el hombre e infiere la transformación del hábitat.

Es en estos años 60-70 cuando se desarrollan las primeras experimentaciones de una manera generalizada, relacionadas con las técnicas de cocción indirecta de alimentos (O’kelly 1954; Ryder, 1966 y 1969), con la alteración del hueso a causa del calentamiento (Perinet, 1964), con la utilización del fuego en las cabañas del Paleolítico Superior (Boriskovski, 1965), o con el tratamiento térmico del sílex (Bordes, 1969).

Con la publicación del yacimiento de Pincevent (Leroi-Gourhan y Brézillon, 1973), se inició una nueva etapa en el estudio, no sólo de los restos de combustión sino también de la interpretación de las estructuras de hábitat del Paleolítico Superior. Propuso el aislamiento para su estudio de cada uno de los items que componen las áreas de combustión, en un intento de obtener la máxima información para establecer su formulación de estructuración del espacio habitado, a partir de la creación de un modelo teórico de unidades de habitación.

De esta manera no sólo se estudiaron los restos de talla o de fauna sino que también se estudiaron por primera vez de una manera individualizada las rocas y el sedimento.

	1	2	3	4	5
A	Constituyentes (restos de combustión)	Carbón Sedimento cocido Piedras quemadas Escorias	Vegetal Animal Mineral	Fragmentos Partículas	Cenizas Hollín
B	Constitución	Homogénea Heterogénea			
C	Delimitada No delimitada	Geométrica No geométrica	Circular Otras figuras curvas Cuadrangular Otras figuras angulosas	Contorno: - Definido - Difuso	
D	Nivelada Desnivelada				
E	Lenticular: - estricta - semi lenticular Pelicular	En relieve Excavada	En cubeta: - Simétrica - Disimétrica Cilíndrica Globular Paralelepipédica		
F	*In Situ* Desplazada	Evacuada Dispersada	Horizontal Vertical	Causa: - biológica - mecánica	Acción: - humana - animal - vegetal
G	Construida No construida	Con borde Sin borde	Con suelo simple Con suelo doble Suelo sin preparación	Con tiro Sin tiro	
H	Abierta Cubierta	Siempre Temporalmente	Parcialmente Totalmente		
I	Fija Móvil				

Cuadro 6. Según Leroi-Gourhan, 1973. Modificado.

Este autor es unos de los primeros que se centran en la descripción de las formas de los hogares, siendo su adscripción estructural-funcionalista la que le permitió realizar la primera propuesta de clasificación de hogares con adscripción funcional:

1. Hogares domésticos, con cubeta y borde de piedras.
2. Pequeños hogares en cubeta, con cubeta sin borde de piedras.
3. Hogares planos, con o sin gravas, exteriores y que parecen responder a operaciones técnicas.

Como explican March y Wünch (2003), el análisis se apoya fundamentalmente en enunciados observacionales, en analogías etnográficas y en experimentos imitativos, lo que condiciona la interpretación de los aspectos morfológico-funcionales de las estructuras de combustión y su posterior clasificación. Las funcionalidades concretas sugeridas para

dichos hogares a través de la analogía etnográfica y la experimentación imitativa son:

1. la calefacción, la cocción y el trabajo de hueso y el sílex que establecen a partir del análisis espacial.
2. actividades culinarias y técnicas.
3. señalan la ausencia de actividades culinarias y la presencia de actividades técnicas.

El propio autor (Leroi-Gourhan, 1973, 1976) realizó una serie de modificaciones en esta clasificación con el mismo planteamiento teórico. Establece la diferencia entre:

- hogares planos con restos domésticos no culinarios.
- hogares con gravas sin restos domésticos y asociados a la talla del sílex.

Se añade en este momento la categoría de vaciados de hogar, a partir de los trabajos de Julien (1972).

En 1973, se realizó una propuesta terminológica analítico-descriptiva, con el fin de objetivar más el estudio de este tipo de restos.

A pesar de este intento de ordenación, los estudios del propio yacimiento de Pincevent (Julien, 1984), se encontraron con el problema de que aquellas estructuras definidas como domésticas, no poseían una sola funcionalidad, con lo que se vuelve a plantear la dificultad de atribuir la función de los hogares arqueológicos, con los criterios y categorías establecidos a partir de las tipologías iniciales establecidas por Leroi-Gourhan.

Si este problema se plantea para el propio asentamiento que generó la clasificación, también se repetirá para el resto de asentamientos a los que se aplicó el llamado "modelo Pincevent" (Audouze *et alii*, 1981; Valentin *et alii*, 1987).

Desde que Leroi-Gourhan (1972, 1973) estableciera los criterios de ordenación para la interpretación de los restos de combustión a partir de la excavación de Pincevent, se generó un cierto inmovilismo en este tipo de estudios, aplicándose con todos los problemas que ello supone, los criterios morfológico-funcionales que se establecieron para Pincevent al estudio de los restos de combustión aparecidos en excavaciones del Paleolítico Superior.

Siguiendo en esa línea, en 1976 aparece el trabajo de Perlès, en el que plantea una seriación tipológica de los hogares a partir de sus caracteres morfológicos. Y es esta autora quien, en 1977, realiza una síntesis del estado de la cuestión que titula "Préhistoire du Feu" (Perlès, 1977) en la que desarrolla una amplia reflexión sobre las relaciones entre el fuego y el hombre.

III.2.2. La experimentación

El importante crecimiento que en los últimos 20 años han tenido los trabajos de arqueología experimental, ha influido notablemente en los estudios que sobre las áreas de combustión se han llevado a cabo.

Como se ha visto hasta ahora, el uso de la experimentación en arqueología no es algo nuevo aunque, por lo que se refiere a las estructuras de combustión, la cuestión sólo se ha abordado sistemáticamente y con criterios científicos desde los años 80 en Europa. Es a partir de ese momento cuando se introducen métodos físicos, químicos y matemáticos que proporcionan una nueva aproximación al conocimiento del funcionamiento no sólo de las estructuras de combustión sino también de los grupos humanos que las elaboraron.

A partir de los años 80 comienza a argumentarse en la bibliografía especializada la necesidad de establecer criterios objetivos de clasificación para los restos relacionados con la combustión y que no estén basados solamente en impresiones subjetivas o apreciaciones generales. (Laloy, 1980; March y Ferreri, 1989; March y Wünsch, 2003).

Una propuesta en este sentido es la de Laloy (1980), donde se establece un método para la explotación de los restos de combustión.

Este trabajo pretende obtener la mayor cantidad posible de información a través de los restos y huellas de la combustión, mediante un procedimiento heurístico. Crea una importante propuesta terminológica en la que quedan definidos todos los conceptos que entran en contacto con el proceso de combustión y, evitando las calificaciones descriptivas de los restos de combustión, define criterios físicos y químicos, estableciendo las condiciones que un objeto debe presentar para ser considerado como un resto de combustión.

Este autor plantea que cualquier método destinado al estudio de combustiones pasadas debe estar acompañado de comparaciones constantes controladas y actuales. Para él, la interpretación de los restos arqueológicos sólo se podrá hacer si se comprenden los mecanismos de la combustión y esta es la argumentación utilizada para justificar el empleo de la experimentación.

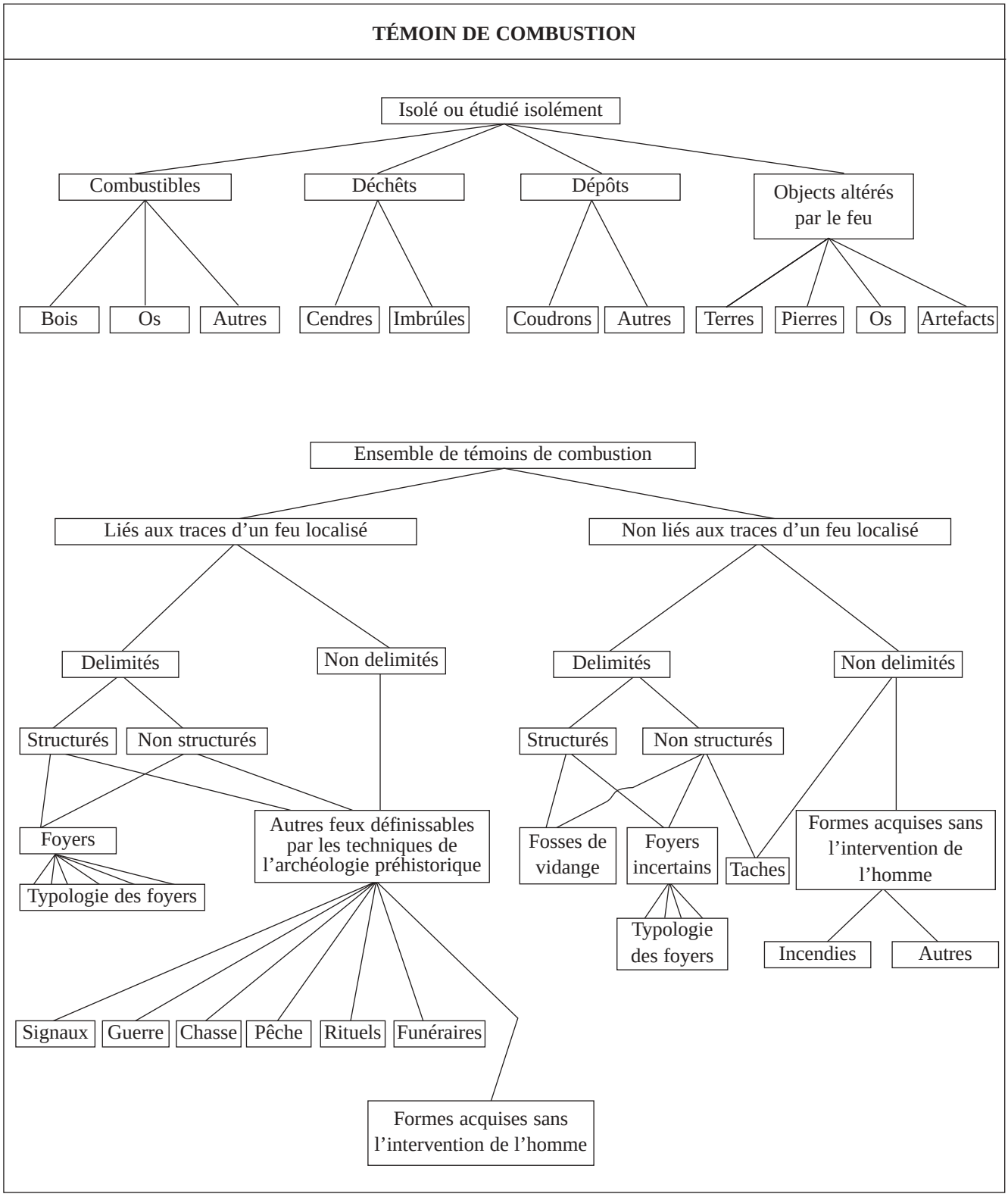
Realiza un estudio en profundidad de los diferentes procesos de combustión utilizando combustibles diversos como el hueso y la madera y pone de manifiesto las diferencias existentes. Asimismo analiza las alteraciones producidas por dos tipos de hogares diferentes, experimentando sobre un hogar plano y otro en cubeta.

En un trabajo posterior (Laloy y Massard, 1984), propone un método para calcular la duración del funcionamiento de un hogar, a través de las modificaciones observadas en los sedimentos arcillosos del yacimiento de Etiolles.

Es precisamente el análisis de las transformaciones físico-químicas uno de los elementos clave que presenta este trabajo. Se potencia el estudio de todo el registro arqueológico relacionado con los hogares, teniendo en cuenta el contexto en el que éstos se producen.

Dentro de esta nueva dinámica experimental, Beeching et Moulin (1981) interpretan las estructuras de combustión de la Baume de Ronze (Ardèche, Francia), aunque en este caso no se establecen criterios de ordenación metodológicos. Realizan una descripción observacional de los restos de un hogar contemporáneo. Esto plantea una serie de problemas de orden metodológico e interpretativo dado que establecen una comparación directa entre los restos experimentales y los arqueológicos, intentando encontrar puntos de contacto para elaborar una interpretación funcional. Finalmente la interpretación pasa por una clasificación tipológica fundada en la lógica descriptiva y la referencia a trabajos anteriores.

La experimentación comienza a extenderse a casi todos los ámbitos de estudio que intervienen en el procesado de



Cuadro 7. Evidencias de combustión, según Laloy, 1981.

los datos de las áreas de combustión. Un ejemplo es el trabajo de Bazile-Robert (1982) sobre el antracoanálisis. Utiliza las experimentaciones para verificar la interpretación paleosilvática del antracoanálisis. Los resultados expresados en porcentajes o en conjunto son examinados mediante experiencias de combustión de maderas actuales. Su trabajo concluye que a pesar de los problemas que pueda presentar la expresión cuantitativa clásica en número de carbones, traduce mejor la realidad, la vegetación, que la representación en conjunto.

En esas mismas fechas aparecen trabajos en los que se presentan análisis petrográficos en detalle. Es el ejemplo que Phillips, Vaquer y Coularou, publican en 1983. Analizan las rocas provenientes de las estructuras de combustión neolíticas del "Abri Buholoup" (Haute-Garonne, Francia). Establecen la determinación petrográfica, el origen de las rocas e indican la existencia de una elección deliberada de determinada materia prima.

El objetivo era determinar si las rocas que se encontraban dentro de la cubeta fueron calentadas *in situ***.** Para contrastar esta hipótesis realizan un análisis geomagnético que, efectivamente explica que las piedras fueron calentadas en ese lugar y que no se movieron después de su utilización.

Realizan una reconstrucción experimental de cuatro estructuras idénticas a la encontrada en el yacimiento, para confrontar los resultados de la excavación. Pero esto no les resulta suficiente para explicar la funcionalidad y apuntan la necesidad de continuar con otras analíticas para resolver el problema del modo de funcionamiento.

Otros trabajos, ponen en evidencia que al mismo tiempo que se trata de buscar métodos analíticos que ayuden a objetivizar las interpretaciones que sobre las áreas de combustión se establecen, hay autores que siguen basando sus reflexiones en las descripciones morfológicas (más o menos detalladas) y en el análisis comparativo de estructuras arqueológicas.

Un ejemplo de este tipo de trabajos lo encontramos en Rieu (1985) que estudia la estructura de combustión W11 del yacimiento de Etiolles (Essonne, Francia), dentro del marco teórico del modelo de unidades de habitación establecido para la interpretación de la ocupación de este asentamiento (Taborin, 1982; Olive, 1984). Algo muy interesante de este trabajo es que clasifica la materia prima, considera sus dimensiones, la distribución de las manchas en las rocas y establece remontajes, considerando las fracturas, lo que hasta entonces es poco frecuente en el estudio de los restos pétreos. Con estos datos establece el funcionamiento de la estructura de combustión, pero sin realizar determinación petrográfica de las rocas, sin análisis experimental, sin observación de la litología de la zona, sin análisis de sedimento y sin caracterización de las fracturas.

Otro de los trabajos clásicos en el estudio de estructuras de combustión arqueológicas es el de Olive (1988). A partir del estudio del remontaje de las piedras que formaban parte de los hogares de la unidad P15 del yacimiento Etiolles (Essone, Francia), establece una dinámica de funcionamiento para este asentamiento.

La aportación más importante de este trabajo es, a nuestro parecer, la metodológica. Se establece una sistemática de registro de las rocas, el sedimento y las huellas de la combustión.

Las rocas se clasifican en función de su naturaleza, tamaño y disposición en el suelo. De esta manera es posible observar que existe una selección del material y cómo este ha sido diferencialmente afectado por la combustión. Para una parte de su estudio utiliza el remontaje, que ya había sido utilizado en otros yacimientos con estructuras de combustión con gran cantidad de pétreos (Julien, 1972). A partir de estos análisis realiza una interpretación funcional del hábitat. La alteración del suelo le permite distinguir entre la cubeta y la parte sur de la estructura. La cubeta se correspondería con el hogar *sensu stricto*, el fuego se habría encendido en el centro, sobre las piedras, ya que el estudio del sedimento demuestra que éste no fue alterado. La zona sur y oeste de la estructura muestran funciones variadas, entre las que se encuentra un espacio vacío, que se interpreta como un testimonio negativo, es decir un espacio libre para dejar recipientes u otras funciones. La autora lo relaciona con unos espacios similares que aparecen también alrededor de los denominados hogares domésticos del yacimiento de Pincevent (Leroi-Gourhan y Brézillon, 1972; Julien, 1984).

Las múltiples revisiones que del yacimiento de Pincevent se han ido realizando desde su primera publicación, han dado lugar al desarrollo de diversas líneas de investigación experimentales. Por lo que respecta a los restos de combustión, en 1980 se desarrollan las primeras experiencias que imitan las formas de los hogares aparecidos en excavación con el fin de observar la fracturación de las rocas. En cuanto a las interpretaciones cabe destacar el hecho de que confirman sus hipótesis de partida. Es decir, que con piedras calientes se puede llevar el agua hasta el punto de ebullición y que al retirar las piedras frías y reemplazarlas por otras calientes, la operación puede prolongarse todo el tiempo que se desee. De la misma manera afirman que las rocas que forman el borde del hogar se rompen cuando se enfrían y que la importancia de la fracturación depende del tiempo de utilización y del ritmo e importancia del fuego (Gaucher et Julien, 1980).

En estas experiencias no se establece sistemática de registro de datos de manera que los resultados siguen siendo, al igual que en excavación, observacionales.

Valentin y Bodu (1991), desarrollarán unas perspectivas experimentales aplicadas al estudio de los hogares de la habitación nº 1 de Pincevent algo distintas. Tras una primera reflexión sobre el papel de la experimentación y la importancia de plantear programas experimentales con protocolos de trabajo adecuados, realizan una experimentación para comprender las razones técnicas que llevaron a los habitantes de Pincevent a realizar sus fuegos de una determinada manera. Hacen 7 reconstituciones para evidenciar las diferencias entre un modo de combustión abierta y un modo de combustión cerrada. Todos los fuegos se realizaron en una misma cubeta de 75 cm de diámetro y 25 cm de profundidad, repitiendo el modelo arqueológico. La cantidad de leña siempre fue la misma (5-6 Kg de fresno y haya).

Siempre se utilizaron las mismas litologías, 21 kilos de calizas y areniscas de grano fino. El registro de las temperaturas se realizó con pirómetros en el fondo de la cubeta y sobre las piedras. Establecen las siguientes conclusiones:

- Con o sin cobertura de piedras la inflamación se acaba a los 40-60 minutos.
- Para una cantidad equivalente de combustible, los hogares abiertos duran menos que los de combustión cerrada.
- En los hogares cubiertos de piedras la actividad térmica no es homogénea por todas partes, dependiendo del emplazamiento del combustible y de la fuerza y dirección del viento.
- A lo largo de la combustión, la arquitectura del hogar se modifica. Las rocas sufren choques térmicos y se fragmentan.
- Cada encendido requiere desmontar la cobertura de piedras anterior, lo que implica una dispersión de los fragmentos térmicos.

Como señalan los propios autores, este estudio presenta conclusiones muy provisionales a la espera de poder implicar nuevos parámetros que permitan confirmar las hipótesis que plantean.

Este último trabajo aparece publicado en el marco del Coloquio Internacional "Experimentation en archéologie: bilan et perspectives" (1991) donde se presta una atención especial al tema del fuego, desde el punto de vista experimental, en diferentes períodos cronológicos: desde la Prehistoria hasta los momentos galo-romanos.

En este coloquio se pone de manifiesto la importancia que en los últimos años se ha evidenciado en torno a la arqueología experimental. Se subrayan dos exigencias en la estructuración de esta investigación. De una parte la necesidad de verificar las hipótesis sobre los métodos de fabricación en función del conocimiento de los materiales en uso en las sociedades prehistóricas, en función de los vestigios de las industrias exhumadas en excavación o en función de las huellas que presentan los restos descubiertos. De otra parte, la exigencia de visualización de aquellos que emprenden un trabajo de difusión de los conocimientos.

También en este coloquio se hace hincapié en que la práctica experimental es sólo un medio de investigación y no un fin en si mismo. La experimentación, en un primer nivel, consiste en la reproducción de un objeto o de una acción técnica, tentativa motivada por la voluntad de verificar observaciones tecnológicas sobre el material arqueológico. Permite poner en evidencia posibles errores interpretativos que corrigen interpretaciones elaboradas a partir de conceptos técnicos que no son correctos. En definitiva el desarrollo de este coloquio, muestra el profundo cambio que se evidencia en la dinámica de trabajo de la arqueología prehistórica. La práctica experimental comienza a invadir todos los terrenos y a ser una constante en la sistemática de las investigaciones sobre el comportamiento humano.

El reflejo que hemos considerado de las investigaciones conocidas hasta el momento, muestra la escasez de estudios dedicados a la reflexión teórica de los problemas que plantea la interpretación de los restos de combustión prehistóricos. Wünsch (1988, 1992) es probablemente el primero que realizó un análisis crítico de esta problemática. En sus trabajos, plantea una revisión crítica de los enfoques relacionados con el estudio de la estructuración del espacio y con el estudio de los hogares arqueológicos. Desde un punto de vista absolutamente teórico, propone un sistema de análisis de las interrelaciones espaciales de los elementos arqueológicos (ANITES) y dentro de ella realiza una primera aproximación teórico metodológica del estudio de las asociaciones de elementos de combustión (AEC) arqueológicas. En su investigación, el objetivo primordial "consiste en plantear una reflexión sobre los diferentes aspectos de la metodología aplicada y de la metodología experimental en el marco del establecimiento de un modelo teórico de referncia... se trata de llevar a cabo una reflexión sobre **metodología arqueológica,** incluida necesariamente dentro de un dominio teórico de posicionamiento científico más o menos abstracto." (Wünsch, 1991: 2).

Al final de su trabajo, en un anexo, presenta algunos ejemplos de lo que él denomina experimentación exploratoria, aunque él no la aplica en su investigación. Explica que esta investigación se define sobre todo por su orientación fundamentalmente heurística.... se desarrolla alrededor de un objeto de estudio global, en el marco de un primer acercamiento a una problemática arqueológica, sin incidir inicialmente en variables o caracteres determinantes (Wünsch, 1991: 591).

En este tipo de experimentación se prioriza el conocimiento práctico de los diferentes aspectos técnicos relacionados con el funcionamiento del sistema que se pretende estudiar.

El problema que plantea este trabajo es su marcado carácter teórico y la falta de aplicación práctica que acompaña su propuesta. No se desarrolla ningún planteamiento metodológico que posibilite la superación de los múltiples problemas que se enumeran. Tampoco se plantea con claridad una propuesta experimental de análisis, ni siquiera un método de trabajo que permita avanzar dadas las limitaciones impuestas por la bibliografía revisada.

Otro de los primeros trabajos que plantea la necesidad de establecer un marco teórico adecuado es el firmado por el Laboratorio de Arqueología de la Universidad de Tarragona (LAUT), en 1992. Este trabajo se refiere al estudio de la ocupación del Abric Romaní, nivel H. El planteamiento de este equipo de investigación pasa por la propia formación del equipo, con la aplicación del concepto de módulos al estudio de la arqueología. Para este equipo la estructuración modular plantea la acción integradora e interespecífica dentro de una perspectiva especializada, pero globalmente transdisciplinar. La propia configuración del registro actúa de forma dialéctica sobre la recurrencia de la estructura subjetiva que la analiza, ya que ésta se organiza de forma empírico-teórica. Consideran que la reproducción de los fenómenos observados forma parte del método arqueológico.

El equipo del LAUT, aborda el tema de la experimentación en su trabajo sobre el nivel H del Abric Romaní. Para ellos la reproducción de los fenómenos observados forma parte del método arqueológico. Explican que con la experi-

mentación además de poner a prueba nuestra habilidad y potenciar mecanismos no necesarios en la actualidad, nos acercamos a las cadenas teórico-prácticas que los sistemas pretéritos han dejado en forma de estructuras. Ponen en práctica la experimentación con la reproducción de una unidad de combustión sobre travertino. Sus objetivos son: observar las alteraciones térmicas del soporte, principalmente la rubefacción diferencial sobre el área de combustión, y controlar las temperaturas máximas y el tiempo de incremento, en relación a la cantidad y tipo de combustible empleado a parte. Realizan la experimentación sobre travertino y utilizan una caña pirométrica para el control de la temperatura. Controlan el peso y el tipo de combustible y se fijan exactamente en los momentos de colocación del mismo. Consiguen una temperatura máxima de 700º, medida en el centro del combustible. Al cabo de 50 minutos lo enfrían bruscamente con agua. Las observaciones que realizan tras la experiencia se refieren a la diferente rubefacción producida en el suelo y a que la intensidad decrece al alejarse del centro de la combustión. Realizan una gradación observacional de las coloraciones del travertino que han utilizado como base, pero no se plantean establecer una sistemática para su determinación. En este trabajo sólo presentan una experimentación y realmente lo que hacen es dar a conocer su modelo teórico. Según explican el propósito final es la construcción cuantificada de un nudo teórico que, a través de modelos experimentales contrastados y asumibles como equivalentes, puedan ser aplicables al análisis arqueológico por procedimientos de correspondencia epistemológica.

En los Estados Unidos de América se ha desarrollado desde los años 80 una corriente importante de estudio de las rocas quemadas o “Fire-Cracked Rock” (FCR), llegando a crearse incluso una página web sobre el tema. Son muchos los autores de América del Norte que han abordado desde diferentes perspectivas el análisis de las denominadas FCR. Nos fijaremos como ejemplo del tipo de tratamiento que un grupo de investigadores que trabaja en yacimientos prehistóricos del Noroeste del Pacífico le esta dando al tema, en el trabajo de Wilson y DeLyria (e.p.) presentado al congreso de Nashville en 1996. En primer lugar, remarcan el tratamiento diferencial que sufre el análisis de las rocas quemadas en comparación con los otros restos identificados en la excavación (líticos y óseos). Utilizan la replicación experimental para sumar información a los escasos trabajos realizados sobre estas rocas replicando un horno de Camas (*Camassia quamash)*, y así documentar el uso, estado y degradación de las FCR para poder documentar e interpretar las provenientes de yacimientos arqueológicos. La reproducción experimental la basan en observaciones etnográficas, experiencias de otros investigadores y la información recogida en la excavación de Willamette Valley y lower Columbia river. Realizaron tres experimentaciones, controlando la disposición de las rocas, del combsutible y midiendo con cañas pirométricas la temperatura en las diferentes partes del horno. El tipo de rocas que utilizaron fueron ígneas y cuarcitas. Analizaron el tipo de fracturación y se dieron cuenta de que era completamente distinta según la litología. Después de las tres experiencias concluyeron que la mayor parte de la fracturación de las rocas de la parte superior ocurrió durante el primer fuego y continuaron fracturándose durante los otros dos calentamientos. Sus conclusiones refieren que la diferente fracturación de las rocas puede afectar a la reutilización y probablemente a la efectividad del calentamiento de las rocas. Esto sugiere que para las estructuras prehistóricas se seleccionara el material en base al conocimiento de las características de las rocas, incluyendo su resistencia al shock térmico. En estos trabajos se aborda desde una nueva perspectiva el tema del análisis de las rocas. No se utiliza el remontaje sino el tipo de fracturas de las rocas que son comparadas de manera observacional con los datos arqueológicos. En los trabajos que conocemos desarrollados principalmente por el centro de investigación de la Universidad de Texas, no se aborda la sistematización de la fracturación de las rocas para su estudio y posterior análisis.

Para finalizar este apartado haremos referencia a dos trabajos que basan sus experimentaciones en el intento de producir fuego y la problemática que ello conlleva.

Collina-Girard (1989), realiza por primera vez un estudio experimental sobre la técnica del encendido de fuego por fricción. Utiliza dos maderas que hace girar mediante un arco. El movimiento del arco hace que el palo que se ha preparado como eje, encajado en una muesca practicada en la madera de base, comience a producir humo y serrín rápidamente. Este serrín va cayendo medio carbonizado y queda atrapado en la muesca. En ese momento se produce una brasa de unas dimensiones aproximadas a las de un cigarrillo. Este proceso, si se realiza en condiciones adecuadas, hemos podido comprobar que no dura más de 15 segundos. Lógicamente la calidad de la madera, así como el punto de secado, es fundamental para la eficacia del trabajo.

Se demuestra en este trabajo que, contrariamente a la opinión generalizada, la dureza de la madera no importa. Así aparecen como maderas más adecuadas el tilo, la hiedra, el laurel, el hibiscus, o el ficus tropical. Los especímenes menos adecuados son aquellos que presentan elementos lignificados y difícilmente combustibles. De esta manera se ha podido demostrar que la pertenencia a un determinado grupo botánico y la textura de la madera es más importante que sus características mecánicas.

Otro trabajo que remite a la problemática de la obtención del fuego es el de Collin *et alii* (1991). Mediante un acercamiento experimental y traceológico se pretende establecer una serie de criterios que puedan permitir la identificación de testimonios de la obtención intencional de fuego por percusión entre los restos arqueológicos.

El protocolo experimental que se establece en esta investigación supone la talla de “encendedores” de sílex. Estos serán usados mediante percusión durante una media de 1 a 2 minutos. El material sobre el que se percute son marcasitas, piritas y sílex y se utilizan como iniciadores diferentes especies como el *Fomes fomentarium*, debidamente preparados.

Algunos de lo datos subjetivos que se extraen de los resultados de esta experiencia hablan de que el tiempo útil para encender fuego con un champiñón, marcasita y un

encendedor varía entre 5 segundos y 1 hora, siendo 1-2 minutos la media de tiempo necesario. La fase más delicada es la de soplar sin apagar la chispa incandescente que se produce tras la percusión del sílex y el mineral de hierro y transmitirla al champiñón. La pirita es menos eficaz que la marcasita para la técnica de percusión, cosa que hemos podido comprobar también en nuestras experiencias de encendido. Mientras la marcasita produce abundantes chispas con bastante rapidez, con la pirita cuesta algo más.

Después del desarrollo del programa experimental, estos autores aplican los resultados al análisis de distintos restos arqueológicos. Concluyen que las piezas encontradas en la excavación son "encendedores" que han sido utilizados por percusión sobre marcasita o pirita. Todas presentan huellas análogas a las descritas mediante análisis traceológico en el material experimental. No elevan sus conclusiones a definitivas dado el reducido número de muestras. Los resultados experimentales afirman que la cadena operativa de la preparación del iniciador produce sobre los sílex huellas características. Asimismo, los "encendedores" presentan marcas de uso y la traceología permite, según los autores, la identificación de huellas análogas sobre piezas utilizadas muy poco tiempo donde los caracteres macroscópicos no dejan presumir este tipo de uso.

A pesar de la precariedad del análisis por el escaso número de muestras estudiadas, resaltamos la importancia de este trabajo por lo que tiene de novedoso.

III.3. APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL RECONOCIMIENTO DEL CALENTAMIENTO INTENCIONAL: TECNOLOGÍA LÍTICA Y ROCAS TERMOALTERADAS

La aplicación de nuevas técnicas analíticas procedentes de diversas ramas del conocimiento científico empieza a hacerse patente desde los años 80. Los restos arqueológicos comienzan a ser analizados de una manera casi sistemática, aunque todavía en ocasiones sin un plan de trabajo estructurado que permita comparar y rentabilizar la información ofrecida por los nuevos medios. Es el momento en el que comienzan los análisis de difracción y fluorescencia de rayos x, la espectroscopía Mossbaüer, la utilización del microscopio electrónico de barrido, del espectroscopio de refracción de infrarrojos, etc.

III.3.1. La tecnología lítica

Uno de los temas a los que más experiencias controladas se ha dedicado, es al efecto del calentamiento en rocas silíceas aplicado al estudio de la tecnología lítica. Referiremos algunos trabajos que por su metodología nos interesa resaltar.

En esta línea de aplicación de nuevas tecnologías se enmarca el trabajo de Purdy (1979, 1982). Esta autora realiza un estudio sobre el calentamiento del chert [1] de Florida (EUA). Retoma el problema del calentamiento intencional del material lítico que ya había planteado Bordes (1969), para estudiar la fracturación de los grandes bloques en las canteras. Utiliza medios como el espectroscopio electrónico Auger (AES) para detectar pequeños cambios de composición, el espectroescopio de reflexión de infrarrojos (IRRS) para los cambios estructurales de las superficies y el microscopio electrónico de barrido (MEB), para los cambios morfológicos de la superficie. Finalmente propone una experimentación sistemática para comprobar el efecto del calentamiento, tanto al aire libre como en laboratorio.

Más tarde, en su trabajo de 1982, pormenoriza el control de la temperatura de un hogar experimental mediante la colocación de dos pirómetros en el centro de la hoguera, entre la madera, que marcan rápidamente 850ºC. Después mide la temperatura sobre las rocas y a los 25 minutos registran 720ºC. A los 20 minutos de haber encendido el fuego las rocas comenzaron a fragmentarse, visible y audiblemente, saliendo los trozos despedidos hasta 8 metros. 25 minutos más tarde arrojó agua sobre las rocas calientes quienes en pocos segundos redujeron su temperatura a menos de 100ºC, quedando "destrozadas". No fueron observados cambios de coloración en el interior de la roca, sólo un tono rosado en el córtex.

El resultado de la experimentación analítica sobre este tipo de rocas, según la autora, plantea que la temperatura necesaria para alterar este material es de 350ºC. Entre 240ºC y 260ºC se produce un cambio de coloración, que no es sincrónico con la vitrificación que se le produce a los 350ºC.

Para la observación de las alteraciones utiliza el microscopio electrónico de barrido, mostrando éste claramente según la autora, las diferencias entre el material calentado y no calentado por las microfracturas que se desarrollan con el incremento de temperatura. Después del calentamiento las superficies fracturadas son extremadamente lisas. Las fracturas pasan a través de los criptocristales antes en las muestras calentadas alrededor de los cristales, que en las no calentadas. Plantea que el desarrollo eutéctico [2] es el responsable de que esta alteración ocurra a los 350ºC en lugar de a 1400ºC -1700ºC. Esta sería la temperatura necesaria para la transformación de las estructuras del cuarzo microcristalino en formas no cristalinas. Estas alteraciones producen cambios a su vez en la estructura y composición. El cambio es tan gradual como abrupto. Por otro lado, si la muestra es calentada lentamente a 350ºC y mantenida a esta temperatura por un período sustancial de tiempo, y luego es enfriada, desarrolla un lustre vítreo.

---

[1] El chert es un tipo de roca densa, compuesta por una o más formas de sílice –calcedonia, cuarzo micro o criptocristalino, ópalo, etc.– que presenta amenudo impurezas tales como carbonato cálcico, óxidos de hierro, carbón y restos de organismos silíceos (TomKeieff, 1985).

[2] "The individual mineral grains of quartz are held more firmly together in the heated specimen than in teh unheated specimen. In the intercrystalline spaces of chert, minute amounts of impuritis, or compouds of the elements making up the impuritys, are probably acting as fluxes to fuse a thin surface film of the microcrystals".

El resultado de este trabajo nos plantea algunas dudas a nivel petrológico. Que en el cuarzo se produzcan alteraciones microestructurales a 350ºC a causa del desarrollo eutéctico es cuanto menos discutible. El cuarzo es un mineral que cristaliza en el sistema trigonal y, por ende, con una disposición tridimensional ordenada de sus moléculas de SiO_2, entre cuyos huecos moleculares, llamados también nudos de la red cristalina, se pueden disponer moléculas de otros compuestos. En ningún caso la fusión de posibles moléculas contaminantes de este cuarzo, pueden desestabilizar las distancias reticulares de la celdilla unidad, dado que entonces no podríamos seguir hablando de cuarzo, sino de otras sustancias que tuvieran variables concentraciones de SiO_2.

Si son las impurezas contenidas en el cuarzo (CaO y OFe) quienes actúan como flujo que funde una superficie de microcristales, debemos remarcar que éstas no se alteran a temperaturas tan bajas.

Asimismo, se nos plantean dudas en cuanto al procedimiento experimental. Si ha calentado las piedras a 720°C en los 20 primeros minutos de experiencia, no podemos explicar cómo encuentra el punto de alteración a 350°C. Posiblemente esto se refiera a otro proceso experimental que no se específica en este texto.

Aunque la línea de investigación de calentamiento de material lítico para fines tecnológicos se aleja de nuestro campo de trabajo, es interesante conocer algunas investigaciones que han desarrollado estas nuevas tecnologías aplicándolas en su mayor parte al calentamiento del Chert.

En 1993, Borradaile *et alii*, publican la aplicación de una serie de medios ópticos y magnéticos para distinguir entre material (chert) calentado y no calentado. En primer lugar hablan de que algunos de los cambios se observan macroscópicamente (lustre y cambio de color) y después explican que también se observan cambios microscópicos en la estructura o textura, tanto en el microscopio petrográfico como en el electrónico. El material sobre el que trabajan son principalmente rocas sedimentarias carbonatadas de tipo "grainstones" y "wackstones" (ver glosario).

Su procedimiento experimental consiste en calentar las muestras gradualmente a varias temperaturas máximas (425°C a 500°C) las cuales se mantienen durante 2,5 horas, dejando luego que se enfríen lentamente.

Siguiendo los trabajos de Purdy (1975), las alteraciones producidas por temperatura en el material, varían según la naturaleza del material lítico. Además apuntan que aunque el cambio de coloración es evidente con el calentamiento, no lo consideran satisfactorio para poder distinguir entre material calentado y no calentado, por lo que aplican el análisis del magnetismo remanente, susceptibilidad magnética e histeresis.

A 500°C, mediante análisis petrográfico, encuentran que los cambios en las pelsparitas son remarcables. En todos los casos el carbón ha migrado desde dispersiones turbias, dentro de los peloides, a bordes de grano, fisuras, y ocasionalmente en grumos. Además anotan que el calentamiento produce reacciones mineralógicas tales como la conversión de siderita en magnetita o hematita. De esta manera definen los cambios estructurales como notables y dicen que se podrían reconocer en otros materiales sujetos a un calentamiento similar.

Esta afirmación es cuestionable. Un material considerado como no definitorio de su composición y, al mismo tiempo, en concentración tan inferior como para no formar parte de las variaciones litológicas dentro de una misma denominación lítica, corresponde a un contaminante. Las afecciones que pudieran ocasionarse de una actuación físico-química sobre estas partículas, dan lugar a actuaciones que cuanto menos, se pueden considerar como no desestabilizantes de la masa rocosa. Y, además, en todo caso, dado que dichas partículas no constituyen el cuerpo principal definitorio de los materiales investigados, o incluso, presentan porcentajes que consideran concentraciones menores e incluso en trazas, los resultados a que llegan estos autores son, núlamente aplicativos y equivocadamente inductivos.

El siguiente paso en su estudio es el análisis de los cambios en las propiedades magnéticas de las rocas a causa del calentamiento. Señalan cambios en tres direcciones:

1. El análisis del magnetismo remanente, que da como resultado un aumento en el magnetismo isotermal remanente (IMR) para las rocas calentadas.
2. Fuertes cambios en la susceptibilidad magnética y en la saturación del magnetismo isotermal remanente.
3. Cambios en las propiedades de histeresis. Antes del calentamiento las curvas muestran ocasionalmente la forma de "wasp-waisted", característica de la presencia de dos minerales magnéticos (Jackson *et alii*, 1990, citado por Borradaile *et alii*, 1993). Después del calentamiento la curva de histeresis presenta una forma normal típica de un sólo mineral magnético, en este caso magnetita. En muchos casos los cambios producidos por el calentamiento son muy importantes, pero no siempre consistentes.

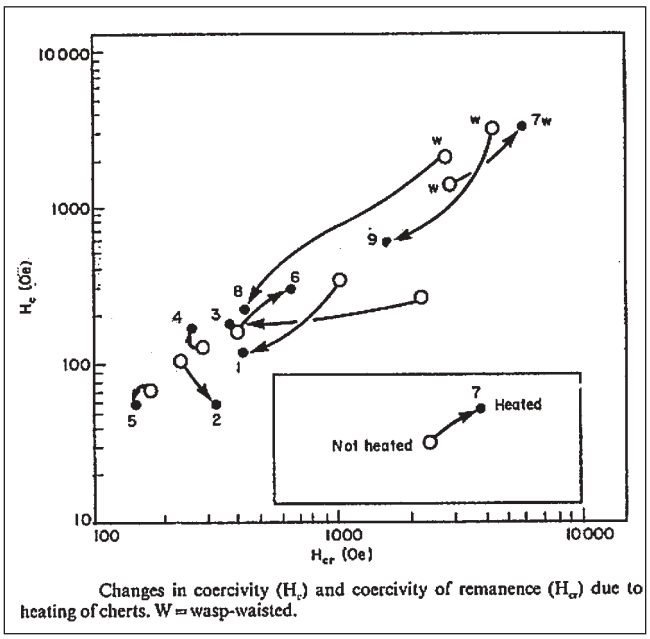


Fig. 17. Borradaile *et alii* (1993).

La inconsistencia podría ser atribuida en parte al pequeño tamaño de la muestra.

A pesar de que la aplicación de los conceptos de susceptibilidad magnética e histéresis son asumibles, el problema que plantea este trabajo es la generalización de los resultados a rocas de composición diferencial.

Otra investigación experimental sobre el calentamiento del sílex es la que llevan a cabo Griffiths *et alii* (1983). Utilizan dos tipos de sílex en experiencias de laboratorio y al aire libre, para comprobar qué temperatura es la más adecuada para tallar mejor este material y porqué se talla mejor si se produce calentamiento.

a. Experiencias de laboratorio. Calientan una serie de muestras enterradas en arena en un horno eléctrico a 100ºC durante 24 horas y después siguen calentado hasta 400ºC momento en que las fracturas harían imposible la talla. Llegan a la conclusión de que un calentamiento entre 180°C y 250°C en 24 horas y de 250°C a 300°C en una hora, es el que permite una talla de mejor calidad. Sin embargo remarcan la importancia de la materia prima así como la preferencia del tallador, para establecer una temperatura óptima de calentamiento.
b. Experiencias al aire libre. Realizaron un fuego de entre 50-80 cm de diámetro al que fueron añadiendo leña (ramas de ± 5 cm de diámetro) cada 30-45 minutos. Midieron la temperatura con sondas de cromo-aluminio, colocando las preformas de sílex alrededor del fuego. Realizaron una estructura de hogar en cubeta y otra con borde de piedras, notando que la diferencia de temperatura entre los dos tipos era de 100º - 200ºC. Asimismo anotan la diferencia de temperaturas entre un día sin viento (< 400°C -540°C) y otro ventoso (< 600°C - 700°C) en el suelo. Lo que no mencionan es la duración de las experiencias al aire libre. Los resultados establecen que todas las preformas colocadas en el suelo antes de encender el fuego sufrieron fracturas internas, provocadas por las llamas directas y los restos de madera en combustión. Sin embargo las piezas que no entraron en contacto directo con el fuego sufrieron poco. Concluyen que el tiempo óptimo de calentamiento aparentemente como mejor se establece es “a ojo”, introduciendo las muestras en una cama de cenizas. En cuanto a los cambios estructurales producidos por temperatura, concluyen que el estudio termogravimétrico y microscópico indica que la recristalización de la matriz microcalcedónica del sílex es la responsable del cambio en la calidad de la talla como consecuencia del calentamiento.

Domanski y Webb (1992), analizan y explican tres tipos de cambios a causa del calentamiento en rocas silícieas:

1. Cambios visuales. En las rocas silíceas microcristalinas, el calentamiento produce un oscurecimiento, un aumento del brillo o lustre –causado por cambios microestructurales dentro del silicio– y de las microfracturas. Asimismo se produce un cambio de color, el más común del amarillo/marrón hacia el rojo oscuro, que se produce como resultado de la transformación de la goetita en hematita durante el calentamiento [3].
2. Cambios mecánicos. Realizan una serie de test para observar como afecta la alteración térmica. Encuentran que dos de las propiedades testadas (compresión y tensión) no muestran cambios perceptibles, mientras que la elasticidad y la resistencia a la fracturación presentan cambios muy marcados. Con esto demuestran que la resistencia a la fracturación decrece con el calentamiento. Tanto en el material criptocristalino como en el macrocristalino, se producen menos fracturas cuando ha sido calentado a 300°C - 400°C. Cuando se supera esta temperatura se producen microfracturas, etc. y lo mismo ocurre si se calienta y enfría muy rápidamente. En las rocas macrocristalinas hace falta alcanzar algo más de temperatura (500°C) para observar cambios en la resistencia a la fracturación ya que por debajo de esta temperatura no se han observado cambios. Proponen que la resistencia a la fracturación se tome como criterio para reconocer la intencionalidad del calentamiento de los artefactos líticos arqueológicos.
3. Cambios microestructurales.
   a. En primer lugar invocan la teoría de la recristalización de la matriz calcedónica en el sílex. Siguiendo la teoría desarrollada por Purdy (1982), se explica que durante el calentamiento, la impurezas de la matriz se cree que actúan como flujo, soldando la estructura. Como resultado las fracturas se propagan igualmente a través de los lepisferos, fósiles y matriz, siguiendo superficies lisas de fractura.
   b. Una segunda teoría desarrolla el papel del agua en la microestructura. Durante el calentamiento se produce un movimiento de agua que da lugar a microfracutras, las cuales hacen decrecer la resistencia del material.
   c. La tercera teoría que habla de cambios microestructurales hace referencia a que debido al calentamiento en sí o a cambios bruscos de temperaturas se producen microfracturas y roturas de los cristales de los silicatos, pero que estos efectos a bajas temperaturas no se aprecian ni con el MEB. El problema que se plantea es saber qué consideran estos autores como temperaturas bajas.
   d. La cuarta explicación está basada en el estudio del jaspe de Pensilvania. Este material contiene pequeñas acumulaciones de gohetita la cual recrista-

[3] Una síntesis del problema de la transformación de los óxidos de hierro se aborda en el último capítulo.

liza en hematita con un calentamiento a baja temperatura (100°C), según Langmuir (1971), estos cristales de hematita se concentran en canales alrededor de los cuales se propagan las fracturas.

La explicación más clara parece ser que el calentamiento produce recristalización de los materiales silíceos, lo cual se traduce en una reducción del tamaño del cristal (Crabtree y Butler, 1964: 2). Esta recristalización no es observable en el microscopio petrográfico y si mediante el MEB. Por otra parte parece que el índice de cristalización es indicativo ya que varía con el calentamiento para este tipo de materiales. Asimismo plantean que la recristalización es responsable de los cambios en las propiedades mecánicas y en la propagación de las fractura en los materiales silíceos calentados.

III.3.2. Los restos de combustión

También en el estudio de los ítems relacionados con la propia combustión se introducen métodos que permiten analizar en detalle las alteraciones que el calentamiento ha producido sobre las estructuras y la morfología de las rocas.

Uno de los primeros trabajos que introducen nuevas aplicaciones analíticas a las rocas de los denominados hogares son los de Valladas (1981). Esta autora aplica la termoluminiscencia para conocer la temperatura de calentamiento a la que estuvieron sometidas las rocas areniscas de los yacimientos franceses de Etiolles, Marsangy, Pincevent y Verberie.

Utiliza la experimentación para estudiar los hogares en cubeta con borde de rocas y concluye que las temperaturas más bajas se dan en las rocas que están sobre las brasas al final de la combustión y no en las que se encuentran en contacto directo con el fuego al principio. Las temperaturas se encuentran en general comprendidas entre los 350°C y los 450°C y sólo un caso sobrepasa los 500°C. Las temperaturas deben ser consideradas máximas. Si las rocas son calentadas varias veces, la adición de los efectos de diferentes calentamientos simula el efecto de un solo calentamiento a una temperatura más elevada. Sobre esta cuestión debemos comentar que el ejemplo que ella misma propone supone que para simular la acción de un calentamiento a 250°C, se deberían dejar la rocas areniscas más de un centenar de horas a 200°C.

A partir de estos resultados, la autora propone un modelo térmico por el que las rocas que quedan en el interior de la cubeta tendrían una función calorífica.

Más tarde, Coudret y Larrière (1986), volverán a utilizar la termoluminiscencia para determinar la temperatura de las rocas del hogar A17 de Etiolles, pero no van más allá en la interpretación de la funcionalidad de la estructura o del hábitat. Basándose en el modelo teórico establecido por Leroi-Gourhan, "a partir de la observación en el suelo de cada uno de los componentes de la estructura", reconstruyen la dinámica de funcionamiento. Para esto utilizan el remontaje de las piedras fracturadas térmicamente, sin explicar en este trabajo, cómo establecen cuando una roca está termoalterada, ni el análisis visual de las huellas de combustión y rubefacción en las rocas. Para explicar en detalle el funcionamiento de la estructura aplican la termoluminiscencia a

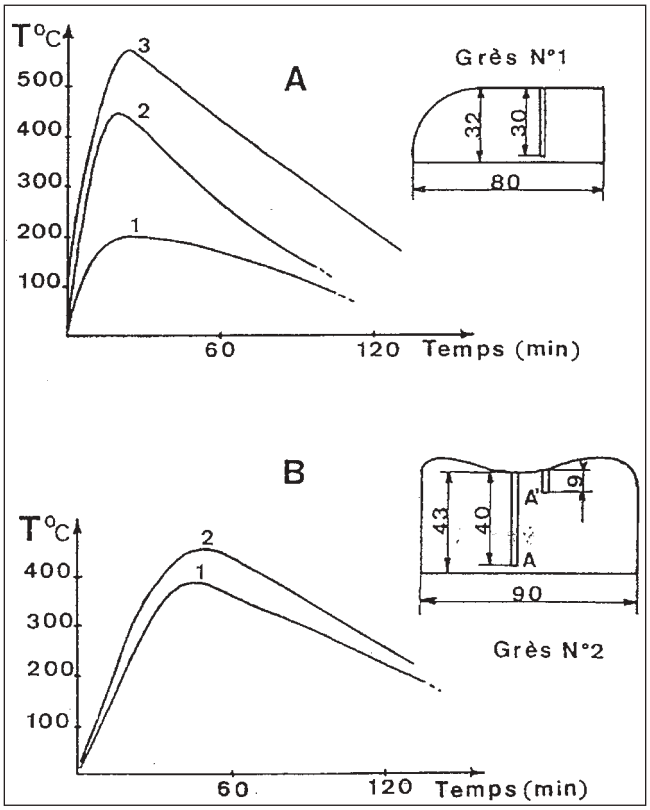


Fig. 18. Curvas de termoluminiscencia registradas en el interior de las areniscas experimentales (Valladas, 1981).

las rocas que presentan, según unos criterios no definidos, alteraciones térmicas y a aquellas en las que la coloración supone un problema de interpretación.

El arqueomagnetismo, como la termoluminiscencia, ha sido utilizado tradicionalmente para establecer cronologías, pero desde los años 80 está siendo aplicado al estudio de los restos de combustión.

En el trabajo de Atkinson y Shaw (1990) se propone la utilización del arqueomagnetismo para obtener información acerca de la intensidad del campo geomagnético en el momento de la combustión y así poder conocer la temperatura de determinadas rocas según su posición respecto de la fuente de calor. Realizan experimentaciones con rocas areniscas y establecen que con el calentamiento se produce un cambio en la dirección magnética de las rocas.

Sin duda, el trabajo que trata con mayor profundidad el tema de las rocas termoalteradas es el de Meloy y Pagès (1984). Es el único hasta el presente que, mediante un estudio físico, químico y mineralógico de las rocas de los hogares prehistóricos, ha caracterizado la acción del fuego y la del medio de conservación sobre los materiales pétreos, intentado asimismo reconocer los posibles estadios de funcionamiento de un hogar. Esta memoria sienta las bases que durante mucho tiempo han servido a los arqueólogo/as a la hora de identificar si las rocas estaban alteradas o no, si las fracturas habían estado provocadas por el calentamiento y la temperatura a la que el hogar habría estado sometido según la coloración que presentaran las rocas.

Desarrollan una analítica rigurosa para establecer grados de alteración por calentamiento, siguiendo los métodos propuestos por Laloy (1981). Proponen una escala colorimétrica que, como discutiremos en el último capítulo, presenta algunos problemas metodológicos, así como también reconocen unas pautas de fracturación según el tipo de material estudiado, que también discutiremos. Es el primer trabajo que analiza las transformaciones de la estructura cristalina de la roca.

Para poder establecer estos parámetros realizan experimentaciones tanto de laboratorio como al aire libre y contrastan los resultados de su trabajo analizando la estructura de combustión de P-15 del yacimiento de Etiolles (Essonne, Francia). A pesar de las discrepancias que mostramos con algunas partes de este trabajo, se debe reconocer que es uno de los escasos proyectos que aborda con seriedad y rigurosidad científica la problemática de la termoalteración de las rocas.

La búsqueda de nuevos métodos que permitan objetivar las interpretaciones en este momento es ya continua. Un excelente ejemplo es el trabajo desarrollado por el laboratorio de Prehistoria de Vauvert (Bazile, 1982, 1987, 1989). En un

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS	EVOLUCIÓN EN CLIMA OXIDANTE
LIMONITA	Formas hidróxilas, comúnmente llamadas oxidadas, a menudo mezcladas con óxidos de manganeso. • Toda agua contiene Fe^{3+} en solución, precipitando en forma de arcilla roja, el hidróxido de hierro se depopsita fácilmente en forma de gel de hierro Fe (OH). • En clima frío, las sales de Fe^{2+} proveniente del lavado de las rocas pueden precipitar bajo forma de Fe^{3+} (acción oxidante del aire).	Se transforma fácilmente en goetita naturalmente mezclados o bajo la acción de un calentamiento entre 140º y 250ºC. Se transforma en hematita desde que la temperatura y la presión aumentan (deshidratación). Participa del fenómeno de lateralización de los suelos en asociación a los hidróxidos de aluminio en clima tropical húmedo.
GOETITA	Fe OOH oscuro, microscópicamente bajo forma de finos cristales marrón-naranja.	Se transforma en hematita por calentamiento (en una hora al aire libre) - en hematita normal entre 350º y 600ºC. - en hematita perfecta a 900ºC (cristales típicos).
HEMATITA	Fe_2O_3 rojo. A veces llamado hidrohematita para variedades muy finas con una fuerte tenencia de agua, sea en curso de evolución, de germinación o de disolución (es entonces coloidal o en masas criptocristalinas). Los cristales de hematita son tanto más redondos cuanto más elevada es su temperatura de formación. Son el producto final obtenido por el calentamiento de los óxidos de hierro (estable en la zona de oxidación).	A 1390ºC, al aire, se transforma en magnetita.
MAGNETITA	Fe_2O_4 negro. Buenos cristales (minerales magnéticos y volcánicos)	

Cuadro 8. Principales oxi-hidróxidos de hierro (Meloy et Pagès, 1984). Modificado.

intento de aportar nueva información al estudio de los denominados "suelos de hábitat", aplica por primera vez un conjunto de métodos que van a dar una nueva orientación a la investigación en este campo (Bazile et Monnet, 1983; Guillerault y Bazile, 1987; Guillerault, 1983; Monnet, 1987). Se realizan experimentaciones sobre hogares copia de los arqueológicos del yacimiento de Fontgrasse (Gard, Francia).

Utilizan el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) aplicado al examen de las rocas termoalteradas. Mediante un análisis comparativo entre las rocas arqueológicas y rocas de la misma litología quemadas experimentalmente, se pretende establecer una escala doble tiempo/frecuencia de calentamiento. El MEB se utiliza con microsonda para poder establecer relaciones entre los análisis químicos realizados en el suelo del yacimiento y los realizados a los elementos minerales, para así poder identificar la forma mineral de los elementos adosados.

Eligen las molasas (biocalcarenitas) para el calentamiento experimental controlado y van estableciendo analíticas comparativas según el grado de calentamiento, describiendo los cambios morfoestructurales que se producen en las rocas. De las observaciones que describen hay diversas cuestiones que llaman nuestra atención:

1. El que ya a 400ºC y con un sólo calentamiento, se perciba una reorganización de la microestructura, con neoformación de calcita en forma de copos.
2. Que el Silicio y el Hierro emerjan del ruido de fondo.
3. Que la matriz arcillo-calcárea presente forma de "choufleur" con el calentamiento.

En cuanto a la reorganización de la microestructura a 400°C, nos parece cuanto menos sorprendente, ya que los resultados de nuestros análisis experimentales no muestran cambios morfoestructurales hasta temperaturas que se aproximan a 600°C.

Por lo que se refiere al aumento de silicio y hierro, es posible que pueda deberse a una individualización y vacuolización de los minerales, pero como se plantea claramente en el texto, el espectro puede ser el de una arcilla, con lo que la explicación más plausible para el aumento de hierro y silicio es que en el momento del microanálisis se haya "pinchado" una arcilla, con lo cual los resultados no pueden ser directamente comparados con los establecidos para toda la superficie de la muestra. Además se debe tener en cuenta que es prácticamente imposible analizar la misma superficie dos veces con el MEB, si no es mediante la utilización de réplicas, dado que cada vez que se introduce la muestra hay que buscar el emplazamiento que no es posible marcar con anterioridad.

Por lo que respecta a los restos de matriz arcillosa en forma de "choufleurs", debemos decir que nosotros no hemos detectado esta particular estructura.

Sobre la destrucción de la hematita a 700ºC debemos remarcar que, según Carmichael (1990), se puede medir la susceptibilidad de la hematita a 760ºC y, además, en el trabajo de Meloy et Pagès (1984), se llega a apuntar que ese cambio se produce a 1390ºC. Lo que se produce a 670ºC es la desmagnetización de la hematita (Carmichael, 1990).

Respecto a que la evolución del material se deba no sólo a la temperatura sino también al número de calentamientos, debemos decir que en nuestras experiencias de varios calentamientos, que siempre fueron inferiores a 300°C, no se produjo en absoluto una exacerbación de los fenómenos observados. El calentamiento de una serie de rocas –muestras experimentales calentadas en mufla– a 100ºC (dos calentamientos de tres horas), 200°C (un solo calentamiento) y 300°C (un solo calentamiento), dieron como resultado el análisis de una roca calentada a 300°C.

Nos parece arriesgado intentar establecer criterios de interpretación a partir de un solo calentamiento, aunque en el texto hace referencia hasta cinco calentamientos que no se específica si son realizados en mufla o al aire libre.

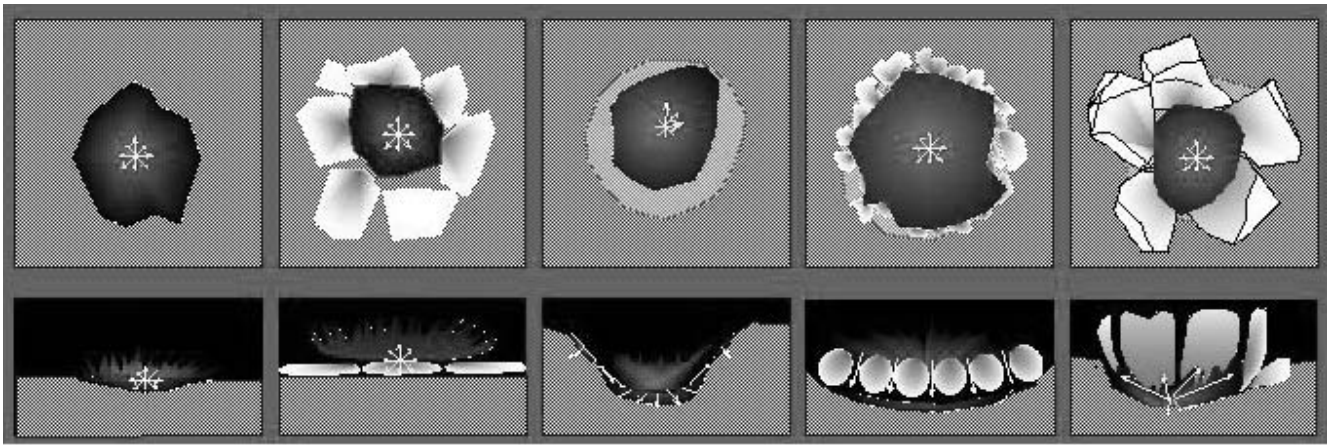
Cualquier test experimental necesita de una sistemática precisa para observar que, efectivamente los fenómenos se repiten y así poder establecer, sobre bases sólidas, criterios de caracterización que permitan llegar más lejos en la interpretación.

En esta misma dinámica de establecer nuevas posibilidades de estudio de las estructuras de combustión prehistóricas, se encuentra el trabajo de Wattez (1992). Pretende abordar el tema de las actividades relacionadas con el fuego a partir del análisis del contexto sedimentario de las estructuras de combustión. Esta vía de investigación se fundamenta en los conceptos interpretativos y en las técnicas de determinación de la micromorfología de suelos. Para determinar los atributos específicos de las cenizas vegetales en función de los combustibles y de los caracteres de alteración térmica de los vegetales y de los materiales sedimentarios, realiza experiencias controladas en laboratorio y al aire libre.

El protocolo experimental seguido consiste en quemar restos de hojas, ramas, frutos, etc. en laboratorio a 500°C durante 30 minutos en laboratorio y más tarde al aire libre. Después de un tratamiento, las muestras son analizadas por microscopio electrónico y difractometría de rayos x. De entre los resultados de este trabajo destacamos que el proceso de incineración supone una reducción del volumen de las plantas, que las cenizas obtenidas a 500ºC son de color blanco o gris-blanco y que en muchos casos no han sufrido una combustión completa; que las cenizas de herbáceas se distinguen claramente de las de madera y hojas de pino y que los residuos de cenizas no presentan caracteres morfológicos constantes. Una conclusión interesante es que los residuos vegetales constituyen marcadores de la historia térmica y del funcionamiento de las estructuras de combustión. Dado que la temperatura en el interior del hogar no es uniforme, se pueden formar diferentes residuos simultáneamente, lo que permite, conociendo sus caracteres morfológicos, precisar las condiciones de la combustión.

Si los trabajos de Bazile o de Wattez, como hemos visto, abrían nuevas expectativas muy interesantes, las investigaciones desarrolladas por March desde 1988 van a suponer el establecimiento de una nueva base teórico-metodológico-experimental, que permita conocer los comportamientos de los ocupantes de un asentamiento, su relación con las actividades de combustión y precisar la función de los hábitats.

Estos trabajos se centran fundamentalmente en el estudio del modo de funcionamiento, la función, la duración y la morfología de los hogares (1988, 1989,1993, 1995) para



Hogar simple | Hogar simple sobre losas | Hogar en cubeta simple | Cubeta con fondo empedrado | Hogar en cubeta con borde

Cuadro 9. Establecimiento de modelos de comportamiento térmico.
La posición del fuego determina las alteraciones térmicas producidas por el efecto del calor. (March, 1996). Modificado.

reconstruir la historia o microhistoria de cada una de las estructuras de combustión estudiadas. Para ello se sirve de la experimentación como marco informativo para establecer sus criterios interpretativos. Dedica especial atención a la aplicación de la química orgánica y al cálculo del tiempo mínimo de encendido, así como al desarrollo de una estricta metodología experimental.

A partir de la idea de que las sustancias orgánicas quedaran adheridas a los sedimentos arqueológicos, este autor desarrolla todo su trabajo alrededor de la reconstrucción de las micro-historias de cada estructura de combustión, con el fin de poder responder entre otras a la pregunta ¿hay una asociación entre la forma y la función de las diferentes estructuras de combustión?. Para responder a esta cuestión se analizan los restos de los desechos de origen animal o vegetal que se han conservado en el sedimento que formó parte de un hogar.

La determinación de estas sustancias orgánicas le ha permitido identificar la presencia de restos de combustión sometidos a una fuerte rotura térmica, restos de grasas de origen animal o, en los sedimentos llamados carbonosos, la marca vegetal original intacta.

Como queda demostrado en su tesis doctoral (1995) la química orgánica proporciona informaciones, irrecuperables por otros métodos, de los restos de las actividades antrópicas desarrolladas alrededor de las estructuras de combustión. Al mismo tiempo proporciona información sobre los procesos tafonómicos que permite, a partir del estudio de cada estructura, conocer las condiciones de deposición de cada asentamiento.

Un ejemplo de esta aplicación son los resultados obtenidos en el estudio de los yacimientos magdalenienses de Francia. Se ha podido determinar que las diferentes formas podían estar asociadas a funciones similares y/o que hogares con formas similares estaban destinados a modos de funcionamiento diferentes. Estos resultados cuestionan, obviamente, la asociación linear realizada por las tipologías existentes entre la forma y la función de cada hogar.

En cuanto al cálculo del tiempo mínimo de encendido, ayuda a conocer la duración e intensidad de utilización de las estructuras de combustión y, por tanto, la duración de la propia ocupación. March y Ferreri (1989) afirman que conocer la duración aproximada de un asentamiento permite precisar todo el sistema de variables que lo integran dentro del contexto arqueológico. La posibilidad de definir con más precisión el contexto arqueológico nos aproxima al conocimiento de las culturas, su comportamiento y dinámica espacial.

Para determinar este cálculo se establece la utilización de un modelo matemático numérico. Si se posee un control de las temperaturas alcanzadas y las dimensiones de la superficie alterada por dicha temperatura, se puede calcular el tiempo necesario para que dicha alteración se produzca. A través de la variación de los parámetro implicados en el medio en estudio, se pretende analizar las posibilidades de extrapolación de los resultados del modelo al medio arqueológico.

Este modelo ha sido aplicado en yacimientos de cazadores recolectores en Argentina (La Solana, Tunel, etc.) y en asentamientos de grupos cazadores recolectores del valle de París. Un ejemplo de estos últimos es el estudio del tiempo mínimo de encendido del hogar X127 de Pincevent. El modelo parte de un fuego de 30 cm de diámetro, mantenido a una temperatura constante de 450ºC durante tres horas. Mediante la experimentación se observa que la temperatura sube en dos horas de encendido constante a 308ºC a 2 cm de profundidad. Esto plantea que como el hogar X127 presentaba una alteración de menos de 2 cm, no estuvo encendido más de dos horas a una temperatura constante de 450ºC, por lo tanto ese es el tiempo mínimo de encendido a

esa temperatura. A partir de ahí se puede calcular cual es la duración para 400ºC y 350ºC. (March *et alii*, 1993).

El método experimental desarrollado por este autor (March, 1996) plantea el problema que supone la cantidad de variables que se deben medir en cada experiencia de campo y cómo, para poder abordar el trabajo se debe optar por la operatividad del proceso experimental. De tal manera se establecen una serie de parámetros controlables, como el tiempo de duración de las experiencias, y se desarrolla un programa que va de lo simple a lo complejo y de lo general a lo particular. El objetivo del estudio es contribuir a la creación de una metodología de aplicación general, sin perder de vista la riqueza de las particularidades de cada una de las problemáticas analizadas.

El planteamiento de este autor se describe cuando habla de que la recurrencia observada a partir de la reconstrucción de las micro-historias de cada estructura de combustión podrá permitir un día comprender la importancia de las estructuras de combustión en la identificación de los grupos o en la caracterización cultural, para las cuales hasta el presente, como también apuntaran Wilson y Delyria, el estudio de las estructuras de combustión no ha sido tenido en cuenta al mismo nivel que los otros restos de actividades técnicas como los vestigios líticos o de fauna (March, 1995).

El conocimiento de los trabajos anteriormente presentados, nos llevó a plantear la sistemática experimental que desarrollamos en el siguiente capítulo. En él se recoge una propuesta experimental que, partiendo del análisis de las rocas sedimentarias carbonatadas, plantea una dinámica operativa, secuencial e iterativa, aplicable al estudio de cualquier materia prima termoalterada.

Como se ha podido comprobar con los ejemplos estudiados, no nos enfrentamos a problemáticas sencillas que podamos estructurar de menor a mayor cómodamente. En los yacimientos estudiados, encontramos situaciones evolutivas intermedias, con problemáticas muy particulares, que han hecho imprescindible la creación de una metodología de trabajo propia, que permita el estudio de este tipo de evidencias.

La diversidad de formas en que los restos de combustión estudiados se presentan, hizo que la elaboración de un programa experimental apareciera como posibilidad de estudio. Centramos este programa en la termoalteración de las rocas, siendo conscientes de que aún siendo estos restos los más y mejor descritos, se carecía de una sistemática que permitiera, con su aplicación, aproximar su dinámica de funcionamiento.

IV. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

La metodología experimental aplicada al estudio de las estructuras de combustión es uno de los caminos más viables que se establecen para llegar a reconstruir no sólo la función y/o funcionamiento de las propias estructuras, sino también el del hábitat al que pertenecen.

Hemos visto como de las experiencias imitativas, tal como fueron descritas por Ascher (1961), desarrolladas por autores como O'Kelly (1954), se ha llegado en los últimos años al establecimiento de metodologías experimentales que intentan responder mediante la aplicación de nuevas técnicas, a partir de hipótesis concretas, a los problemas que plantea la dinámica de investigación de los asentamientos prehistóricos.

Siguiendo este planteamiento, hemos visto como diferentes autores han dedicado parte de sus trabajos a la experimentación, a través de la observación de las termoalteraciones de las rocas que formaron parte de hogares aparecidos en contextos arqueológicos del Paleolítico Superior. En unos casos se han centrado en establecer criterios de fácil observación como es el cambio cromático y las alteraciones estructurales, en otros se ha utilizado la microscopía electrónica para investigar acerca de los llamados suelos de hábitat paleolíticos mediante la réplica experimental de las estructuras de combustión. Pero, en cualquier caso, la gran mayoría de estos trabajos han sido puntuales, inicialmente citados como parte de proyectos experimentales más amplios que nunca tuvieron continuidad.

Consideramos imprescindible dedicar un apartado importante de este trabajo a la clasificación petrológica de las rocas calizas, dado que éste será el punto de partida de todo nuestro desarrollo experimental. La denominación correcta así como el análisis y la descripción más ajustada posible de cada una de las muestras ha sido la manera de poder abordar el estudio de las alteraciones sufridas por estas rocas a causa del calentamiento y al mismo tiempo ha constituido la base para poder establecer criterios de discriminación aplicables en excavación.

IV.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS CALIZAS

La clasificación de objetos naturales es la subdivisión de una infinita serie de objetos en grupos mayores. Representa un paso básico del método científico.

El objetivo de la clasificación es por una parte facilitar la comunicación de ideas o datos y por otra, proporcionar al investigador el beneficio que se deriva de la organización de los datos (William y Lloyd, 1962).

La clasificación de las rocas carbonatadas no se ha abordado en la bibliografía desde una perspectiva única, sino que se han realizado diferentes propuestas de sistematización. Los dos tipos de clasificación más importantes para esta litología han sido las clasificaciones descriptivas –agrupa las rocas carbonatadas en base a las características observables (mineralógica, química, textural, etc.) que puedan ser determinadas objetivamente– y las genéticas, cuyo objetivo es conocer el origen de las rocas.

El ámbito de esta tesis conecta colateralmente con disciplinas de las llamadas ciencias de la tierra: petrología, geología, sedimentología, etc. Pero nuestra inferencia en cada una de ellas es tan solo la basada en criterios académicos paralelos a la investigación principal: establecer una dinámica de trabajo viable para crear criterios de discriminación en el estudio de los termolíticos calentados experimentalmente.

Con estas premisas básicas hemos optado por adecuar los criterios clasificatorios prioritariamente a aquellos fines que son de carácter práctico y particularmente que no requieran metodologías muy complejas.

Sin embargo, esto a veces resulta imposible ya que para conseguir respuesta a nuestras preguntas iniciales se hace necesaria la utilización de técnicas, que aunque no muy complejas, se alejan completamente de nuestra disciplina.

Las Rocas Sedimentarias Carbonatadas

Las rocas sedimentarias cubren el 75% del total de la superficie de la tierra. De ellas una quinta parte son calizas y dolomías. Estas rocas carbonatadas están ampliamente distribuidas y se documentan desde el Precámbrico hasta la actualidad, pudiendo dividirse en cientos de clasificaciones. Con tal complejidad de épocas, dinámicas, espacio, constituyentes, evoluciones, etc. se comprende la dificultad de elección de criterios que posibiliten su taxonomía. El aspecto más destacado de las rocas carbonatadas es su origen intrabasinal, su dependencia de la actividad orgánica y la susceptibilidad que presentan a modificaciones postdeposicionales. Las rocas carbonatadas son, a diferencia de otras familias de rocas sedimentarias, poligenéticas.

No obstante desde los trabajos fundamentales de Grabau (1904-1913), quien introdujo términos aún hoy aplicados en otras clasificaciones, Cayeux (1935), describiendo algunas tipologías de rocas calizas con gran profusión de ilustraciones fotográficas de secciones líticas al microscopio petrográfico, hasta momentos mucho más recientes se establecen criterios de clasificación basados en el estudio de largas series de rocas carbonatadas (a veces superiores a las 4000 muestras) y que a su vez son ya mas comúnmente aceptados.

Es el caso de Folk (1959) o Bramkamp y Powers (1958), que serán la base para el establecimiento de otros criterios de clasificación posteriores, al desarrollar parámetros como el origen de esas rocas dentro o fuera de una cuenca sedimentaria especifica, su correlación o dependencia con actividades orgánicas, su susceptibilidad a las modificaciones postdeposicionales, etc. Además es remarcable que, a diferencia de otras familias de rocas sedimentarias, las carbonatadas son una familia significativamente poligenética. Asimismo es importante decir que estas rocas participan extensamente en los procesos metamórficos de metasomatismo y recristalización.

En los simposios que han desarrollado esta problemática se ha comprobado que se prefieren las agrupaciones basadas en criterios como la representatividad en el porcentaje de afloramiento de los líticos, o en los petrológicos, genéticos, mineralógicos, texturales, de rentabilidad económica, etc.

De todas estas consideraciones se puede extraer un criterio conceptual para la clasificación de las rocas calizas que puede tener al mismo tiempo un mayor consenso. Este criterio mayoritariamente aceptado establece precisamente que no se puede establecer un criterio único de clasificación en el estudio de las rocas carbonatadas.

De esta manera, atendiendo a cada uno de los comportamientos, patologías, casuísticas inherentes a su génesis, etc., conviene tener en cuenta cada una de las clasificaciones que mejor favorezcan la definición y agrupamiento de las consideraciones analizadas al investigar los materiales pétreos calizos.

Los parámetros normalmente usados en la clasificación de las rocas calizas, con posterioridad a los fundamentales de composición y textura, suelen ser los mineralógicos, químicos y la composición expresada de acuerdo con los tipos de grano que los constituyen (fósiles, ooides, pellets, etc.). Buena parte de ellos reflejan directa o indirectamente los ambientes y dinámicas genéticas e incluso las posibles evoluciones prediagenéticas de estos materiales. Se puede observar que la mayor parte de los sistemas de clasificación de rocas calizas utilizan mas de un parámetro, algunos puramente descriptivos, otros descriptivos y genéticos y finalmente hay quien usa sólo los genéticos.

IV.1.1. La composición mineralógica

En las calizas es muy limitada, tan solo tres minerales: calcita, dolomita y aragonito. Las diferencias entre sí de rocas con porcentajes variables de calcita o dolomita o calcita y aragonito pueden implicar cambios texturales cuando dichas variaciones en la composición se deben a procesos postgenésicos. Tal puede ser el caso del aumento de los índices de porosidad de determinadas calizas evolucionadas o dolomías; o las recristalizaciones de restos orgánicos aragoníticos, etc., la identificación de los minerales, llamados accesorios, como el cuarzo, la glauconita, los óxidos metálicos, etc., tan solo facilitan en general una más completa descripción del material rocoso, pero no su clasificación.

IV.1.2. El medio genésico y su composición

Bajo una idéntica composición se pueden agrupar litologías formadas en ambientes lacustres, con frecuentes huecos en su superficie o rellenos locales con materiales arcillosos; otras marinas sin huecos, y una distribución uniforme en su seno de sedimentos arcillosos. Ambas son visualmente diferentes e incluso con comportamientos geotécnicos dispares. Este es un ejemplo de la complejidad de la clasificación. La composición química se utiliza fundamentalmente cuando otros parámetros de clasificación no son suficientes.

Los residuos insolubles son minerales que en ocasiones han posibilitado una discriminación entre diferentes grupos carbonatados. Tal fue la propuesta de Krynine (1948). Sin embargo hoy en día no representa un factor significativo en ningún criterio corriente de clasificación.

IV.1.3. La identificación de la naturaleza de los granos

Muchos materiales carbonatados están constituidos por granos, unos de naturaleza inorgánica y composición, tamaño, grado de redondeamiento y esfericidad, o incluso colores variables. Otros, aún teniendo en cuenta esas propiedades texturales, son de naturaleza orgánica y asimismo diferenciables entre si, ya sean restos de organismos como caparazones, fragmentos de conchas, o de acciones asimismo orgánicas, tanto secretoras como residuales.

Los criterios basados en conectar clasificaciones fundamentadas en estas identificaciones, ya sean de componentes inorgánicos, y sobre todo orgánicos, es labor de especialistas en ciencias geológicas. Sin embargo puede ser sencillo en muchos casos discriminar litologías tanto a simple vista como con una pequeña lupa, basándonos en lo dicho anteriormente.

Los diferentes autores que tratan las temáticas clasificatorias establecen criterios de diferenciación entre las rocas calizas basados también en otros parámetros, que consideramos más dirigidos a especialistas en Petrología. De entre ellos destacaremos los siguientes casos:

1. La variabilidad de las texturas deposicionales en el momento de formarse las rocas.
2. La madurez textural, basados en el grado de redondeamiento y esfericidad de los granos.
3. Los factores diagenéticos, desde que se depositó el sedimento rocoso hasta su posterior evolución.
4. El origen de sus componentes: alóctonos o autóctonos.

Nuestra descripción clasificatoria no tiene en cuenta tan solo criterios específicos definidos por determinada escuela o autor. Pretendemos adaptar aquellos términos que sean de fácil y práctica comprensión, que se ajusten a conceptos definidos en Petrología Sedimentaria. Con este planteamiento se han tenido en cuenta los siguientes criterios de clasificación:

A. Los basados en la génesis de los materiales, como los de Twenhofel (1950):

I. De origen químico, tanto orgánicos como inorgánicos.
II. De origen mecánico (también llamado detrítico).

O los de Johnson (1951):

I. Orgánicos
II. Inorgánicos
III. Mecánicos o clásticos.

B. Los de Pettitjohn (1957), que si bien posee criterios basados en características genéticas, también se apoya en propiedades petrológicas:

I. Calizas autóctonas
II. Calizas alóctonas
III. Calizas metasomáticas

C. La clasificación de Folk (1959), fundamentalmente petrológica –aunque también basada en criterios genéticos–, construida a partir de seis elementos principales: intraclastos, pellets, fósiles o fragmentos de fósiles, oolitos, calcita microcristalina o micrita y cemento de calcita "sparry". Realiza una división en tres familias principales de calizas según la proporción de (1) aloquímicos, (2) micrita y (3) cemento de calcita "sparry".

I. Rocas aloquímicas con "sparry": constituyentes aloquímicos cementados por "sparry" (cristales de calcita)
II. Rocas aloquímicas microcristalinas: también contienen aloquímicos, la micrita aparece como matriz y el "sparry" queda totalmente subordinado.
III. Rocas microcristalinas: constituidas enteramente por micrita con poco o ningún material aloquímico.
IV. Rocas biohermales o biolititas: este nombre debe ser aplicado sólo a las rocas constituidas por estructuras orgánicas en posición growth.

A su vez estas clasificaciones definen subcategorias que en el caso de Pettijohn y Folk, se basan en componentes orgánicos o inorgánicos definibles por el estudio de las secciones delgadas de las rocas al microscopio petrográfico.

Leighton y Pendexter (1961) expusieron en su comunicación "Carbonate Rock types" una serie de conceptos básicos para el estudio de estas rocas. Su clasificación se basa en aspectos medibles de las rocas, es fundamentalmente descriptiva y de gran utilidad tanto en la definición de litologías frescas como en la de las derivadas de alteraciones. Los autores establecen los siguientes conceptos: los componentes texturales y los tipos de grano.

A. Los componentes texturales son:

1. Micrita: lodo consolidado, de composición variable frecuentemente carbonatada y que presenta un tamaño de grano inferior a 0.031 mm. de diámetro (es decir no se perciben sus componentes a simple vista).
2. Granos: partículas mayores de 0.031 mm. que pueden constituir la armadura de la roca, similar a los granos de arena en una arenisca o incluso mayores.
3. Cemento: componente cristalina que rellena los huecos entre granos. Suele verse en forma de cristales de calcita, diferenciables con una pequeña lupa y a veces a simple vista.
4. Poros: su morfología, intercomunicabilidad, porcentaje respecto de la roca, dimensionado, distribución en el seno del material, el cristalizado o lavado de sus bordes, su relleno por materiales arcillosos, o su cementación, son entre otras propiedades, buena parte de los considerandos esenciales en el análisis comparativo entre rocas frescas, alteradas y consolidadas.

B. Los tipos de grano son:

1. Fragmentos de rocas preexistentes procedentes de una o mas litologías y por ende incluso de composición diferente, y variables en su morfología y tamaño. Para algunos autores reciben el nombre establecido por Folk (1959) de intraclastos.
2. Bioclastos: "Skeletal Grains" para Folk (1959), son restos de caparazones de organismos, tales como los moluscos, corales, crinoideos o, incluso, formas completas como los foraminíferos, o depósitos algares.
3. Pellets: pequeñas formas ovoidales de material micrítico sin ninguna estructura interna significativa (a diferencia de los "coated grains"), y recuerdan granos muy redondeados de arena.
4. Grumos (terrones, "lumps"), son agregados de granos en bordes irregulares y formados por materiales carbonatados similares al resto de la roca.
5. Granos revestidos ("coated grains") son aquellos que presentan una estructura concéntrica de capas sucesivas de carbonato cálcico sobre un núcleo central. Incluye términos como Oolitos, Pisolitos y restos de construcciones algales.

Partiendo de estos conceptos, se puede establecer una primera nomenclatura de las rocas calizas para ir completándola posteriormente en cada descripción. Así se obtendrían: calizas micríticas, esparíticas, organógenas o bioclásticas, pellmicritas, oolíticas, etc.

Hasta aquí se ha estudiado la clasificación de las rocas calizas siguiendo criterios mensurables. Sin embargo, en la descripción de esta litología se ha de tener en cuenta otros criterios, en parte también medibles y que se pueden establecer a partir de observaciones de la materia prima en origen:

- accesibilidad a la materia prima.
- uniformidad de la misma.
- utilidad de dichas litologías para los fines deseados.

La primera aproximación a la clasificación de estos líticos, se realizará en muestra de mano y estas son algunas de las consideraciones a tener en cuenta a la hora de realizar el análisis:

a. La cementación y/o cohesión de sus componentes, el porcentaje de matriz y el grado de variabilidad de estos parámetros incluso en muestras de la misma área de captación.
b. La porosidad y permeabilidad.
c. La naturaleza de los minerales accesorios por su respuesta, a veces expansiva frente al medio ambiente que los altera.
d. El tamaño de los granos que componen la roca.
e. La uniformidad de dichos granos y la textura.
f. La existencia de estructuras lineales perceptibles a simple vista, ya sean por cambios o alternancias en el tamaño de los granos o, por la presencia rítmica o aleatoria de litologías diferenciables.
g. El contenido o no de fósiles, concreciones e impurezas de otros minerales.
h. El color: es uno de los factores, si bien apenas analizado por los estudios petrológicos, tiene una importancia vital en el estudio de las termoalteraciones. El color en una misma litología puede variar por diferentes causas:
    - Presencia uniforme o aleatoria de minerales o agregados cristalinos con capacidad de tinción en su entorno, o que por si mismo y dependiendo de su concentración crean tonalidades diferenciables aún en muestra de mano.
    - Tinción variada de las masas rocosas al tránsito de aguas naturales coloreadas.
    - Lavado o aclaración diferencial de las masas de materiales. Tanto por percolación derivada de su permeabilidad por interconexión entre los poros, como por la presencia de microfisuras abiertas por las que circulan los flujos hídricos.
    - Procesos post-genéticos diferenciados, incluyendo procesos de meteorización parcial *in situ* o de recristalización.
i. El olor que dan las rocas frente a la humedad del aliento o la percusión del martillo.

Una vez descrito y conocido nuestro objeto de estudio, pasaremos a describir el sistema de trabajo utilizado para el establecimiento de criterios que permitan discriminar las termoalteraciones de las rocas calizas.

IV.2 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y SECUENCIA DE ESTUDIO

IV.2.1. Taxonomía petrológica

Las rocas experimentales utilizadas en este estudio son sedimentarias carbonatadas, de carácter micrítico y/o esparítico, recogidas en las formaciones litológicas alrededor del yacimiento arqueológico de la Ratlla del Bubo (Crevillent). La justificación de su elección viene dada por el hecho de que en este asentamiento, se excavaron los restos de un hogar que pudo ser documentado suficientemente tal y como se describe en el capitulo siguiente. Esta estructura de combustión presentaba restos de carbones y rocas quemadas junto a restos de talla en la periferia. Dado que era una estructura de combustión *in situ* creímos que podría ser la más adecuada para la aplicación del protocolo experimental que establecemos en este capítulo. Es por esta razón que las muestras utilizadas son de la misma génesis que las documentadas en dicho hogar. Además, cabe añadir que es la litología dominante en toda el área mediterránea y que por tanto la propuesta experimental deberá servir para trabajar en otros muchos asentamientos prehistóricos de la zona y como hemos visto en Marolles, para otros ámbitos.

Para la caracterización de las muestras líticas tanto experimentales como arqueológicas, se deben seguir sistemáticas operativas conocidas basadas en el uso de medios petrográficos, químicos o geoquímicos que operan con medios ópticos y electrónicos.

El desarrollo de la marcha analítica comienza con la recogida de las muestras que serán objeto de estudio. Se elabora una descripción de cada una de ellas, en la que se reflejan los datos más significativos tanto del entorno geológico como del propio afloramiento; asimismo se realiza una primera clasificación de campo, efectuando un registro de cada muestra con su lugar de procedencia y su nº de orden.

A continuación las muestras son cortadas con una sierra de diamante. Seguidamente una parte de cada muestra es pulida para su descripción en lupa binocular. El pulido es necesario para caracterizar las rocas en muestra de mano mediante lupa binocular y sirve también para, una vez determinada la superficie sobre la que se preparará la lámina delgada, describir sus caracteres macroscópicos, con lupa y posteriormente con microscopio petrográfico. Tras su acondicionamiento y fichado se procede a su clasificación petrográfica mediante lupa binocular de hasta 40X de magnificación.

Una vez realizado este proceso de preparación comienza la serie de calentamientos controlados al aire libre primero y en mufla después.

- Instrumentación Óptica

Para la realización del estudio analítico ha sido imprescindible el uso de la microscopía óptica tanto de bajo poder de resolución, con un intervalo que oscila entre 6 y 40 aumentos, como mayor resolución, mediante el microscopio petrográfico en el que se abarca desde los 40 a los 600 aumentos.

La necesidad en casos muy puntuales o de investigación detallada de una mayor resolución hace más operativo el uso de técnicas electrónicas.

Lupa binocular

Las muestras pueden ser observadas tanto sin preparación previa como pulidas. Para el presente estudio se analizaron

después de haber sido pulidas. La mayor parte fueron observadas por vía seca, aunque algunas muestras lo fueron por vía húmeda a fin de conseguir mayores contrastes texturales.

La iluminación fue siempre vertical y no tangencial, con luz halógena filtrada y fibra óptica anular dirigida.

La lupa se ha utilizado para realizar la primera aproximación taxonómica a los pétreos. Permite realizar una descripción detallada de la textura de la roca –tamaño de grano, cemento, matriz, componentes principales–. En una segunda instancia cuando ya se cuenta con las preparaciones en lámina delgada, se obtiene una descripción global de la muestra que facilita la descripción posterior en microscopio petrográfico.

Microscopio petrográfico

Su utilización viene justificada por la necesidad de caracterizar petrológicamente la muestra, siguiendo la secuencia clásica de trabajo.

Dado que su aplicación se limita al campo de la luz transmitida, las muestras deben estar preparadas en lámina delgada de 30 mm de espesor para su observación. Es posible examinar con diferentes técnicas ópticas obtenidas por combinación de: luz paralela o luz convergente, luz polarizada con nicoles paralelos o luz polarizada con nicoles cruzados, apreciándose diversas propiedades ópticas que exhiben minerales y bioclastos individuales que forman la roca: forma del mineral, hábito, relieve, exfoliación, pleocroismo, colores de interferencia, birrefrigerencia, índice de refracción, etc.

La instrumentación utilizada en este caso ha sido un microscopio estereoscópico Nikon SMZ10 con zoom (6-40) X, iluminación vertical por anillo de fibra óptica y ocasionalmente iluminación inferior con sistema de polarización, y un microscopio petrográfico Nikon Micrphot, con iluminación inferior y sistema de polarización, acompañado de un sistema fotográfico, adaptable a ambos microscopios, Microflex Ufx Nikon.

Colorímetro

Dado que en la mayor parte de los trabajos que se relacionan con el estudio de las termoalteraciones de las rocas, interviene sistemáticamente el parámetro del color, consideramos que un tratamiento lo más técnico posible de esta cuestión podría ayudar a establecer criterios objetivos respecto a los cambios de coloración sufridos por estos elementos. Creemos firmemente en la aportación que la colorimetría puede hacer en el establecimiento de criterios objetivos en la discriminación de las alteraciones cromáticas debidas a la termoalteración.

La colorimetría constituye desde hace décadas un instrumento útil de trabajo en determinadas áreas de estudio de la Arqueología Prehistórica. Concretamente ha sido utilizada en el estudio de las pinturas rupestres paleolíticas. El uso del colorímetro en estos casos ha servido, por ejemplo, para establecer el índice de deterioro de las pinturas de la Cueva de Altamira.

El colorímetro proporciona información cromática objetiva altamente fiable, permitiendo la determinación de las coordenadas cromáticas del objeto con diversos tipos de iluminantes y pudiendo operar *in situ.*

Hasta la aparición de los actuales colorímetros y espectrofotómetros, se han desarrollado todo un conjunto de métodos más o menos empíricos que han tenido aplicaciones en el campo de la arqueología. Nos referimos a la NOTACION MUNSELL considerada como un lenguaje universal de colores.

La carta Munsell consiste en una nomenclatura empleada para designar sustancias coloreadas utilizadas en el arte y en la industria. Establecida a partir del espacio de color tridimensional de Munsell, se divide en 267 bloques definidos sus valores de tono, brillo y saturación. Este sistema ha sido establecido por la “Inter-Society Color Council” y el “National Bureau of Standars de USA”, y aparece publicado en “Color: Universal Languaje and Dictionary of Names” (K.L. Kelly y D.B. Judd). El nombre de color universal se establece a partir de la notación Munsell correspondiente a cada pigmento. Esta última se obtiene por comparación directa con la Carta de colores Munsell.

Esta Carta ha sido muy utilizada en trabajos de arqueología prehistórica, sobre todo para el reconocimiento y caracterización de los diferentes estratos de un yacimiento.

En primera instancia también comenzamos a clasificar las coloraciones de las muestras rocosas con la tabla Munsell, pero para el establecimiento de criterios objetivos, no nos pareció un buen utensilio de trabajo porque se apoya en la percepción subjetiva del observador. Esta fue la razón que nos llevó a la utilización del colorímetro.

Con el término colorímetros se designan a los instrumentos que de una forma u otra miden el color de un objeto. En general esto se puede hacer midiendo la distribución espectral de la luz emitida por el objeto y luego calculando las coordenadas cromáticas en algún espacio de color, o bien disponiendo de un aparato cuya respuesta sea igual que la del observador patrón (Campos, 1997).

El colorímetro es un dispositivo optométrico que realiza la medición de las coordenadas cromáticas L*, a* y b*, definidas a partir de los valores triestímulo X, Y y Z de un objeto y los valores Xn, Yn y Zn del iluminante, que configuran el espacio mediante el espacio CIELAB dentro del sistema de medición del color CIE 1976 L*, a* b* (DIN 6174).

L* define la mayor o menor claridad de las muestras (cuan blanca o negra son), mientras que a* y b* indican la tendencia hacia un color del plano (más rojo, más amarillo, más azul o más verde).

Incluso para los especialistas en el estudio del color encontrar una fórmula satisfactoria que permitiera definir cuantitativamente la diferencia de color percibida, entre dos estímulos dados, fue difícil, pero finalmente se estableció la *Fórmula de diferenciación del color CIE 1976 (L a b):*

$$*ab= [(L*)^2 + (a*)^2 + (b*)^2]^{1/2}$$

Pero en algunas aplicaciones, como es nuestro caso, es preferible identificar los componentes de E con la claridad, tono y croma, en cuyo caso la fórmula anterior se sustituye

por las de las magnitudes psicométricas. Estas magnitudes permiten cuantificar las sensaciones de color que hemos descrito.

Tono: **Hab= arc tg (b*/a*)**

Croma: **$C^*ab= (a^2 + b^2)^{1/2}$**

Utilizaremos también en este trabajo el **índice de rojez = a*/b*,** dado que es muy importante para la diferenciación del color a bajas temperaturas, ya que como plantea la bibliografía, las muestras se enrojecen en algún momento del calentamiento.

Las muestras no necesitan ningún tratamiento especial, sólo presentar una superficie pulida. Para que el método experimental desarrollado fuera preciso, se realizaron tres mediciones de cada una de las muestras con el fin de obtener una media del color de cada superficie. Para los cálculos se han utilizado bien estas medias, bien el total de las mediciones con el fin de obtener una mayor fiabilidad.

Los resultados de este tipo de análisis presentan la ventaja de poder ser cuantificados y tratados estadísticamente, como se refleja en los gráficos (figs. 23 a 27).

Tuvimos la oportunidad de utilizar dos colorímetros distintos, de manera que comprobamos si los datos, tomados siempre de una manera aleatoria, eran coincidentes, siendo el resultado coherente. Aunque los valores no se identifican exactamente, las tendencias observadas en las gráficas se solapan generalmente. Una vez comprobado este dato, utilizamos para los cálculos sólo el colorímetro Minolta CM-2002.

La instrumentación utilizada ha sido la siguiente:

- Colorímetro HUNTER, modelo Labscan II. Las condiciones de utilización fueron con un diafragma de 6 mm, iluminante D65 y un ángulo de visión de 10°. Los datos se expresan en el sistema CIELAB.
- Colorímetro MINOLTA modelo CM-2002 que opera con un sistema de detección por fotodiodo de silicio con filtro especial incorporado y sistema de iluminación por lámpara de impulsos por arco de xenon. Las características técnicas más destacables son: intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 a 700 nm, medible a intervalos de 10 nm. Precisión de las medidas de longitud de onda ± 0,5 nm. Medición del color por reflectancia con una desviación standard de 0,10% para la curva de reflectancia y con una desviación standard de 0,03 para los valores de DE a b.

Este colorímetro posee tres tipos de iluminantes:

- Iluminante A: corresponde a la luz emitida por una lámpara de incandescencia de filamento de wolframio y posee una temperatura de color de 2856 K.
- Iluminante C: corresponde a la luz del Sol directo al medio día con un cielo claro y posee una temperatura de color de 4874 K.
- Iluminante D65: corresponde a la luz del cielo norte sin Sol directo en un día claro y posee una temperatura de color de 6774 K.

Se escogieron para trabajar los iluminantes C y D65 entendiendo que son los más apropiados para el estudio de restos arqueológicos que, con mucha probabilidad, van a ser observados con luz solar directa o indirecta.

- Instrumentación Electrónica

Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) con microsonda

La decisión de utilizar este método de análisis se fundamenta en la necesidad de observar transformaciones en la organización y características de los elementos minerales que componen la muestra, con una alta resolución que posibilita la visión de los posibles cambios estructurales.

Al igual que la microscopía óptica, es muy interesante para el estudio de las especies inorgánicas. Su mayor poder de magnificación así como su mayor profundidad de campo la convierten en una técnica complementaria a la microscopía óptica en la determinación de aspectos texturales y morfológicos de los materiales pétreos tales como hábitos de formaciones cristalinas, porosidad del material, morfología y alteraciones en los granos etc.

Por otra parte, incluye una técnica analítica que proporciona el espectro de energías de rayos X de zonas microscópicas de la muestra, es decir su composición química. Este espectro proporciona la composición elemental de la zona analizada, constituyendo una técnica de análisis complementaria a la difracción de rayos X en la identificación de especies minerales.

El microscopio electrónico de barrido con microsonda, posibilita un análisis detallado de la morfología y estructuración interna de la muestra así como de su composición química, permitiendo conocer además como se reparten estos elementos en la muestra analizada (imagen de electrones retrodispersados en fig. 33).

La muestra ha de tener un tamaño no superior a los 10 mm, ha de ser fresca y no estar contaminada. La muestra se aconseja sea obtenida por fractura fresca de la roca, procurando no tocarla con los dedos ya que, la grasa y las sales de la piel podrían tanto contaminar los resultados del microanálisis como desvirtuar su metalización y por ello su imagen en pantalla. Las muestras, en general, se componen de materiales no conductores, por lo que necesitan ser sombreadas con un elemento conductor para su estudio. Según el sombreado utilizado habrá que observar una serie de precauciones a la hora de interpretar los resultados del microanálisis.

El proceso de sombrear o metalizar las muestras se lleva a cabo con oro, oro-paladio o bien con carbono.

Si las muestras se metalizan con oro-paladio, esto ha de ser tenido en cuenta al realizar el microanálisis semicuantitativo de la composición química, ya que la respuesta del oro aparecerá como uno de los picos de elementos presentes y, además, éste puede enmascarar a otros que se hallen en su mismo espectro.

En caso de que la muestra sea sombreada con carbono esto no ocurrirá, pero por contra la imagen obtenida puede ser de menor calidad y por lo tanto poco apropiada para el análisis morfológico o la fotografía.

En el presente trabajo se han utilizado los dos tipos de sombreado. En primera instancia el oro y oro-paladio, que presentaba unos resultados de imagen muy satisfactorios para el análisis morfoestructural. Más adelante para comprobar si el oro podía estar enmascarando algún elemento en el micro-

análisis usamos el carbono, siendo evidente la pérdida de calidad de análisis de imagen y no aportando datos importantes en cuanto a la composición química que revela el microanálisis. Por esta razón la mayor parte de este trabajo se realizó metalizando con oro y oro- paladio.

Microscopio electrónico de emisión de campo (MEBEC)

Cuando a dos metales enfrentados entre sí a cierta distancia se aplica alta tensión, se produce una corriente de electrones del metal cargado negativamente hacia el cargado positivamente. Este fenómeno es el llamado "Emisión de Campo". El microscopio electrónico de barrido de emisión de campo por cátodo frío utiliza una fuente de electrones de emisión de campo en vez de una fuente termo-iónica de electrones convencional.

La utilización de este microscopio viene justificada exclusivamente por su mayor capacidad de magnificación, ya que el modelo que se ha utilizado en este trabajo no lleva microsonda incorporada. Esto supuso que las muestras fueron estudiadas primero por el microscopio electrónico de barrido para poder realizar el microanálisis y después por el de emisión de campo

La preparación de la muestra es la misma que en el caso del MEB, en nuestro caso muestras sombreadas con oro-paladio.

La instrumentación utilizada ha sido la siguiente:

- Microscopio electrónico de barrido HITACHI modelo S-2500, con sistema de microanálisis KEVEX Delta Clas-IV, operando a 15-20 Kv de tensión del filamento.
- Microscopio electrónico de barrido PHILIPS modelo SEM 515, con sistema de microanálisis Philips EDAX, operando a 20 Kv de tensión del filamento.
- Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo HITACHI S-4100, operando a 15-20 Kv de tensión en el filamento.
- Sombreador JEOL JFC-1100
- Sombreador BIO-RAD EC 500 y E5600

- Desarrollo del proceso de investigación

El proceso de investigación, como ya hemos remarcado, consta de dos partes bien diferenciadas.

La primera parte del procedimiento experimental consiste en la realización de experiencias de calentamiento de rocas calizas al aire libre. En una segunda fase el trabajo se desarrolla con muestras que son calentadas en un horno (mufla). Este conjunto experimental de rocas, es la base del trabajo que presentamos en este capítulo.

En el siguiente capítulo, se aplican los resultados de la metodología experimental al estudio las rocas procedentes de un hogar de cronología solútreo-gravetiense.

Las litologías experimentales siempre deben ser de las mismas características que las arqueológicas que se pretenda analizar. Por esta razón cada litología requiere un procedimiento experimental propio, lo mismo que cada tipo de suelo o cada materia prima utilizada para confeccionar útiles.

IV.3. ANÁLISIS TÉRMICO CONTROLADO EN CAMPO

La dinámica de trabajo a desarrollar pretende analizar las termoalteraciones de las rocas que han sido calentadas en un medio aerobio controlado. Sirve para establecer criterios que permiten interpretar si se establece una correlación biunívoca entre la casuística en la combustión controlada y su correspondiente en el funcionamiento de los hogares prehistóricos.

El calentamiento al aire libre proporciona unos resultados de alteración desiguales, similares a los que se pueden documentar en los hogares recuperados en contextos arqueológicos de cronología prehistórica, pero muy difíciles de caracterizar y sistematizar. Por esta razón en la segunda fase del procedimiento experimental se realiza el calentamiento en mufla, minimizando la inferencia de las variables imponderables.

Así, los resultados de las experiencias de calentamiento en medio físico van a permitir contrastar fidedignamente los obtenidos en el calentamiento en mufla.

IV.3.1. Elección de la muestra

La selección de la muestra a estudiar es una de las partes más importantes en la articulación del procedimiento experimental. Debe ser elegida tras un examen exhaustivo de los restos arqueológicos.

En nuestro caso, y como ya hemos señalado, dado que el objetivo posterior es caracterizar la alteración de las rocas de un asentamiento concreto y, teniendo en cuenta que ésta es la litología más frecuente en nuestra zona de trabajo habitual (País Valenciano), las muestras proceden del barranco donde se sitúa el yacimiento del "Abric de la Ratlla del Bubo". Son rocas sedimentarias carbonatadas, calizas –micritas y esparítas–.

Para estos ensayos al aire libre, los datos de las rocas deben ser registrados de la misma manera que si se tratara de restos arqueológicos.

Primero se realiza la descripción del bloque y seguidamente una parte representativa de cada muestra se secciona para poder registrar los datos morfo-litoestructurales antes y después del calentamiento.

IV.3.2. Elección de variables

Uno de los problemas más importantes que plantea la experimentación de campo es el control de las variables que intervienen en una combustión. Conociendo la imposibilidad de asumir ese control plenamente, por causas diversas, decidimos realizar una selección de aquellas que, estando a nuestro alcance, aportaran información precisa.

De esta manera se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- El tipo de suelo.
- El combustible:
  - La morfología y naturaleza de la leña empleada.
  - El volumen de leña utilizado en cada experiencia.
  - La disposición de los troncos.

- La duración total de la experiencia: El tiempo total de combustión.
- La forma del hogar.
- La disposición de las rocas.
- La materia prima: rocas calizas.
- Variables imponderables:
  - La temperatura ambiente
  - La humedad del terreno
  - Fenómenos atmosféricos

IV.3.2.1. Descripción de las variables

a. El suelo

El suelo sobre el que se ha trabajado no ha sido objeto de control sistemático ya que al no tratarse del mismo tipo que el de los yacimientos arqueológicos, su consideración no aportaba datos significativos a la investigación. Se trata de suelo de cultivo de secano, de componente fundamentalmente arenoso.

En otras experiencias al aire libre realizadas para el estudio de problemáticas concretas, no relacionadas directamente con la termoalteración de las rocas, el parámetro de tipo de suelo se tiene muy en cuenta a la hora de realizar la experiencia por la importancia de los datos que su análisis proporciona. Es el caso de la exsperiencias realizadas en Cova Beneito o en los yacimientos canarios (Soler, 1993, 1994), donde el objetivo no era sólo documentar la termoalteración de las rocas sino observar al mismo tiempo la alteración del sedimento de base, sedimento que en esos casos sí era de las mismas características que los suelos arqueológicos.

b. El combustible

El tipo de leña empleado fue diferente en cada experiencia. Esto se debió fundamentalmente a la posibilidad de observar el comportamiento de los diferentes tipos de maderas, poniéndolos en relación con el calentamiento de las rocas.

Se ha utilizado algarrobo, pino y enebro, en cantidades que como era de esperar por los resultados obtenidos en otras investigaciones (March, 1993) han variado sustancialmente de una especie a otra.

El enebro se utilizó expresamente dado que los restos del hogar monoespecífico de la Ratlla del Bubo eran de *Juniperus sp.*

El pino es uno de los combustibles más y mejor representado en los carbones recogidos en excavaciones de yacimientos prehistóricos. Por este motivo y porque está bien representado en la Ratlla del Bubo realizamos tres de los ensayos con borde de piedras y dos sin borde con esta madera.

El tercer combustible utilizado para el calentamiento de rocas fue el algarrobo. En este caso la elección vino dada por la accesibilidad que presentaba esta madera y por introducir un tipo distinto que pudiera producir resultados claramente diferenciados de las maderas que ya habíamos utilizado hasta ahora en otras experiencias (encina, abedul y especies autóctonas canarias como el fayal-brezal, palo blanco o la calcosa).

En cuanto a la disposición de los troncos a lo largo del encendido, debemos señalar que es muy importante ya que va a afectar directamente al grado de calentamiento que sufran las rocas. Si se dejan caer los troncos sistemáticamente encima de las rocas se conseguirá elevar su temperatura mucho más que si los troncos siempre quedan en el centro del hogar y no afectan directamente a las rocas o en todo caso sólo de una manera ocasional.

Se utilizaron, en general, troncos y ramas de dimensiones menores a 10 cm, el estado de la madera era seco y procedente de incendio en todas las experiencias referidas al calentamiento de rocas.

Un parámetro muy intersente a tener en cuenta respecto del combustible, es la relación peso de leña/cantidad de residuos final.

c. La duración

El tiempo total de funcionamiento de las experiencias con rocas fue muy variable. En algunos casos el centro del hogar se mantuvo a 200ºC a las 24 horas de su encendido y en otros se enfrió completamente en 10 horas. Se debe hacer constar que en las experiencias desarrolladas en este trabajo, nuestra intención era documentar el proceso de calentamiento-enfriamiento de las rocas, por lo que los datos sobre el resto de componentes del hogar sólo se tuvieron en cuenta en la medida que entraran en relación con este proceso.

El tiempo de alimentación del fuego fue el mismo para todas las experiencias, 3 horas. Este tiempo ha venido siendo utilizado sistemáticamente por otros investigadores (March, 1991, 1993, 1995). La decisión de establecer un tiempo concreto de funcionamiento responde a la idea de fijar parámetros controlables y así evitar problemas derivados de un proceso experimental excesivamente complejo (March, 1996). Por esta razón, en todas nuestras experiencias realizadas en diferentes yacimientos (Cova Beneito, Alacant 1993; Guinea, El Hierro 1994, El Salt, Alacant 1994), se ha utilizado este parámetro de tiempo, de manera que cualquier trabajo experimental se encuentre vertebrado en un sistema que permita una valoración contrastada de los resultados, abriendo la posibilidad de generar un banco de datos.

d. La forma del hogar y la disposición de las rocas

A partir de los trabajos experimentales (March, 1993, 1995) que han remarcado los diferentes resultados obtenidos según se trate de hogares simples o en cubeta, se ha demostrado la importancia de la forma de la estructura de combustión sobre la que se va a operar (cuadro 9).

Al plantear el protocolo experimental y dado que el hogar arqueológico referencial presenta una forma plana con borde de piedras, optamos por utilizar dicha forma en nuestras experimentaciones de campo.

La forma de las estructuras y la disposición de las rocas fue la misma en todas las experiencias con rocas de manera que los resultados fueran directamente comparables. Se ha trabajado sobre una estructura simple u hogar plano, según la clasificación de Leroi-Gourhan, es decir un fuego instalado sobre el suelo sin modificar, con las rocas rodeándolo formando un borde no muy cerrado. El diámetro interno de las hogueras fue de entre 50 y 60 cm.

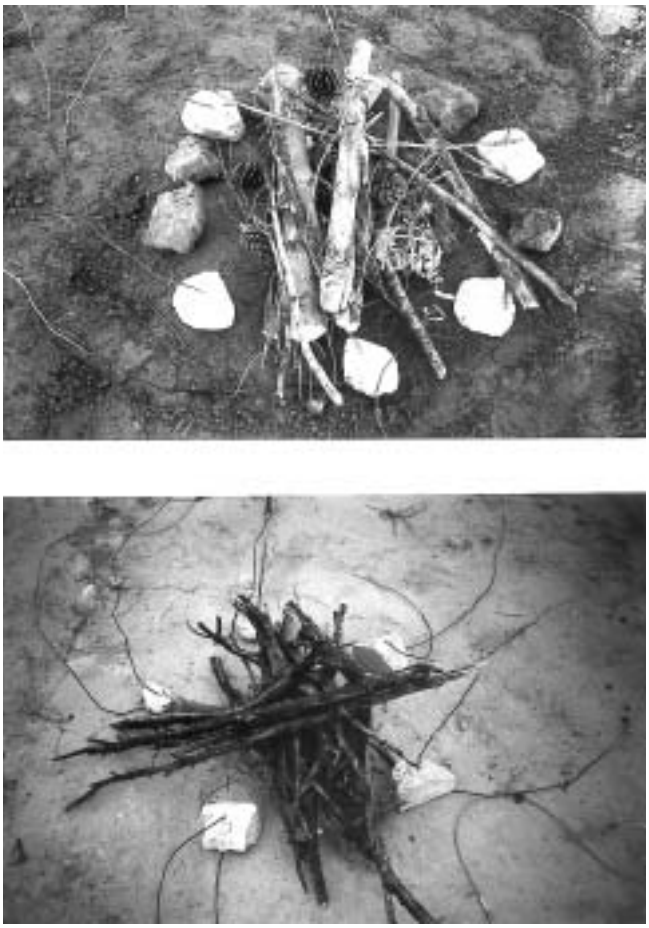


Fig. 19. Preparación de las estructurales experimentales.

e. La materia prima: las rocas calizas

Todos los pétreos utilizados en esta fase son rocas sedimentarias de naturaleza carbonatada, calizas, micritas y/o esparitas, que en su mayor parte presentan restos orgánicos de tipo pellets, formaciones algales, foraminíferos, así como "coated grains" de tipo oolítico, y en algunos casos óxidos de hierro y/o glauconitas. Se presentan en general duras y compactas, sin fisuras aparentes.

f. Variables imponderables

Hay una parte de estas variables que nos vemos forzados a asumir en cada experiencia y que generalmente cambian de una a otra. Las más significativas por reiteradas, son las atmosféricas. Un ejemplo es **la temperatura** ambiente que puede parecer poco significativa a la hora de valorar el calentamiento de las rocas, pero interviene de una manera directa en el proceso de enfriamiento del hogar. Una temperatura bajo cero hará que el enfriamiento de la estructura se vea favorecido por el del propio medio.

Otra de estas variables es **la humedad** acumulada en el terreno que no es controlable de una manera operativa, no siendo además objetivo de este trabajo. De todas maneras, se ha procurado trabajar siempre sobre terrenos que no estuvieran empapados de agua y que mantuvieran una cierta homogeneidad. Lo mismo ocurre con **la lluvia**, pero en el transcurso de ninguna de estas experiencias llovió.

La fuerza y dirección del **viento** son variables que en este trabajo no han sido consideradas, debido a que en otros en que sí las documentamos sistemáticamente (Soler, 1994), los datos que aportaron permitieron establecer escasas conclusiones operativas. En esta ocasión la información que se ha registrado son los cambios bruscos en la dirección que provocan la orientación de las llamas hacia un determinado lugar del hogar.

IV.3.3. Sistemática operativa

Para el estudio de las termoalteraciones de las rocas calizas hemos intentado desarrollar una dinámica operativa propia, si bien teniendo en cuenta la metodología utilizada en los trabajos experimentales de Laloy (1981), Meloy y Pagès (1984), March (1989, 1993, 1995) y Bazile (1989). Estos investigadores han ido generando en sus trabajos una sucesión de métodos, que aquí se han recogido y utilizado parcialmente, combinándolos en ocasiones con el fin de obtener resultados óptimos y comparables.

El tiempo de calentamiento –tanto al aire libre como en laboratorio– se estableció en 3 horas. El registro de las temperaturas fue llevado a cabo mediante termo-sondas tipo K cromo-aluminio resistentes hasta 1000°. Estas sondas se conectan a un termómetro que proporciona la lectura de los datos. Los intervalos de frecuencia de registro establecidos para las experiencias al aire libre fueron de 5 minutos durante las tres horas en que se fue alimentando el fuego y de 10 minutos una vez se deja de alimentar.

El interés se centra tanto en la temperatura máxima que se puede alcanzar en el proceso de calentamiento de las rocas como en la fase de enfriamiento. Este último proceso varía mucho según el contacto que se haya establecido con la fuente de calor. En el caso de que las rocas hayan recibido la acción directa del fuego todo el tiempo, su enfriamiento esta en relación directa con el proceso de enfriamiento general de la estructura, ya que han pasado a formar parte del interior de la misma, no se puede diferenciar un dentro y fuera. Si las rocas han formado parte de un borde que no ha sufrido constantemente la acción del calor, éstas sufren un proceso de enfriamiento mucho mas rápido.

Esta sistemática de trabajo proporciona como resultado una secuenciación de temperaturas que quedan reflejadas en las curvas finales de cada una de las experiencias (ver anexo documental).

Las termo-sondas se colocaron adosadas a las rocas, una en contacto con el suelo y la otra en la superficie opuesta. De esta manera se obtiene un registro tanto de la parte que puede quedar en contacto directo con las llamas y, que por lo tanto conseguirá alcanzar una mayor temperatura por más tiempo, como de la zona de las rocas que queda en contacto con la superficie y que sufrirá en la mayor parte de los casos una menor temperatura.

El control en la colocación de las termo-sondas es muy importante debido a que en el procesamiento posterior al calentamiento y durante el análisis microscópico de las rocas, siempre ha de conocerse a que temperatura exacta ha

sido sometida la zona muestreada. Cabe recordar que las preparaciones para microscopía tanto óptica como electrónica requieren una muestra muy pequeña y por lo tanto si no está bien elegida puede no ser representativa de la temperatura registrada por la termo-sonda.

La elección del combustible responde a varios factores. Si se cuenta con información antracológica sobre las maderas representadas en el yacimiento objeto de estudio, debe incluirse en el proyecto experimental. En el caso del yacimiento del "Abric de la Ratlla del Bubo (Soler *et alii*, 1991) los restos encontrados en el interior del hogar pertenecen exclusivamente a *Juniperus sp* –enebro–. Asimismo, las especies más representadas son el pino y en menor proporción el acebuche. Al plantear el presente proyecto experimental, encontramos que hoy *Juniperus* es una especie protegida y escasa en los montes valencianos, lo que dificulta la puesta en marcha de las experiencias al aire libre.

Los resultados que ha proporcionado el calentamiento con enebro son importantes para la interpretación general del funcionamiento del hogar del nivel II, pero para el proceso experimental que nos ocupa es un dato más a tener en cuenta.

Una vez concluido el calentamiento de las muestras, éstas son procesadas para su estudio mediante los sistemas ópticos y electrónicos arriba descritos. Esto supone cortar y pulir cada una de las zonas de las muestras donde se han ubicado las termo-sondas.

IV.3.4. Valoración de los resultados

IV.3.4.1. El combustible

Los diferentes tipos de madera utilizados para el encendido y mantenimiento de los hogares, son una de las fuentes de información más importantes no sólo del funcionamiento del hogar sino del medio en el que se desenvolvieron los grupos humanos. La utilización de un combustible concreto en un hogar viene determinado, en la mayor parte de los casos, por varios factores. Por una parte la cantidad y calidad de las maderas existentes en el medio; por otra la actividad para la que el fuego vaya a ser destinada. Algunos autores (fig. 20) han planteado en sus trabajos la problemática de la selección de la madera en función del *rendimiento calorífico*.

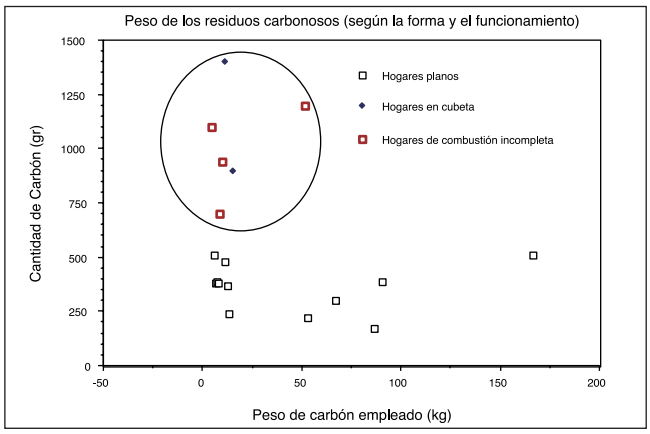


Fig. 20. March (1993). Peso de los residuos carbonosos. Modificado.

"La madera es un material complejo, formado por diversas sustancias que intervienen en ella en proporciones diferentes, incluso en partes distintas de un mismo árbol. La combinación de estas sustancias con el oxigeno se verifica mediante reacciones finales exotérmicas, y la suma de calores desprendidos se conoce como **poder calorífico** de la madera" (Elvira y Hernando, 1989).

De esta manera se observa que el poder calorífico no sólo es distinto entre especies diferentes, sino también entre maderas procedentes de copas, ramas, tocones, etc. de un mismo árbol. En los cuadros 10 y 11 se presenta una clasificación de especies según su poder calorífico y por su inflamabilidad.

Por lo mencionado anteriormente el poder calorífico no sólo varía entre especies sino que también varía mucho según la parte del árbol quemada y las condiciones en que ésta se encuentre, por lo tanto deberá relativizarse la importancia atribuida a este poder a la hora de interpretar determinados comportamientos humanos.

CLASIFICACIÓN DE ESPECIES SEGÚN SU PODER CALORÍFICO	
Especies con poder calorífico alto	
Arbustus unedo	*Genista falcata*
Buxus sempervivens	*Juniperus oxicedrus*
Calluna vulgaris	*Phiñyrea angustifolia*
Cistus ladaniferus	*Pinus radiata*
Cytisus scoparius	*Rosmarinus officinalis*
Erica arborea	*Stauracanthus boivinii*
Erica australis	*Teline linifolia*
Erica scoparia	
Especies con poder calorífico medio	
Calycotome villosa	
Cistus albidus	*Ramus lycioides*
Cistus laurifofolius	*Rubus idaeus*
Lavandula stoechas	*Rubus ulmifolius*
Olea europea	*Stipa tenacisima*
Phlomis purpurea	*Thymus vulgaris*
Pinus pinea	*Ulex parviflorus*
Querqus coccifera	
Querqus ilex	
Querqus suber	
Especies con poder calorífico bajo	
Anthyllis cytisoides	*Pteridium aquilinum*
Cistus crispus	*Rubia peregrina*
Eucalyptus camaldulensis	

Cuadro 10. Elvira y Hernando (1989). Modificado.

CLASIFICACIÓN DE ESPECIES SEGÚN SU INFLAMABILIDAD	
Especies muy inflamables durante casi todo el año	
Calluna vulgaris	*Phillyrea angustifolia*
Erica arborea	*Pinus halepensis*
Erica australis	*Querqus ilex*
Erica scoparia	*Rosmarinus officinalis*
Eucalyptus sp	*Thymus granatensis*
Genista falcata	*Thymus vulgaris*
Genista hirsuta	
Especies muy inflamables durante el verano	
Anthyllis cytisoides	*Pinus pinea*
Brachypodium ramosum	*Querqus suber*
Cistus ladaniferus	*Rubus idaeus*
Lavandula latifolia	*Stipa tenacisima*
Lavandula stoechas	*Thymus zigya*
Pinus pinaster	*Ulex parviflorus*
Especies medianamente inflamables	
Arbustus unedo	*Ononis Tridentata*
Cistus albidus	*Osyris alba*
Cistus crispus	*Pinus pinaster*
Cistus laurifofolius	*Querqus coccifera*
Cistus salvifolius	*Querqus faginea*
Cytisus scoparius	*Retama sphaerocarpa*
Cytisus striatus	*Ramus lycioides*
Erica multiflora	*Rubus ulmifolius*
Genistella tridentata	*Stauracanthus boivinii*
Juniperus oxicedrus	*Teline linifoli*
Especies poco inflamables	
Buxus sempervivens	*Olea europea*
Cytisus multiflours	*Pistacia lentiscus*
Daphne gnidium	*Rhamus alaternus*
Halimium commutatum	*Rubia peregrina*

Cuadro 11. Elvira y Hernando (1989). Modificado.

Si analizamos en los respectivos cuadros el poder calorífico y la inflamabilidad, observamos que para las especies registradas en el yacimiento de la Ratlla del Bubo, tanto el pino como el enebro/sabina presentan una inflamabilidad media variable y un poder calorífico alto, mientras que *Olea europaea, Rhamus* y *Pistachia lentiscus* son especies poco inflamables y con un poder calorífico medio.

Por lo que respecta a las maderas utilizadas en el apartado de la experimentación de campo, corresponden a los dos tipos mayoritariamente representados en el yacimiento, pino y enebro. Mención a parte es el caso del algarrobo, la encina o las especies autóctonas canarias.

Con pino se realizaron tres de los ensayos con borde de piedras. Se utilizó *Pinus halepenseis*, en troncos y ramas pequeñas procedentes de incendio. En la primera experiencia no se documentó la cantidad de combustible utilizado. Para la segunda de las experiencias se utilizaron 53 kilos de leña de los cuales se recuperaron, 167 gr de residuos no quemados, 398 gr de cenizas y 211 gr de carbones. En la tercera experiencia se invirtieron 42 kilos de leña y se recuperaron 723 gr de cenizas y carbones.

También realizamos con pino dos experiencias sin borde de piedras y con la leña seca, que nos servirán para contrastar datos. Aquí los resultados fueron distintos; primero porque el consumo fue mucho menor para un mismo tiempo de combustión, 17 y 23’5 kilos respectivamente y, en segundo lugar, porque a pesar de esto la cantidad de residuos fue similar. Esto induce a pesar que no se da un relación directa cantidad de leña/cantidad de residuos. Aquí cabría valorar la función del borde respecto del consumo de leña.

En principio sería lógico pensar que con el borde de piedras el consumo de leña fuera menor y, sin embargo, los resultados de nuestras experiencias sin borde apuntan lo contrario. Cabe la posibilidad de que este fenómeno esté relacionado con el estado de la madera, ya que en el caso de las experiencias con borde toda procedía de incendios y quizá la pérdida de agua durante el incendio acelere el proceso de consumo.

Para la experiencia realizada con enebro se utilizaron 51 kilos de leña procedente de incendio, ramas y troncos de tamaño mediano, si tenemos en cuenta que el enebro es un arbusto de entre tres y cuatro metros de altura, con tronco ramoso. El total de residuos fue de 472 gr de cenizas y 245 gr de carbones.

En la experiencia realizada con algarrobo el total de leña procedente de incendio, fue de 55’5 kilos y los residuos fueron en su totalidad 2’550 kilos de cenizas.

Finalmente en la experiencia realizada con encina, se utilizaron troncos gruesos troceados en estado seco. De un total de 21’5 kilos de leña, quedaron 810 gr de ceniza y 285 gr de carbones.

Como se puede observar el comportamiento de los combustibles varía en cada ensayo. Esto responde no sólo a que las especies sean diferentes sino también puede ser debido a:

- las condiciones atmosféricas: para un mismo tipo de ensayo un día de viento se consumirá más cantidad de leña y se recogerá una menor proporción de residuos, siendo mayoritarias las cenizas.
- la forma del hogar. No se consume la misma cantidad de leña ni quedan los mismos residuos en un hogar plano que en uno en cubeta (March, 1995).
- las condiciones del combustible. No se obtienen los mismos resultados con leña seca en buenas condi-

ciones que con leña húmeda, podrida o procedente de incendios, como hemos comprobado en nuestras experiencias.

- que la combustión sea completa. En la mayor parte de las ocasiones queda madera sin quemar junto a los minerales que la forman, de tal manera que los residuos o cenizas aún tienen posibilidad de desprender calor en otras condiciones más favorables a la combustión de las que se están utilizando. Tales son el grado de pulverización del combustible, las condiciones de lanzamiento en el hogar, la temperatura de éste, etc. Así, las cenizas blancas y pulverulentas indican que se ha efectuado una combustión casi total, mientras que las negras y carbonosas poseen aún energía residual (Elvira y Hernando, 1989).
- las condiciones de enfriamiento del hogar. Si dejamos los residuos varios meses o años antes de recogerlos, observamos que proporcionan más cantidad de carbones que de cenizas, mientras que si los residuos son recogidos al día siguiente la cantidad de cenizas puede ser mayor, tal y como pudimos comprobar en la primera experiencia que tardó varios años en ser excavada. A las dos semanas, después de algunas lluvias intermitentes, ya no quedaban restos de cenizas visibles, sólo carbones de un tamaño considerable, mezclados con pequeñas piedras. Desde ese momento y hasta su excavación el aspecto de la estructura no cambió sustancialmente, simplemente crecieron más las herbáceas en el interior del círculo de piedras que en el exterior (lám. 10).

En el cuadro 12 se puede observar la relación cantidad de leña/cantidad de residuos para distintos combustibles (no se han incluido las especies autóctonas canarias por quedar fuera del marco geográfico de este trabajo), instalados sobre distintos tipos de sedimento, pero siempre en unas condiciones de quemado similares: hogares planos, 4 de ellos con borde de piedras y tres sin borde*.

Por lo que se refiere a las temperaturas alcanzadas con cada uno de los combustibles, debemos decir que se perciben notables diferencias.

Con el algarrobo es fácil mantener una temperatura superior a los 600°C - 700°C sin invertir mucha cantidad de combustible; el pino supera también fácilmente temperaturas de más de 600°C, aunque cuesta algo más de combustible mantenerlo a esa temperatura.

El enebro se mantiene con facilidad a menos de 500°C. En estos dos últimos casos, también es posible conseguir temperaturas de 800°C, pero se necesita mayor cantidad de combustible.

La encina, por su parte, no superó los 421ºC de temperatura y el consumo fue muy lento, al contrario de lo ocurrido con el pino. Se debe remarcar que las condiciones de esta experimentación fueron distintas. Se realizó un hogar plano, sin borde de piedras, en pleno invierno en una zona interior, donde la temperatura ambiente no superó los 10ºC en ningún momento (Soler, 1993).

En las experiencias realizadas en el yacimiento de "El Salt", sobre un hogar plano sin borde de piedras, se consumieron sólo 17 kilos de leña de pino en estado seco, que dejaron 170 gr de cenizas y 330 gr de carbones, mientras que como se refleja en el cuadro 12, en las experiencias realizadas con borde de piedras, con leña procedente de incendio, el consumo se puede llegar a triplicar, por lo que se establece una relación directa entre el estado de la madera y la cantidad de combustible total utilizado.

En la figura 20 se puede observar como, sin tener en cuenta el tipo de combustible empleado para la alimentación del fuego, la cantidad de residuos de carbón varía básicamente en función del tipo de estructura de combustión utilizada y no de la cantidad de leña quemada en total. Así es posible apreciar como en los hogares en cubeta y en aquellos que han sufrido una combustión incompleta, la cantidad de carbón es mayor que en los hogares planos, aunque aquí la cantidad de leña utilizada haya sido mucho mayor.

IV.3.4.2. Alteraciones colorimétricas

Son los cambios macroscópicos más evidentes que se producen con el calentamiento. El estudio de las variaciones de color se realizó en primera instancia a partir de la tabla Münsell, pero este sistema no se ajustaba suficientemente a una caracterización que pudiera ser utilizada como patrón en el establecimiento de una escala colorimétrica. Esa fue la razón que nos empujó a la utilización del colorímetro. Aunque los resultados de este último son los que hemos utilizado en el establecimiento de los patrones de alteración, la carta Munsell nos ayudó a determinar algunos criterios al inicio de nuestro trabajo.

	Incombustibles (gr)[1]	**Carbones**	**Cenizas**	**Total (Kg)[2]**
Pinus halepensis	167	211	398	53
Pinus halepensis	0	0	723	42
Pinus halepensis*	0	330	170	17
Pinus halepensis*	0	220	0	23,5
Quercus ilex*	0	285	810	21,5
Juniperus oxycedrus	0	245	472	51
Cerotonia silicua	0	0	2,550	55

Cuadro 12. Relación cantidad de leña /cantidad de residuos, en las experimentaciones al aire libre.
[1] Este término se utiliza para los restos de leña que han quedado sin quemar, una vez concluída la experiencia. Este tipo de residuos suele encontrarse bien en la periferia del fuego o debajo de los residuos carbonosos.
[2] Cantidad de leña antes del incicio de la combustión.

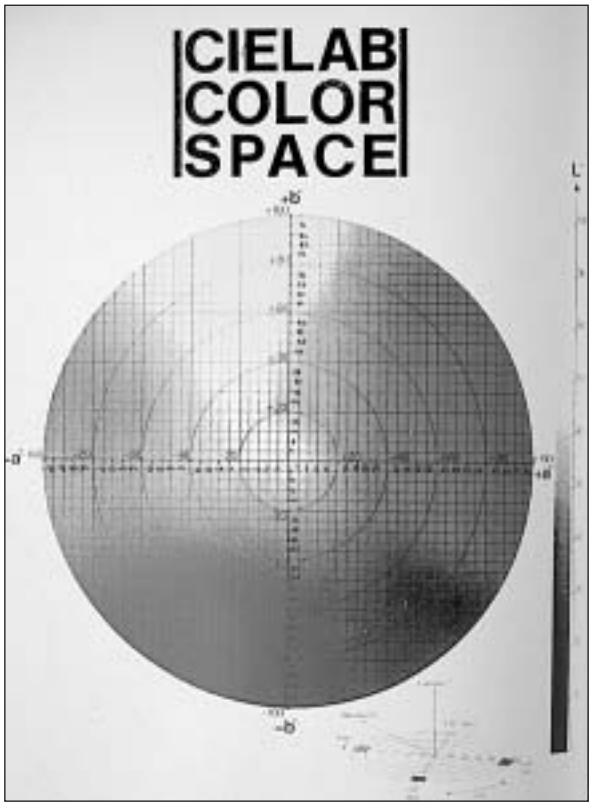


Fig. 21. Espacio de color CIELAB. (Ver lám. 9).

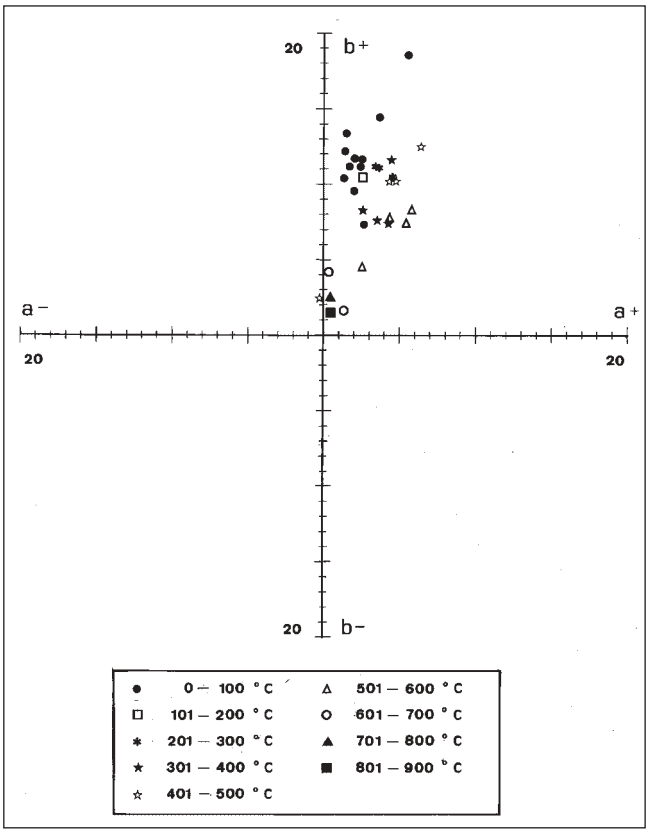


Fig. 22. Muestras calentadas al aire libre. Representación de a* y b* en el espacio CIELAB.

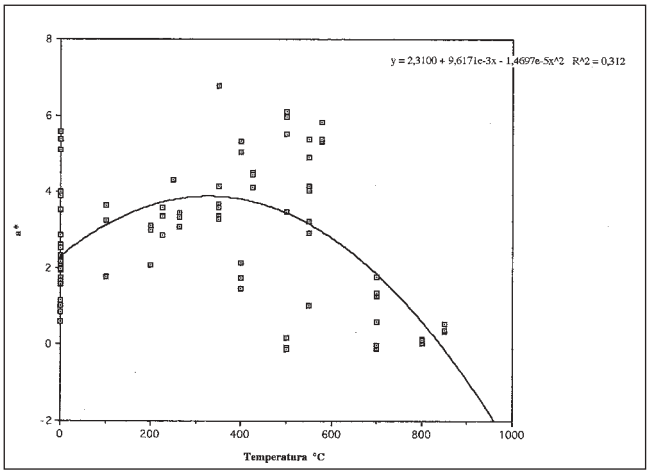


Fig. 23. Muestras calentadas al aire libre. Correlación Temperatura/ a*.

Todos los colores de las muestras sin calentar se sitúan en la gama de los marrones y beiges. A partir de ellos y a medida que la temperatura aumenta se producen cambios en las coordenadas del espacio de color CIELAB.

- El parámetro de color a* en el que quedan representados la gama de los rojos muestra el siguiente comportamiento:

Este parámetro plantea el problema de que todos los valores se encuentran comprendidos en el intervalo de frecuencias que presentan las muestras sin calentar.

Se puede definir una curva de los valores medios que presenta una tendencia creciente hasta 500ºC, pero dada la

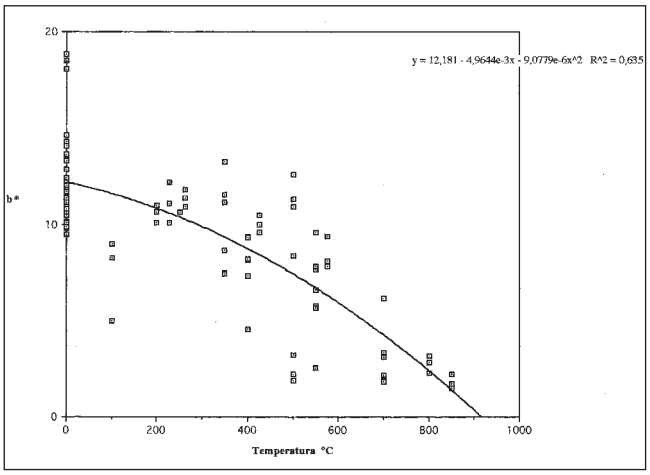


Fig. 24. Muestras calentadas al aire libre. Correlación Temperatura/ b*.

amplitud de los valores de partida (T=0), no es estadísticamente fiable.

Sin embargo, aunque estadísticamente esta tendencia sólo represente un 1%, este porcentaje es observable perfectamente a simple vista, como refería la bibliografía y como demuestran las experiencias tanto de campo como de mufla.

El parámetro b* presenta una tendencia regresiva constante respecto de la temperatura, siendo los datos más coherentes a partir de los 600ºC.

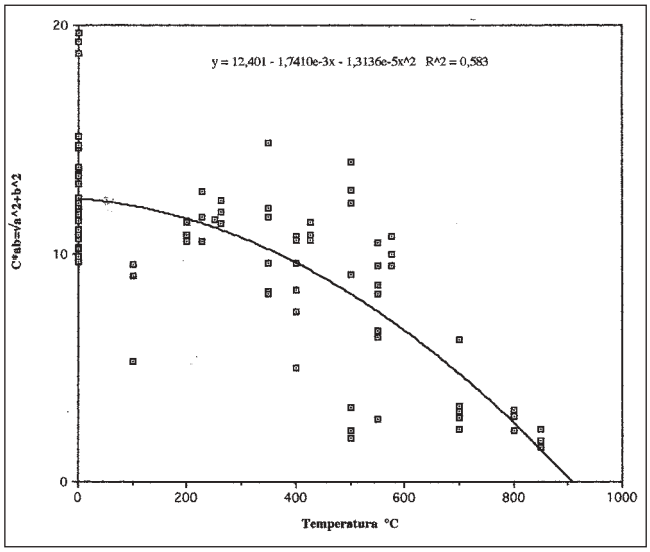


Fig. 25. Muestras calentadas al aire libre. Correlación Temperatura/ croma.

DATOS EXPERIMENTALES - MATRIZ DE CORRELACION

Temperatura	-0,0411 (90) 0,7005	-0,0824 (90) 0,4403	-0,7833 (90) 0,0000
	L*	-0,2389 (90) 0,0234	-0,1557 (90) 0,1428
		a*	-0,5207 (90) 0,0000

Fig. 26. Matriz de correlación.

Esta tendencia se expresa más claramente calculando el parámetro de Croma:

$C^*ab = (a^2 + b^2)^{1/2}$

L*, es el tercer parámetro que mide el espacio de color. No mantiene una correlación positiva con la temperatura, sin embargo sí la mantiene con los otros dos parámetros.

Para intentar explicar mejor qué ocurre con el aumento de temperatura, hemos calculado el índice de rojez (a*/b*). Con este índice se evidencia más claramente la tendencia al enrojecimiento de las muestras hasta aproximadamente 450ºC, lo que produce que a partir de esta temperatura la muestra tienda hacia el gris.

A modo de síntesis se puede explicar como en un principio las muestras parecen enrojecer –esto se ve más claramente a simple vista que estadísticamente– hasta alcanzar los 450ºC y que a partir de ese momento su color tiende en todos los casos hacia el gris.

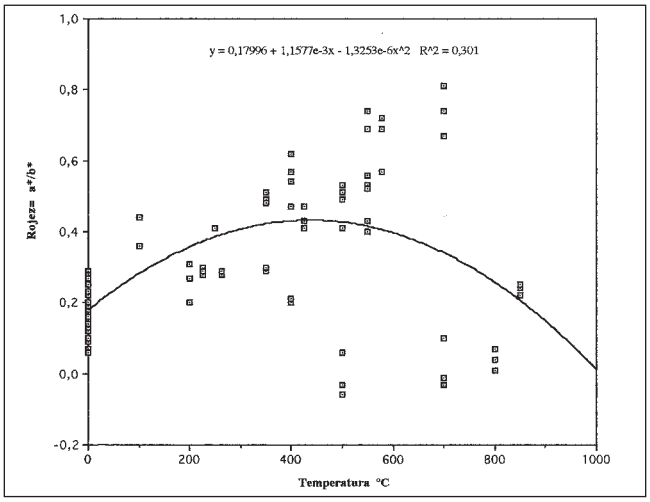


Fig. 27. Muestras calentadas al aire libre. Correlación Temperatura/ Índice de rojez.

IV.3.4.3. Las rocas

Para el calentamiento de las muestras experimentales descritas anteriormente se confeccionaron cuatro estructuras de combustión distintas, instaladas sobre suelo plano, con borde de piedras (fig. 19).

Las rocas fueron expuestas a temperaturas comprendidas en un intervalo entre 100ºC y 800ºC, dependiendo del tipo y cantidad de combustible. Los resultados de los distintos procesos de calentamiento se describen a continuación. Primero se realiza un análisis de la materia prima, para pasar a la valoración de las alteraciones producidas por el calentamiento.

a. Calentamiento hasta 300ºC

Del total de 40 rocas utilizado, sólo tres de ellas no sobrepasaron la temperatura de 300ºC. Esta fue registrada en todos los casos en la sonda colocada en la cara en contacto con el sedimento.

Se trata de las muestras 218, 207-208-209-210 (que corresponden a una sola roca) y 260-261 (ver Base Datos en Anexo Documental). Son calizas micríticas y bioesparíticas, que se presentan duras y compactas, tamaño bloque y con abundantes restos orgánicos, pellets, oolitos, presencia de óxido de hierro y en la muestra 218 asimismo glauconitas.

El cambio más importante que se detecta en muestra de mano, es el de la coloración. Las muestras pasan de un color original registrado entre los beiges a la gama de los rojos.

Las glauconitas observadas a la lupa binocular se aprecian menos verdes después del calentamiento debido a la pérdida de agua de cristalización.

No se aprecian fisuras ni fracturas, craqueladuras o alteraciones macro o micro estructurales.

En la muestra 261, se observa como sólo la parte superficial de la roca en contacto con el fuego, ha adquirido una coloración rojiza, mientras el resto ha quedado sin alterar (Anexo documental). Esto es algo que se observa en la roca A-6 proveniente del hogar de la Ratlla del Bubo y que

también hemos podido documentar en otras experiencias realizadas al aire libre (March y Soler, 1999).

Sin duda este fenómeno está relacionado con el calentamiento de un entorno considerado puntual y/o zonal que pueden recibir las rocas que forman parte de un borde. La documentación experimental muestra como esta característica aparece siempre asociada a temperaturas que superan los 290ºC (March, 1993).

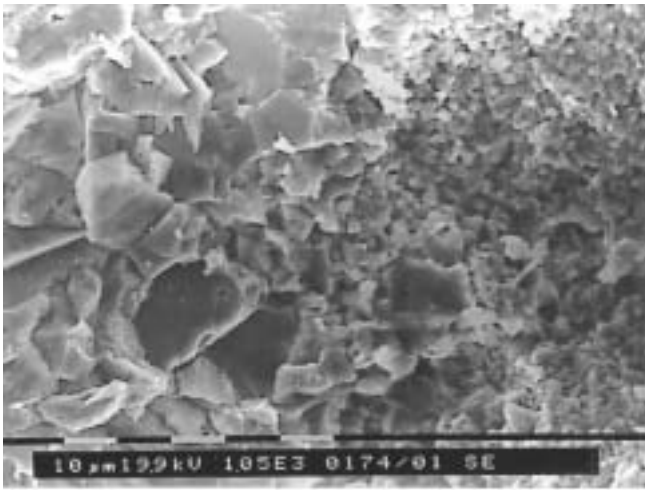
Microscopio Petrográfico

No se registran evidencias de cambios significativos entre las preparaciones sin calentar y las correspondientes a un máximo de 300ºC. Se siguen observando bien los restos orgánicos de conchas de gasterópodos, aciculares, etc., pellets de forma redondeada y subredondeada y opacos que se corresponden con óxidos de hierro.

Microscopio Electrónico

En las preparaciones sin calentar se observan dos texturas, una de cristales grandes de calcita y otra de pequeños granos de forma redondeada que son también de calcita según el resultado del microanálisis (fig. 28).

Las observaciones de las muestras tras el calentamiento son substancialmente iguales, apreciándose las dos texturas, sin cambio en la morfología de los bordes de los granos y con un 98% de Ca en el microanálisis. Sólo en la muestra



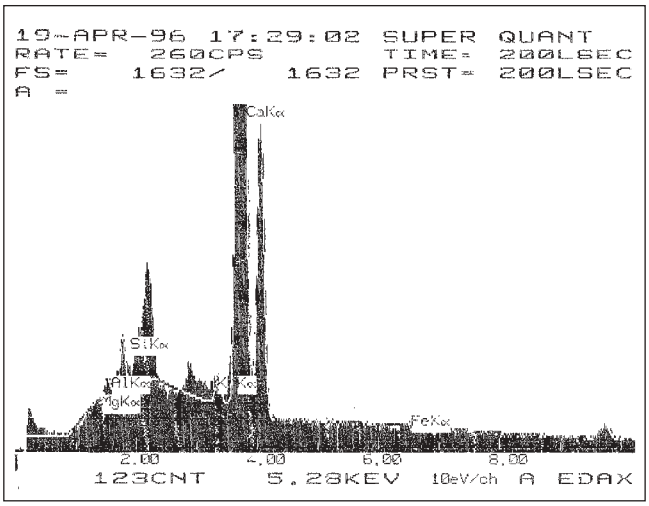
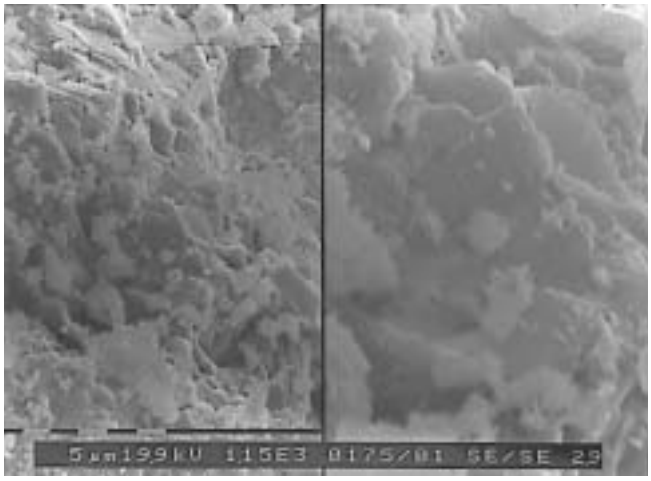
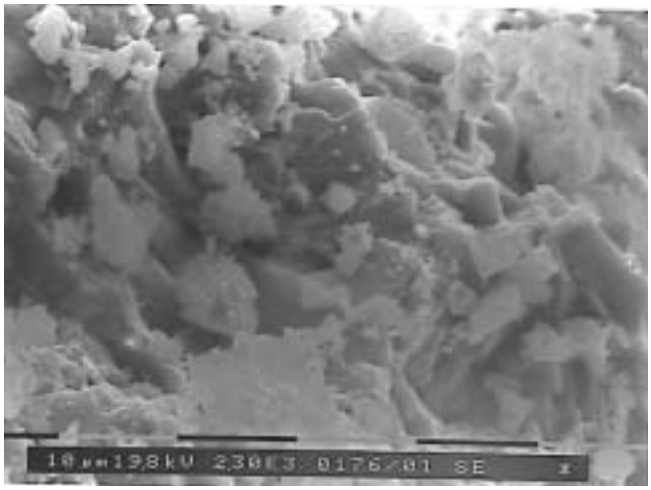


Fig. 28. Muestra 226 sin calentar. Se aprecian dos texturas: grandes cristales y pequeños granos redondeados. Calcita.





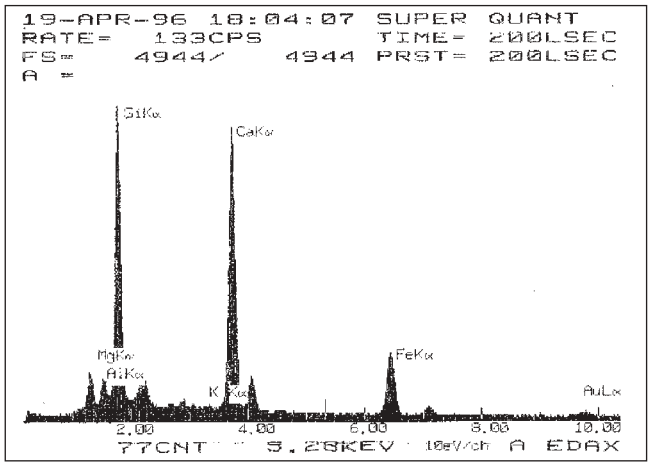


Fig. 29. Muestra 209. Calentada al aire libre. Se observan deposiciones planares sobre los cristales de calcita.

209 se observan una serie de deposiciones planares sobre los cristales. Al realizar un microanálisis de ellas observamos que por su composición (Si, Al, Fe, Mg) pueden ser arcillas que se encuentran depositadas en una zona concreta de la muestra.

b. Calentamiento hasta 400ºC

Corresponde a las muestras 217 en la parte superior, 258 bajo y las 214-215 que corresponden a la parte inferior y superior de una misma roca.

Se trata de calizas esparíticas y bioesparíticas, duras y compactas de tamaño bloque, de forma globular y poliédrica que presentan óxidos de hierro, restos orgánicos abundantes, pellets, foraminíferos y las 214-215 restos de glauconitas. En esta roca se observan en muestra de mano restos ferruginosos, una zona de microkarst y también se observa cemento intersticial. Las aristas son mayoritariamente redondeadas

Después del calentamiento los más evidente es el cambio de coloración. Se ha producido un enrojecimiento de las arcillas y ha habido un pérdida de coloración de las glauconitas.

En la roca de la que proceden las muestras 214-215, se observan, abundantes fisuras que atraviesan la roca creando planos de exfoliación y una fractura que ha dividido el bloque en dos, debido probablemente a que era un plano de discontinuidad relleno de arcillas. En las otras rocas se observan fisuras que en algunos casos atraviesan la muestra.

En cuanto al análisis en muestra de mano con binocular, observamos que las micritas que poseían glauconitas de un color verde intenso, con el calentamiento se va oscureciendo este color debido a la pérdida de agua de cristalización. También con el aumento de temperatura se aprecian mucho mejor los restos organógenos, conchas de gaterópodos, restos aciculares y foraminíferos. Los óxidos de hierro que en la muestra sin calentar (214) se presentan sin halo rojo alrededor, a 200ºC no presentan cambios, sin embargo a 400ºC han adquirido un halo rojo intenso alrededor. También a 200ºC se observa un oligisto especular pasando a hematita, mientras que a 400ºC se observan tanto hematites como un oligisto y apenas son apreciables las galuconitas.

Por lo que se refiere a las esparitas tomemos como ejemplo la muestra 214. Esta presentaba sin calentar granos de calcita cementados, glauconitas y pequeños óxidos de hierro. Con el calentamiento a 380ºC las glauconitas ya no se aprecian y se ve un enrojecimiento de las arcillas que rellenan la fisura que atraviesa la muestra.

La muestra 258 fue calentada a 318ºC y al cortarla para su preparación se observó que presentaba coloración diferencial entre el borde rojo y el resto tal y como aparecen algunas de las rocas arqueológicas (ver anexo documental). Al realizar la descripción de las caras alteradas se había anotado que la cara inferior era la que presentaba síntomas de oxidación, pero sólo al cortarla se evidenció como la coloración rojiza penetra 1 cm., al igual que en la roca A-6 de la estructura de combustión de la Ratlla del Bubo.

Microscopio Petrográfico

No se aprecian variaciones texturales de ningún tipo entre las muestras calentadas y sin calentar. Siguen registrándose óxidos de hierro –opacos– que parecen ser los responsables de la coloración rojiza de la muestra. Después del calentamiento los pellets siguen mostrándose con los bordes subredondeados y en la muestra 214 se aprecian restos de formaciones algales. Los óxidos de hierro se presentan en la muestra 217 con halo rojo amarillento alrededor. En la muestra 214, calentada a 400ºC los óxidos de hierro son tan abundantes que tiñen la muestra de rojo.

Microscopio Electrónico

La composición química de las muestras correspondientes a esta experiencia es muy homogénea. Los resultados de los microanálisis muestran la presencia de Ca, Si, Al, Mg K y Fe en distintas proporciones según la zona de la muestra y el tipo de nuestra elegida.

En las observaciones a bajos aumentos (100x y 500x) no se individulizan granos o cristales, se ven texturas muy uniformes y sólo a partir de 1000x comienzan a aislarse los bordes de cristales y granos. Como se puede apreciar, el microanálisis de la muestra 213 da como resultado la presencia mayoritaria de Ca (78,36%), Si en un 3,45%, Mg 2,87%, Fe 1,01% y un porcentaje casi inapreciable de Al. Después del calentamiento no se observan alteraciones texturales remarcables. A 100 y 500x siguen sin distinguirse granos aisladamente, aunque sí zonas con aristas. A 1000x se detectan de nuevo las dos texturas ya mencionadas (fig. 31). A 3000x en una zona de granos pequeños redondeados el microanálisis da K, Si, Al, Mg y Ca. En este microanálisis podemos observar como los porcentajes de los elementos presentes han variado: Ca (51,24%), Si (13,56%), Mg (9,59%), Fe (5,61%), Al (5,20%) y K (3,62%). Esta composición puede responder a una glauconita o bien a una composición arcillosa.

c. Calentamiento hasta 500ºC

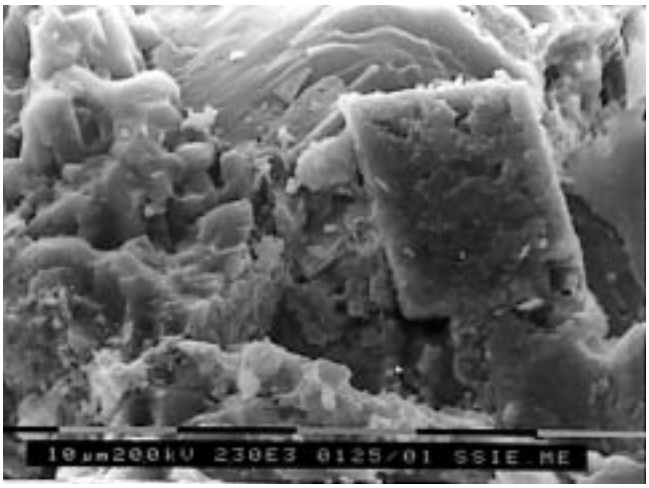
Tres de las rocas calentadas registraron temperaturas hasta 500ºC. La muestra 257, la 253 y 258. Se trata de calizas bioesparíticas, duras y compactas, tamaño bloque, de forma poliédrica y globular que se presentan con abundantes restos orgánicos. En la muestra 253 destaca una elevada porosidad.

Después del calentamiento sigue siendo el cambio más evidente la coloración, mientras que tampoco aquí aparecen fracturas o exfoliaciones aunque sí pequeñas fisuras.

Microscopio Petrográfico

De la misma manera, la observación mediante microscopio petrográfico refleja estas características: se observa un oscurecimiento general de la muestra, que se evidencia más claramente en los cristales de calcita que se muestran más oscuros que en las muestras sin calentar y con una pátina de aspecto “sucio” (lám. 8).

Por su parte la muestra 253 calentada a 500ºC, presenta gran cantidad de óxidos de hierro, siendo muchos de ellos de color amarillo (lám. 9). Esto demuestra como el establecimiento de



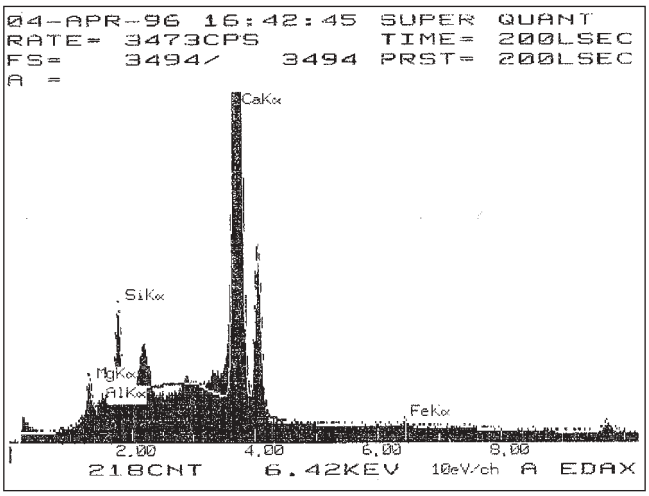
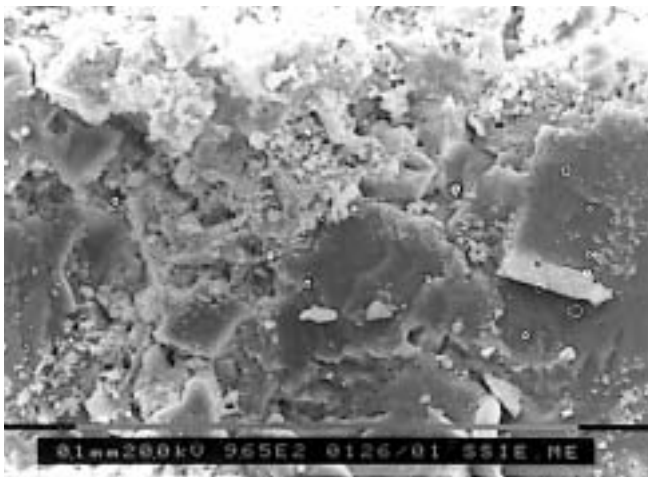
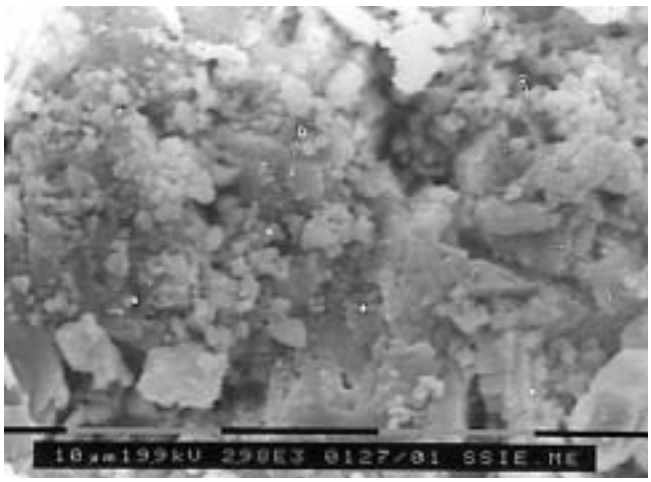


Fig. 30. Muestra 213. Sin calentar. A más de 1000x se observan claramente los bordes de cristales de calcita.





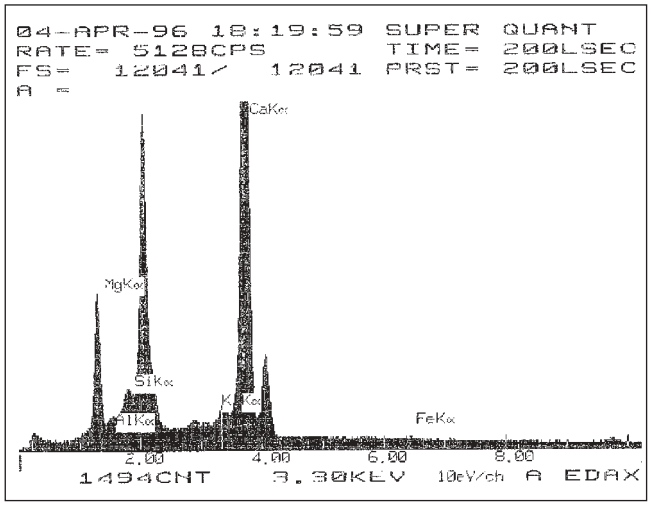


Fig. 31. Muestra 214. Calentada a 400ºC al aire libre. Se observan dos texturas de calcita.

la escala colorímetrica a partir de los óxi-hidróxidos de hierro no es correcta ya que no siempre se cumple la relación tipo de óxido/color/temperatura, tal y como establece el trabajo de Meloy y Pagès (1984) o el de Wattez (1992), que habla de transformaciones complejas de los hidroxidos de hierro y manganeso en minerales cristalizados (hematites) y citando a Van Vliet-Lanoeé (1988) dice que estas transformaciones se producen hacia los 450°C. Retomaremos más adelante el problema de los óxidos de hierro.

Microscopio electrónico

Básicamente no se aprecian cambios en la estructura interna de la muestra. A 100x no se distinguen granos ni cristales y se observan a partir de 1000x las dos texturas micrítica y esparítica.

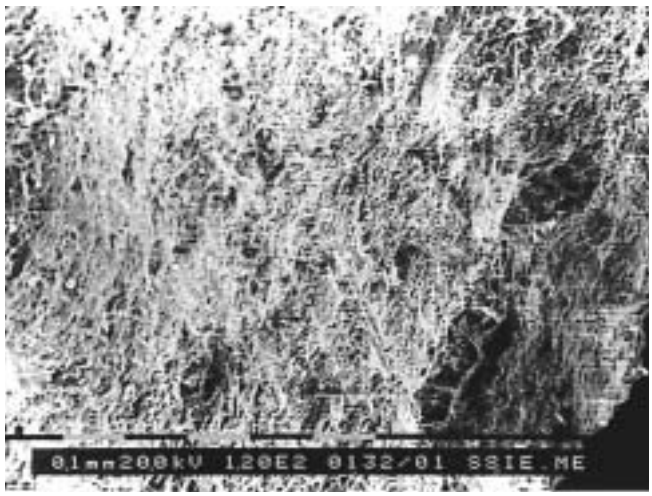
d. Calentamiento hasta 600ºC

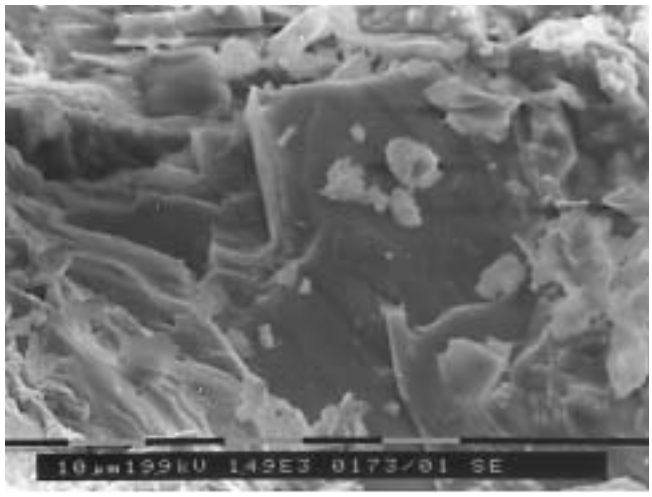
En cuanto a las fisuras y fracturas observadas en muestra de mano, debemos apuntar que sólo la roca a la que corresponde la muestra 221, que alcanzó por ambos lados una temperatura superior a los 550ºC, presentó signos evidentes de fracturación junto a una coloración gris clara y blanquecina en la zona que sin duda sobrepasó los 700ºC. El resto de las rocas se mostraban compactas después del calentamiento.

Microscopio Petrográfico

El microscopio petrográfico muestra los pellets, de forma redondeada y subredondeada de los ámbitos micríticos, óxidos de hierro de naturaleza limonítica y abundantes restos orgánicos que aparecen en algunas de las esparitas de tipo acicular, gasterópodos, foraminíferos, etc. Los granos son de bordes redondeados y subredondeados, parece apreciarse una mayor porosidad, que quizá esté relacionada con una deshidratación debida al calentamiento apreciándose muy bien los restos orgánicos, pellets y oolitos. Asimismo también aquí se observa un oscurecimiento general de la muestra, que se evidencia más claramente en los cristales de calcita que se muestran oscurecidos y de nuevo con pátina de aspecto "sucio". Los pellets se oscurecen con el calentamiento y destacan más en la preparación. Esto se relaciona con el hecho de que la matriz se va poniendo cada vez más oscura. Se produce una pérdida de CO_3Ca y se transforma en cal que es lo que produce el oscurecimiento. En algunas ocasiones, para apreciar mejor el fondo en las preparaciones de lamina delgada se han desenfocado las muestras calentadas y sin calentar para poder ver discriminadamente los cambios en los tonos de la preparación: los pellets se tornan más oscuros y en pseudo relieve esférico. Esto se ve mas claramente a más de 100x.

Las observaciones que Wattez (1992) cita a partir de trabajos pedológicos y geológicos recogidos en su memoria, coinciden en parte con lo que hemos descrito para estas muestras. Esta autora expone que a partir de 500ºC se produce la opacidad y oscurecimiento de las zonas micríticas, así como una destrucción de los conjuntos cristalinos, lo cual coincide plenamente con nuestras observaciones. Pero también añade





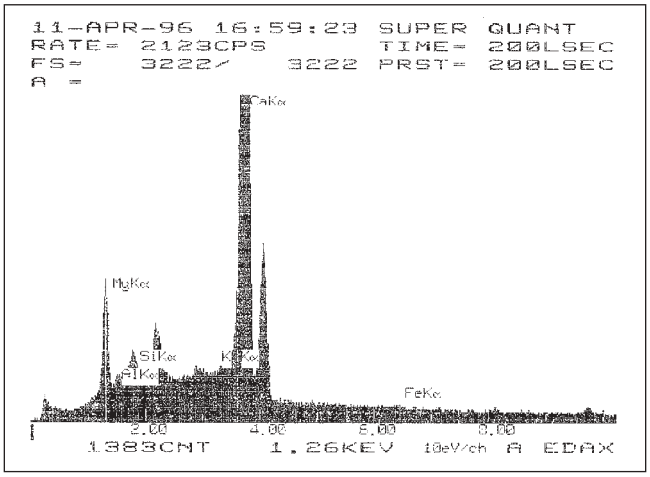


Fig. 32. Muestra 200. Las imágenes presentan arriba la muestra sin calentar y calentada a 500°C en el centro. Abajo microanálisis de la muestra sin calentar.

que se produce una red de fisuras que provocan la desintegración del fragmento liberando sus constituyentes y, esto no lo hemos podido constatar en ninguna de las muestras analizadas en este trabajo microscópicamente.

Microscopio electrónico

Se aprecia que la muestra 200-201 sin calentar, se presenta con una estructura carniola, fuertemente porosa. A 1200x (fig. 32, arriba) se aprecian claramente los bordes angulosos de cristales bien definidos, con escasos aislamientos en unidades cristalinas.

Después del calentamiento no se observan cambios texturales de importancia, sólo se aprecian los depósitos planares sobre los grandes cristales a 1490x (fig. 32, centro). El microanálisis de esta muestra calentada presenta mayoritariamente Ca (90,03%) y un escaso porcentaje de Mg, Si y K.

e. Calentamiento hasta 800ºC

• Antes del calentamiento.

En conjunto y en muestra de mano se trata de rocas sedimentarias, calizas, micritas y esparitas, que en su mayor parte presentan restos orgánicos de tipo algal o pellets. La muestra 204 presenta además restos evidentes de óxidos de hierro con un halo rojo alrededor.

El análisis de las preparaciones en lámina delgada a la lupa binocular muestra que las rocas esparíticas están formadas por granos de bordes angulosos, generalmente monocristalinos con exfoliación e irisaciones propias de los carbonatos. Poseen fragmentos arqueados de carácter organógeno cristalizados. Escasos opacos, posiblemente relacionables con OFe. No se observa granoclasificación ni tampoco presentan estructura particular ninguna. En cuanto a las muestra micrítica, se presentan casi como *mudstones*, con menos de un 10% de aloquímicos. Se pueden observar microdiaclasas recristalizadas y abundantes restos orgánicos aciculares y de posibles gasterópodos o bivalvos.

La muestra 220 presenta alteraciones en su capa externa antes del calentamiento y en ella los óxidos de hierro son de un tono rojizo/anaranjado de naturaleza limonítica y se presentan “desparramados”.

Microscopio Petrográfico

El análisis con microscopio petrográfico nos revela que las rocas esparíticas de matriz cristalina, presentan los bordes de los granos bien definidos, angulosos, y que son claramente organógenas con restos bien evidentes de pellets. Por su parte, las rocas micríticas presentan pellets de forma redondeada sobre matriz cristalina más clara. Asimismo se aprecian abundantes opacos de tono rojizo.

En el MEB se observa en las rocas esparíticas a 100 y 500x dos texturas claramente diferenciadas, una con superficies planas en planos paralelos y a la derecha una superficie granuda con algún cristal grande. Se aíslan bien los bordes de los granos.

En el análisis de las rocas micríticas es dificil distinguir la textura sin subir a 1000x. Se aprecian también dos texturas diferenciadas y se observa alguna estructuración de granos bien aislados.

El resultado del microanálisis en estas muestras sin calentar es de Ca en la mayoría, con un pequeño porcentaje de Fe en alguna muestra.

• Después del calentamiento.

En el calentamiento en mufla se observa como al alcanzar esta temperatura la muestra se desintegra siendo imposible su análisis. En la experiencia al aire libre, aunque también se produce la disgregación de la muestra, permite su análisis.

El primer cambio que se detecta en muestra de mano después del calentamiento es la coloración. Todas las muestras se han tornado hacia el gris desde sus colores originales marrón, beig y rosáceos. Los restos orgánicos se hacen más evidentes con el calentamiento y aparecen en algunas muestras fisuras e incluso pequeñas fracturas. Siguiendo con la descripción en muestra de mano, se observa como los óxidos de hierro han acentuado su halo rojo. En la muestra 204 se aprecia como la capa superficial se ha transformado en Co2Ca, con textura de polvo de talco.

Cuando se observa la preparación en lámina delgada a la lupa binocular se vuelve a apreciar el cambio de coloración a simple vista por comparación de las muestras. Unicamente es de resaltar que en la muestra 204 sin calentar no se apreciaban los pellets y después de calentada esta muestra se puede clasificar como pellmicrita.

En cuanto a las esparitas, cabe decir que los cambios más relevantes son el aumento notable en el numero de óxidos de hierro y que los bordes angulosos que se apreciaban muy bien antes, ahora parece que ya no quedan tan bien definidos. En la muestra 200-201 la matriz parece haberse disuelto, no apreciándose los granos individualmente.

Microscopio petrográfico

El estudio en microscopio petrográfico revela un oscurecimiento de las muestras generalizado, apreciándose la textura “sucia” e incluso la desintegración de los cristales de los carbonatos, al tiempo que se da una mejor observación de los pellets y de los restos orgánicos en las esparitas.

Microscopio electrónico

El estudio realizado de las rocas esparíticas ha proporcionado resultados como los de la muestra 5, donde a 500x se observa que toda la superficie es un cúmulo de granos unos junto a otros y que en general poseen los bordes redondeados. A 1000x se ven estos mismos granos pequeños de bordes redondeados junto a fragmentos mayores de aspecto derretido.

En las figuras 33 y 35 se puede apreciar la presencia puntual de Fe. En las imágenes inferiores de la figura 33 se aprecia entre los granos de Ca un pequeño cuerpo globular, que al ser analizado resultó ser Fe. En la imagen de la izquierda se observa con barrido de electrones secundarios, mientras que en la derecha se aprecia mediante barrido de electrones retrodispersados. En las imágenes de la figura 35, se aprecia un área filamentosa que por el microanálisis sabemos que es Fe, aunque no podemos determinar sólo por la imagen de que tipo, junto a Ca y Pd en menor proporción.

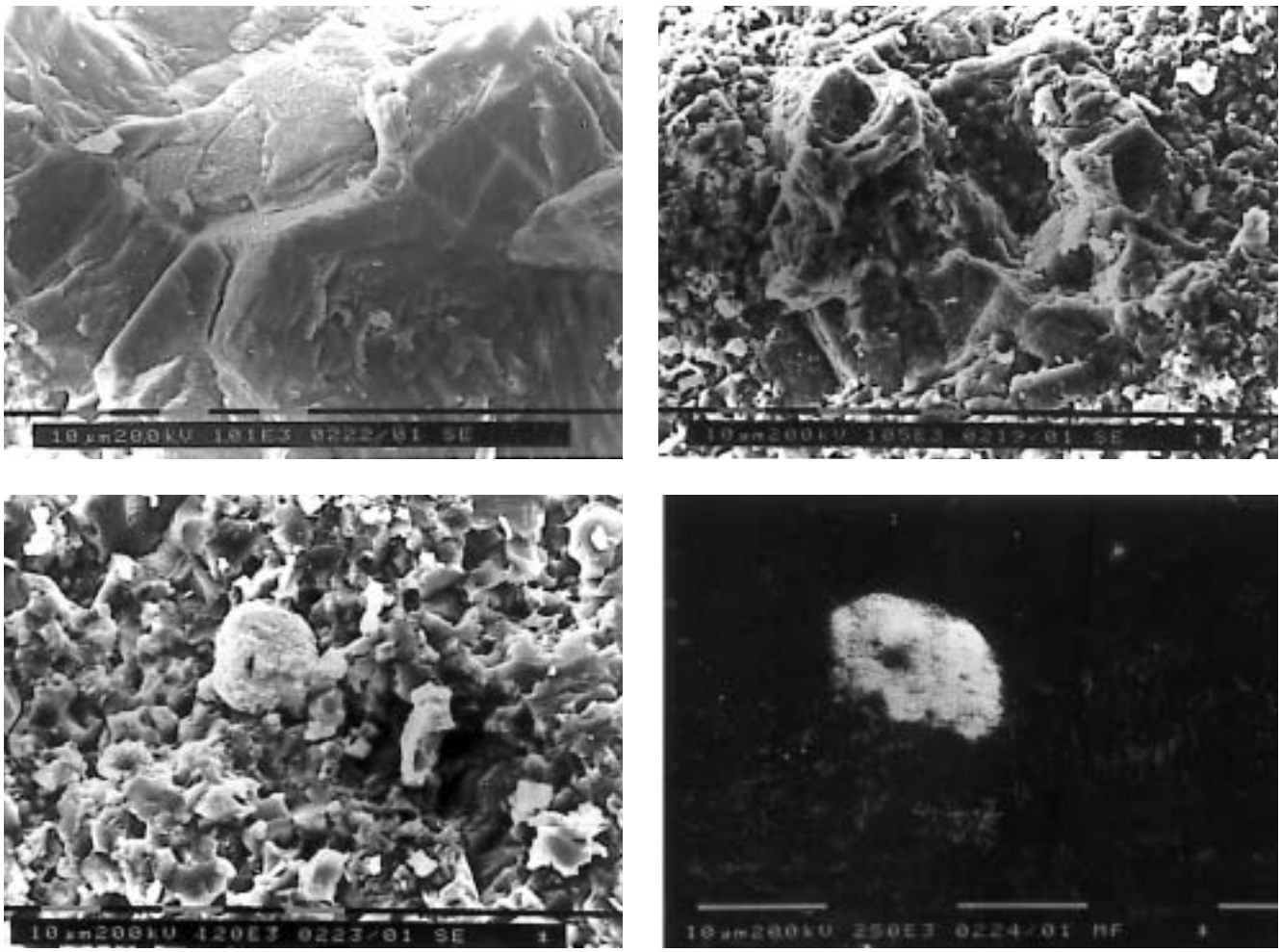


Fig. 33. La muestra 203 (arriba), presenta microfracturas en la superficie de los cristales. En la muestra 204 (abajo), se observa a la izquierda un nódulo de hierro, en imagen de electrones secundarios. A la derecha ese mismo nódulo en imagen de electrones retrodispersados. Calentadas a más de 700ºC.

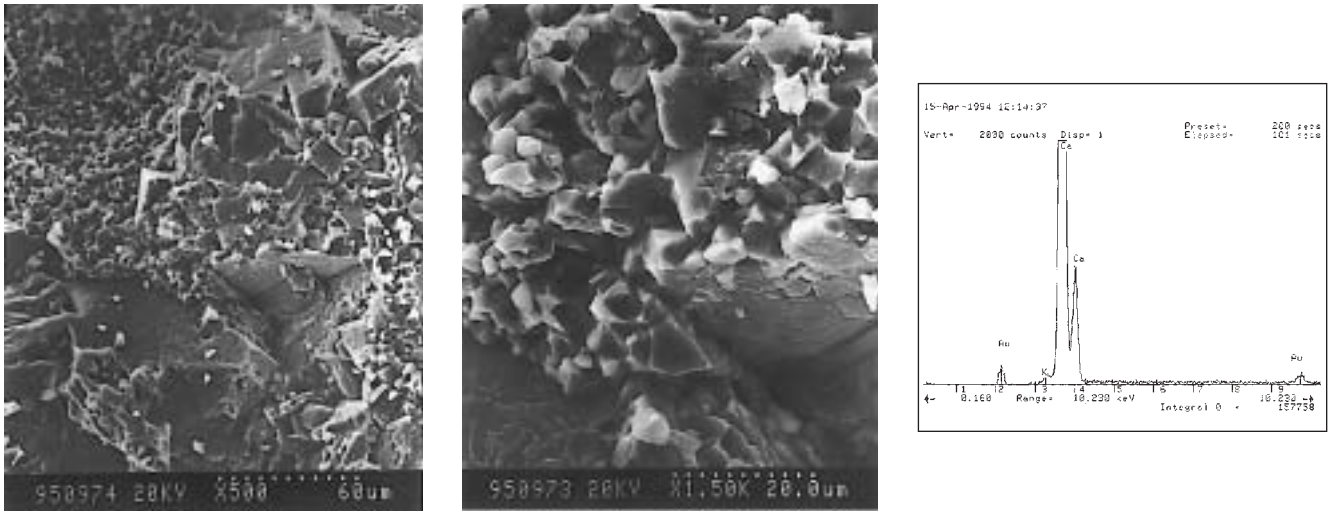


Fig. 34. Muestra sin calentar. Se observan dos texturas bien diferenciadas. En el microanálisis sólo aparece calcio.

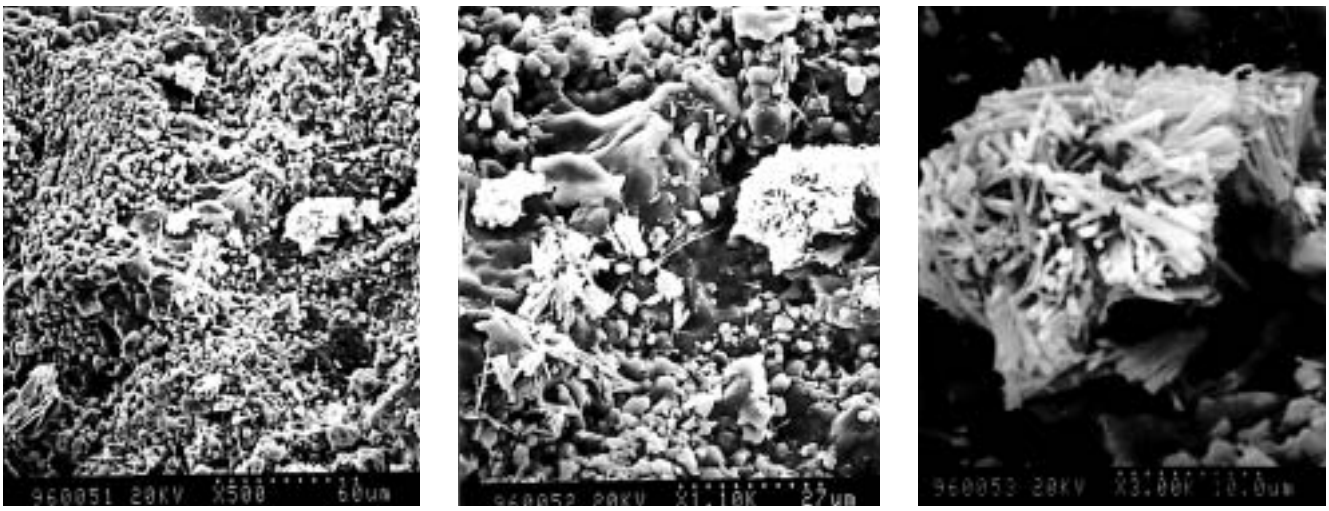


Fig. 35. Muestra calentada 800ºC al aire libre.

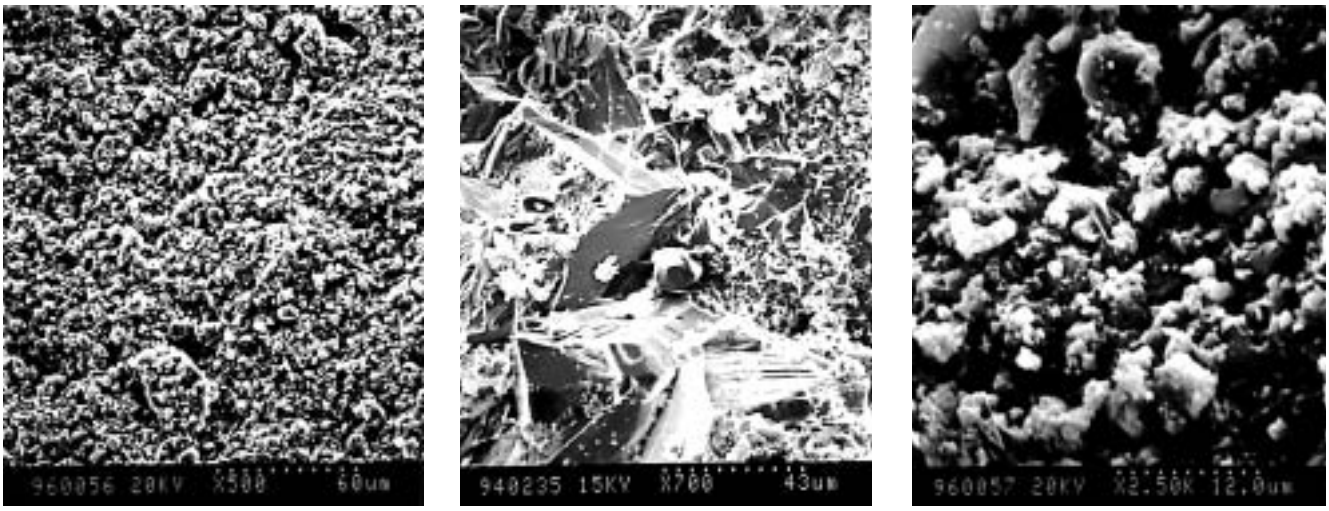


Fig. 36. Muestra calentada más de 600ºC. A 1500x: microfracturas y bordes de cristales redondeados.

En el análisis de las micritas ocurre lo mismo, que en las muestras sin calentar. Hasta 1000x no se aprecian distinciones significativas en la textura de este material. Los granos presentan aristas redondeadas (fig. 36).

Pero, sobre estos granos se aprecia que se depositan restos no identificables y que los granos no están cementados. El microanálisis da como resultado la presencia de Ca, Fe y K.

En la muestra 220, calentada a 679ºC, a 100x se aprecia una textura granuda en la que no es posible aislar granos o cristales. A partir de 500x comienzan a diferenciarse granos que parecen estar adheridos unos a otros con una textura de agregado de granos. A 1000x en la zona de cristales grandes, se observa como los bordes ya no quedan bien definidos en absoluto, parece como si la muestra estuviera rota. La composición química da solamente Ca.

A 1500x parece que los bordes estuvieran pulidos y en otra zona de la muestra se aprecian claramente microfracturas y bordes de cristales redondeados (fig. 36).

A modo de síntesis podríamos decir que entre 300°C y 500°C no se han podido sistematizar cambios micromorfoestructurales sistemáticos que ayuden a un reconocimiento de esta fase del calentamiento.

A temperaturas por encima de los 600ºC se evidencian los primeros cambios morfológicos en las muestras, que sólo son apreciables microscópicamente.

En microscopio petrográfico se observa una textura sucia de los cristales de carbonatos e incluso desintegración, junto a un oscurecimiento general de la muestra.

Por su parte el microscopio electrónico de barrido permite la visualización de depósitos planares sobre granos y cristales, de fisuras y fracturas, y en ocasiones un redondea-

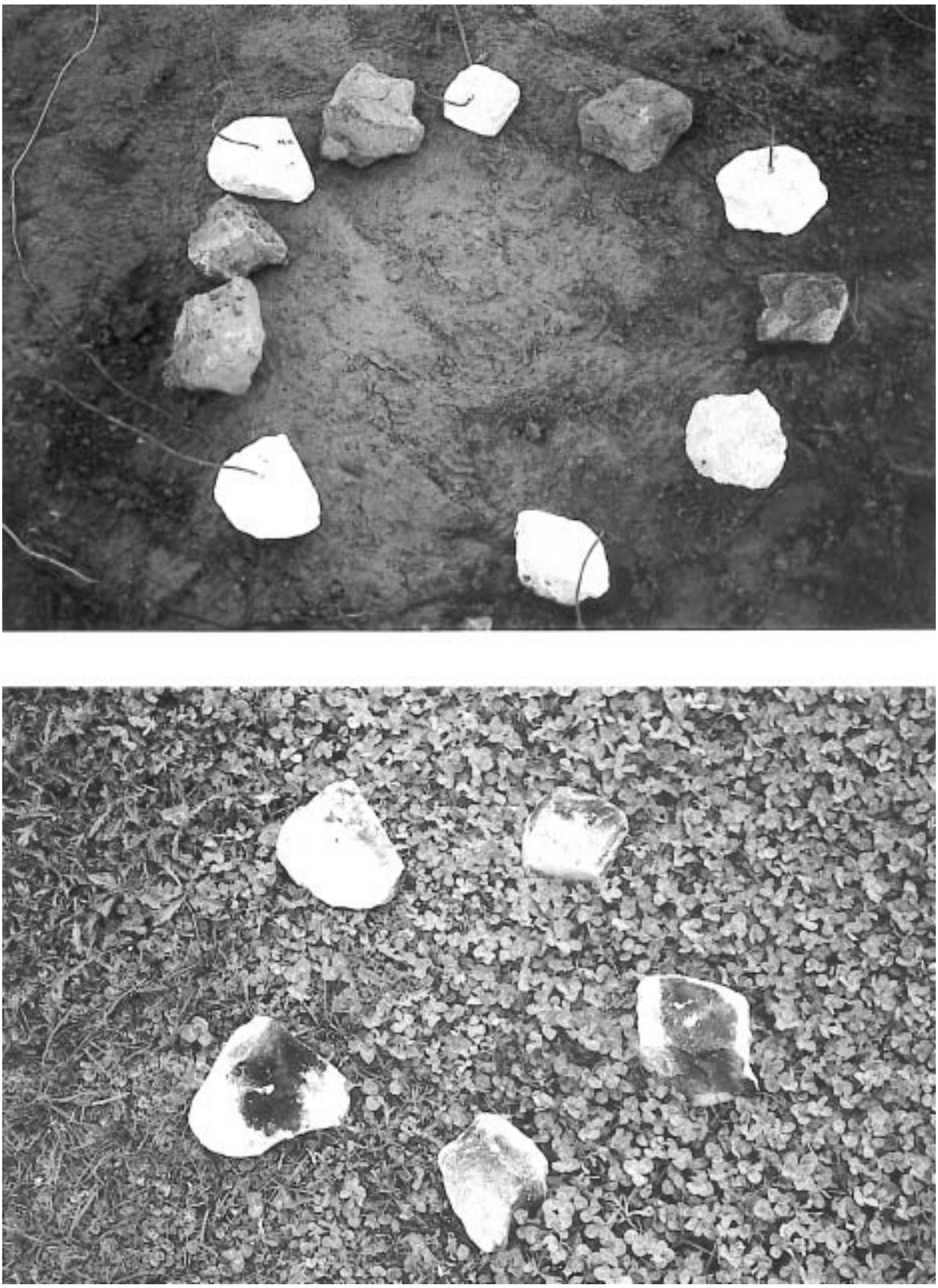


Fig. 37. Distribución de las manchas. Hogar experimental.

miento de las aristas de los cristales de calcita, no apreciándose un incremento en la presencia de hierro en el microanálisis como consecuencia directa del calentamiento.

IV.3.4.4. Distribución de las manchas

Al finalizar el proceso de combustión, hemos venido observando en todas nuestras experiencias que las rocas poseen una serie de manchas distribuidas por distintas caras. Éstas son de color negro en su mayoría y en algunos casos rojas. Éstas últimas suelen describirse en el proceso de excavación como piedras "rubefactas". Su origen y distribución está relacionada con la acción directa del combustible y las llamas.

Las manchas negras se sitúan en la mayor parte de nuestros ensayos, en las caras superior, lateral y lateral opuesta al fuego, mientras que sólo un mínimo porcentaje de rocas ha quedado afectada por manchas negras en la cara que está en contacto directo con el fuego y ninguna lo ha hecho en la cara inferior. Esto entra claramente en contradicción con los resultados expuestos por Meloy et Pagès en sus experimentaciones (1984: 13), debido a que ellos observan precisamente que la parte de la roca que queda teñida de color negro es la inferior en contacto con el sedimento, asociando esta coloración a productos orgánicos provenientes del hogar.

Las manchas negras pueden ser la culminación de dos procesos diferentes. Por una parte son el resultado de los productos gaseosos que genera una combustión incompleta y que están compuestos principalmente de vapor de agua y ácido carbónico, llevando en suspensión carbón en polvo muy tenue que es el responsable de la coloración.

Por otra parte pueden ser el resultado de la adherencia de parte del sedimento de la base del hogar que conlleva restos de carbones, cenizas y materia orgánica.

Es importante resaltar que hemos constatado experimentalmente, como estas manchas negras producto de los residuos carbonosos gaseosos, desaparecen cuando la temperatura alcanzada por la roca es superior a 700ºC. Si la roca no llega a esta temperatura en todas sus caras, podemos encontrar una distribución diferencial de las manchas en las caras que no han sobrepasado los 700ºC. En cuanto a las manchas negras resultado de la adherencia de restos orgánicos, no podemos afirmar que desaparezcan con la temperatura. Más bien al contrario, creemos que estas manchas deben aparecer durante el tiempo transcurrido entre la realización del fuego y el momento de su excavación. Nuestra primera experiencia al aire libre, permaneció tres años a la intemperie y al levantar las rocas, éstas no presentaban manchas negras de adherencia de materia orgánica. Será interesante de cara a futuras investigaciones planificar una serie experimental que permanezca enterrada unos años e ir comprobando la evolución de las manchas.

Las manchas rojas, por su parte, se sitúan en la muestras experimentales preferentemente en las caras inferiores y en menor medida en las laterales, aunque en muchas de las muestras la cara inferior no ha sido afectada por manchas de ninguna clase.

Hasta ahora en la mayor parte de las investigaciones se utilizaba el remontaje de las rocas como único indicador para intentar explicar el funcionamiento de los hogares: disposición de las rocas respecto del fuego, reutilización, tiempo de duración, etc. (Julien, 1989; Valentin, 1989; Olive, 1990). Pero en los casos en que el remontaje no es posible, bien por cuestiones de metodología de excavación o porque los restos se encuentran *in situ*, o en los que no proporciona una información suficiente, el estudio de la situación de las manchas informa de una manera precisa sobre la colocación de cada una de las rocas respecto del fuego. Así se consigue conocer tanto la ubicación de los pétreos como su posible reutilización.

En este sentido la aplicación de este análisis al estudio de yacimientos con grandes acumulaciones de rocas termoalteradas, se ha revelado muy importante como hemos visto en el capítulo de las evidencias arqueológicas en el caso de Marolles.

En cuanto a las manchas rojas producto de la rubefacción, sólo 4 de las rocas registraron este tipo de alteración, en sus caras lateral o inferior. En una parte de los casos se relacionan con zonas rellenas de arcillas que son las que se tornan de color rojo, en el resto son el resultado del calentamiento de los óxidos-hidróxidos de hierro.

Este fenómeno es conocido en la bibliografía arqueológica como **rubefacción**. Este término procede del latín *rubefacere* que significa poner rojo. Es utilizado habitualmente en edafología para referirse a la formación de suelos y es de ahí de donde la arqueología lo toma prestado.

Bazile (1987) lo describe aplicado a las termoalteraciones de las molasas del yacimiento de Fontgrasse como la oxidación del óxido ferroso en óxido férrico, fenómeno que aparece a partir de los 200ºC.

Por su parte Gascó (1985), define este término también como la oxidación de ciertos minerales debido a la acción del fuego, lo que provoca coloraciones rojas o negras en las superficies de los bloques.

March (1993) utiliza el término oxidación en vez de rubefacción por considerar que define mejor el fenómeno de transformación que se produce.

También Meloy y Pagès (1984) la definen. Para ellos es el resultado de la transformación de los óxidos de hierro tipo limonita en goethitas y de éstas en hematitas.

No compartimos la afirmación de Meloy y Pagès, dado que se ha descrito que no existe ninguna especie mineral llamada limonita (Ponsjak y Merwin, citado por Bateman, 1974: 278). La limonita (Martínez *et alii*, 1973) no es pues una especie mineral bien definida sino un término genérico que comprende óxidos de hierro hidratados y mezclados frecuentemente con sílice coloidal, arena, sustancias arcillosas, óxidos de manganeso, jarosita, fosfatos, ácidos húmicos, etc. Entre los óxidos de hierro están la goethita criptocristalina con agua absorbida o capilar, lepidocrocitas y en ocasiones hematites hidratada, en estados de gel endurecido. De todo lo anterior es fácil comprender que buena parte de las propiedades físicas y químicas hayan de ser extremadamente variables.

De esta manera los resultados obtenidos por distintos autores en las diferentes mineralizaciones de carácter férrico incompletamente definidas y constituyendo tan solo ínfimas concentraciones de masas líticas, son cuanto menos inaplicables y, además, como establecen Caillère et Henin (1967), para que el calentamiento transforme los minerales arcillosos hace falta un mínimo de entre 700°C y 1000°C [4].

Por nuestra parte consideramos que, después de las reflexiones realizadas, el término más adecuado es el clásico de rubefacción, que sólo refiere una coloración rojiza.

IV.3.4.5. Las Fracturas

En cuanto a las fracturas observadas en los pétreos experimentales, debemos señalar que a pesar de las altas temperaturas alcanzadas en algunos de los ensayos, en las rocas se produjeron sólo algunas fisuras superficiales exteriormente y escasa fracturación.

Según el trabajo de Meloy y Pagès, (1984: 31) las fracturas se producen por los denominados "choques térmicos" que provocan una dilatación en determinadas zonas del material. La dilatación superficial de la roca conlleva en su masa esfuerzos mecánicos. Esta dilatación puede ser lo bastante importante para esperar un umbral de ruptura (umbral de plasticidad del material) y provocan el desgajamiento de parte de la roca (desagregación química).

Así pués, los cambios bruscos en la intensidad de la temperatura o las turbulencias de aire frío/caliente, que provocan la dilatación de ciertas zonas del material pétreo, hacen que esta dilatación pueda ser lo bastante importante como para llegar al umbral de ruptura y provocar el desgajamiento de partes de la roca.

En nuestras experiencias de campo, no se produjeron al parecer "choques térmicos". Esto quizá fue debido a que tanto el aumento como el descenso de las temperaturas fueron paulatinos, a que no se apagó el fuego de una manera repentina y a que no hubieron bajas temperaturas nocturnas –es importante señalar que en las comarcas valencianas donde se realizaron las experiencias en los meses de marzo y abril, es muy extraño que hiele–.

En este sentido, debemos remarcar que la primera de nuestras experiencias tardó 3 años en ser excavada y las rocas se recuperaron exactamente como habían quedado en el momento en que el hogar se apagó. El único cambio que pudo apreciarse fue el crecimiento de herbáceas en el interior del círculo de piedras que conformaba esta estructura (lám. 10).

En el mismo trabajo de Meloy y Pagès, se describe como las rocas calizas de Champigny que se utilizan en la confección de un hogar experimental, sufren fracturas de tres tipos:

- microfracturas paralelas a la parte del hogar (radial).
- microfracturación rectilínea que puede conllevar una brechificación.
- fractura perpendicular a la cara del hogar, provocada por "choque térmico".

En nuestras experiencias, cuando las temperaturas sobrepasaron los 700ºC en determinadas rocas, más que una fracturación que pueda ser sistematizada lo que se produjo fue una disgregación de la roca, asociada a una coloración gris-blanquecina y a una textura que hemos denominado como "polvo de talco". En las experiencias en las que la temperatura se mantuvo por debajo de 500ºC, no encontramos evidencias de fracturas, por lo que no existe la posibilidad de sistematizar tipos, sólo algunas de las rocas presentan fisuras y en ocasiones estas se relacionan con planos de discontinuidad provocados por las arcillas [5].

IV.4. CALENTAMIENTO EXPERIMENTAL EN MUFLA

Cuando se eligió la mufla para realizar los calentamientos experimentales de laboratorio, se tuvo en cuenta el hecho de que en ella las muestras se calientan de una manera homogénea, dando un resultado que no es similar al de las rocas calentadas al aire libre, pero que sirve para establecer criterios de discriminación que en las experiencias al aire libre resulta imposible considerar.

IV.4.1. Elección de la muestra

Se parte de un total de 11 muestras consistentes en bloques pétreos de unas dimensiones entorno a los 25 cm, descritos como rocas sedimentarias carbonatadas. De ellas, 7 presentan textura de grano fino denominadas micritas y 4 de grano grueso o esparitas; son duras y compactas, presentando algunas de ellas vetas de calcita, fósiles y óxidos metálicos en muestra de mano. La forma predominante es la globular presentando aristas redondeadas. No se aprecian fisuras o fracturas previas al calentamiento.

Una vez seleccionado el material, se procedió a su acondicionamiento, previo al proceso experimental de calentamiento controlado. Este acondicionamiento consiste en el cortado y pulido de los bloques en pequeños fragmentos

---

[4] En buen número de ocasiones los datos de transformaciones químicas manejados por distintos autores, son el resultado del análisis en laboratorio de determinadas moléculas puras, frente a un agente de transformación. Sin embargo hemos de tener en cuenta:

1º Que ciertos minerales y, sobretodo buena parte de los denominados como del grupo de las arcillas, no responden a una fórmula cualitativa única sino que son moléculas complejas en las que entran y salen cationes con cargas binarias y/o ternarias. De aquí la problemática de considerar un solo compuesto para los ensayos de laboratorio.

2º Que éstos se efectúan con sustancias puras, mientras que en nuestro caso la presencia de otros componentes y, sobretodo de los de tipo carbonatado, ejercen una capacidad como fundentes variando dichos parámetros de temperatura de transformaciones moleculares.

[5] Ver análisis de la fracturas en el capítulo 6.

para adecuar su introducción en la mufla. De los 11 bloques iniciales resultaron un total de 61 fragmentos. Cada uno fue descrito mediante lupa binocular hasta 40x y se catalogó su coloración mediante el uso primero de la tabla Münsell y después del colorímetro.

Las muestras se presentan como un conjunto bastante homogéneo de rocas carbonatadas de grano fino, en algunos casos con restos de pellets o burrows, intraclastos, microkarsts, óxidos de hierro (micropiritas) y sólo una de las muestras presenta cemento intersticial carbonatado.

IV.4.2. Elección de las variables

Las variables que se han tenido en cuenta en el calentamiento controlado en laboratorio han sido las siguientes:

- El tiempo de duración del calentamiento
- Las condiciones de la mufla
- El tiempo de enfriamiento

En el caso de las experiencias en mufla las variables son constantes ya que sólo se tendrá en cuenta el tiempo de duración de la experiencia y la propia mufla que siempre ha sido utilizada en las mismas condiciones. Sólo hay una variable imponderable que es el tiempo de enfriamiento. En la mayor parte de los casos se hizo lentamente dentro de la mufla, pero hubo algunas excepciones para observar si se producía alguna alteración especial debida al denominado choque térmico (Meloy y Pagès, 1984).

Todos los fragmentos fueron calentados durante 3 horas en intervalos de diferente temperatura, con el fin de realizar una evaluación progresiva de las alteraciones. La elección de 3 horas como tiempo de exposición responde a los mismos criterios establecidos en las experimentaciones de campo, con el fin de poder contrastar los resultados.

IV.4.3. Sistemática operativa

Tras la preparación y una vez finalizado el proceso de calentamiento, se analiza cada una de las muestras mediante lupa binocular para observar las alteraciones producidas. En este proceso analítico petromorfológico, se incluye la caracterización de la muestra mediante el uso de la fotografía antes y después de su calentamiento, de manera que podamos guardar un registro gráfico del proceso, obviamente de tipo orientativo dado que el hecho de utilizar diferentes marcas de carretes y procesados fotográficos, hará que los resultados no sean exactamente comparativos ni por análisis de imagen. Aún así se opta por realizar un registro de todas las muestras que debe ayudar a lo largo de la investigación para la confección de un catálogo de alteraciones.

Asimismo de cada una de las muestras se realizan preparaciones en lámina delgada para su observación mediante microscopio petrográfico.

También siguiendo la sistemática preestablecida, se obtuvieron preparaciones de las muestras para ser caracterizadas mediante microscopio electrónico de barrido.

Esto ha supuesto que todas y cada una de las muestras han sido analizadas antes y después del proceso de calentamiento por cada uno de los medios ópticos y electrónicos que utilizamos en este trabajo.

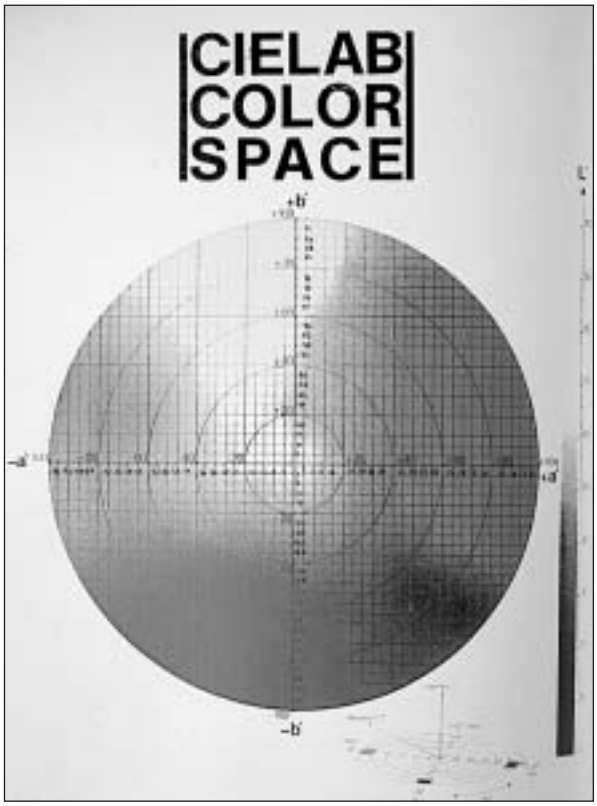


Fig. 38. Espacio de color CIELAB. (Ver lám. 9)

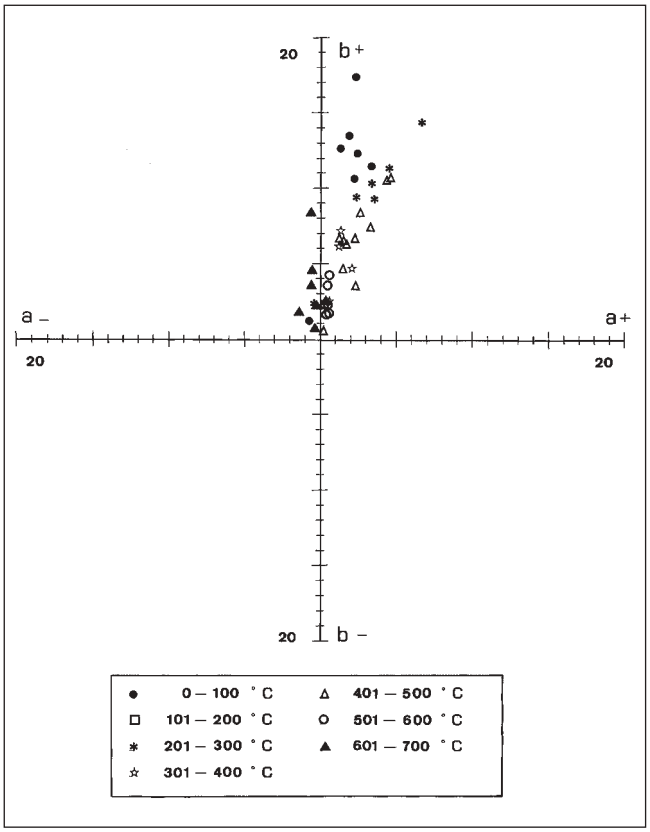


Fig. 39. Representación de a* y b* en el espacio de color CIELAB.

IV.4.4. Valoración de los resultados

IV.4.4.1. Alteraciones colorimétricas

También en el calentamiento controlado en mufla, las alteraciones macroscópicas más evidentes son las colorimétricas.

La sistemática metodológica utilizada en el calentamiento en mufla de las muestras, permite, al contrario que en las experiencias al aire libre, tener un control absoluto sobre la temperatura de cada muestra individual en calentamientos sucesivos. Debemos recordar que en la mufla se han calentado trozos distintos de una misma roca, no un sólo trozo de una roca varias veces. Sólo realizamos un ensayo de recalentamiento a temperaturas por debajo de 300°C. Calentamos las muestras a 100°C durante 7 horas y después las recalentamos 3 horas a 200°C y 3 horas a 300°C. En un primer análisis se apreció que las alteraciones eran similares a las producidas por un sólo calentamiento durante 3 horas,

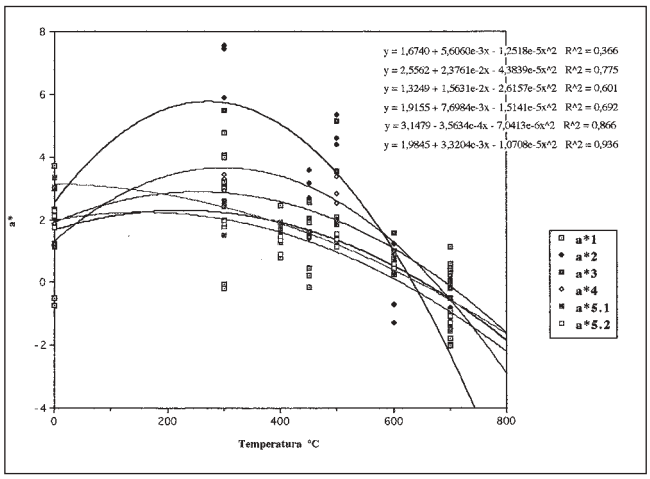


Fig. 40. Datos mufla a*.

pero al procesar los datos estadísticamente estas muestras mostraban un funcionamiento distinto. Estos resultados iniciales nos indicaron que el proceso de recalentamiento requeriría de un estudio más complejo que no abordaremos en este momento.

El método de trabajo utilizado en mufla, permite un seguimiento de la evolución del color a lo largo de la escala de temperaturas establecida, para cada roca. Así pues, hemos analizado los parámetros que definen las variaciones de color, roca por roca.

A 100ºC y 200ºC, incluso recalentándolas, las muestras no presentaron cambios de color apreciables –en tabla Munsell se obtuvo idéntica clasificación–. Por esta razón el control del calentamiento progresivo cada 100ºC, se inició a los 300ºC y terminó a los 700ºC que es la última temperatura que permite análisis en mufla. Si analizamos la figura 39 observaremos que:

El parámetro a*. Como ya se ha comentado en los resultados de las muestras calentadas al aire libre, un crecimiento del 1% en el índice de a*, es apreciable a simple

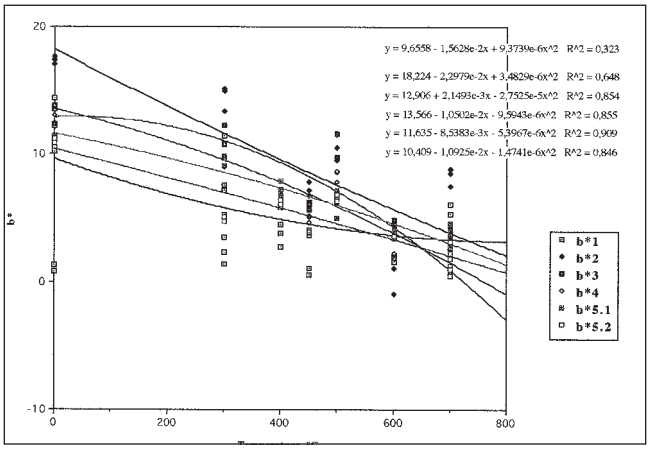


Fig. 41. Datos mufla b*.

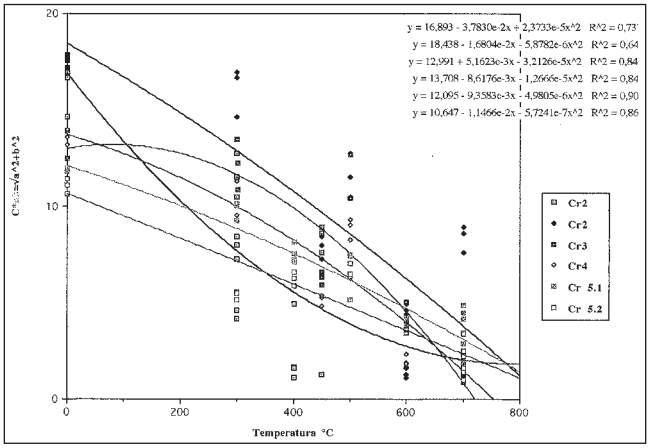


Fig. 42. Datos mufla Croma.

vista. Sin embargo, también hemos dicho que estadísticamente esto es escasamente significativo, ya que ese 1% engloba toda la variabilidad de las muestras sin calentar.

En el caso del parámetro b*, los resultados se ajustan a lo observado en las muestras al aire libre, es decir un descenso paulatino desde el inicio del calentamiento a 300ºC hasta los 700ºC. Si acaso con una pendiente algo menos pronunciada.

El parámetro L* sigue mostrándose independiente de la temperatura.

Si analizamos exclusivamente el índice de rojez (a*/b*), se observa que la correlación entre temperatura y rojez es prácticamente nula. Con todo si hay que analizarla, vemos una tendencia al gris de entre 300ºC y 450ºC. Esto plantea serios problemas a la hora de establecer tendencias generales de comportamiento.

Para establecer criterios más claros, analizamos también el croma (C* ab = (a2 + b2)1/2). Este parámetro marca una tendencia clara hacia el gris. Además, el análisis roca por roca posibilita analizar el comportamiento diferencial de cada muestra.

En el caso del croma se observa que cuando se parte de valores de croma muy altos (próximos al 20%) en muestras sin calentar, éstas evolucionan con una pendiente mayor

que cuando se parte de valores de croma más bajo (próximos al 10%).

Concluyendo, se puede afirmar en términos generales, que existe una cierta independencia entre las características cromáticas de partida y su evolución a lo largo de la escala de calentamiento. Lo que abre interesantes posibilidades de cara a poder, a través del análisis del color, realizar una inferencia de temperatura. El problema fundamental que presenta el cálculo de la temperatura a partir de los parámetros del color –que sería la utilidad arqueológica que se buscaba con toda esta analítica– es la complejidad de la obtención del conjunto global de datos necesarios –paramétricos y no paramétricos–.

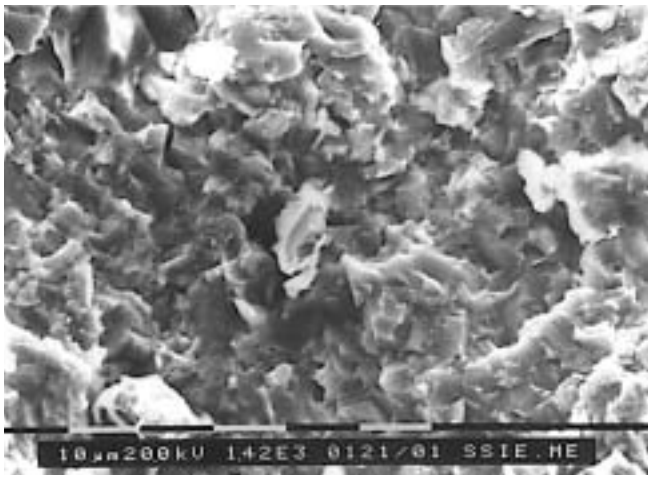
IV.4.4.2. Alteraciones morfo-estructurales

Tras la descripción mediante lupa binocular y microscopio petrográfico, hemos podido apreciar que todas las rocas calentadas en mufla son micritas, aunque muchas de ellas contienen zonas con granos tamaño "sparry". La mayor parte presentan restos orgánicos –conchas de gasterópodos, restos aciculares, etc.–, pellets, oolitos, foraminíferos y óxidos de hierro.

a. Calentamiento hasta 300°C

Antes del calentamiento se aprecian bien los cristales de calcita. En la muestra 23, a 3000x se percibe claramente en el ámbito de la fractura la superficie de cementación en tonos claros que bañan cada uno de los cristales; en los bordes de los agregados se ven claramente microclastos y cristales en sus formas poliédricas de aristas bien definidas y la textura superficial uniforme sin que aparezca indicios de transformación química, térmica o mecánica.

A 100°C y 200°C no se observan más alteraciones que una ligera deshidratación; no se aprecian cambios en las coloraciones ni en los componentes. El cambio más notable que se produce a bajas temperaturas es el de la coloración de la muestra a partir de 300°C. Los óxidos de hierro parece que se multiplican y sobre todo presentan un halo rojo a su alrededor que no poseían antes del calentamiento. No se aprecian cambios en la morfología de los granos. El 90% de las muestras analizadas con la microsonda del MEB, han dado como resultado la presencia de Ca como único elemento. Sólo en la muestra 129, aparece una micropirita que se puede observar en la figura 43 mediante barrido de electrones secundarios y retrodispersados.



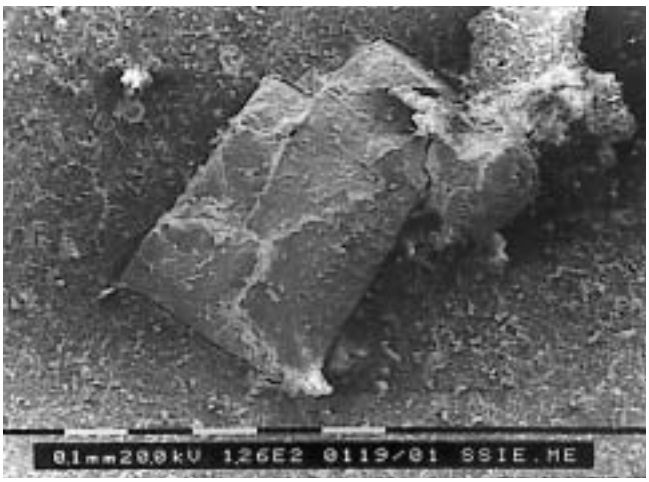


Fig. 43. Muestra 129. Calentada en mufla a 700ºC. Abajo: Pirita. Imagen de electrones secundarios y retrodispersados. Arriba: Zona que no presenta hierro.

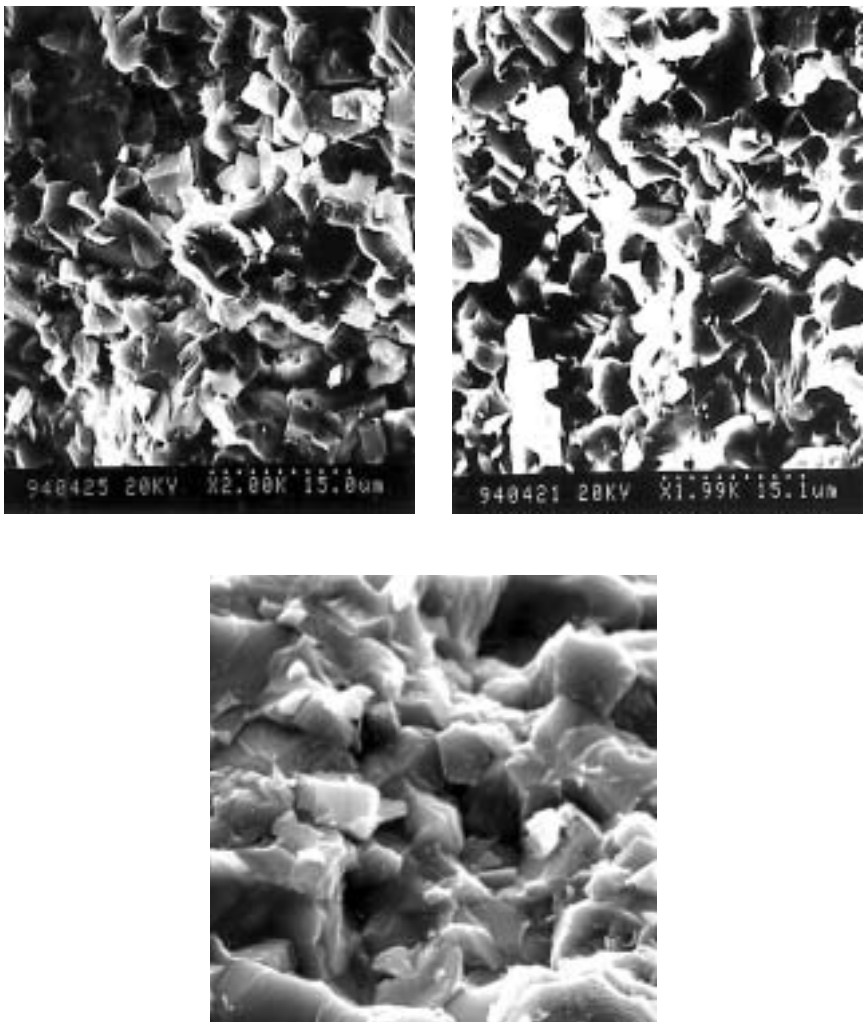


Fig. 44. Abajo: Muestra calentada en mufla a 300ºC.
Se mantienen netos los bordes. (MEBEC).
Arriba: Muestra calentada en mufla a 450ºC. MEB

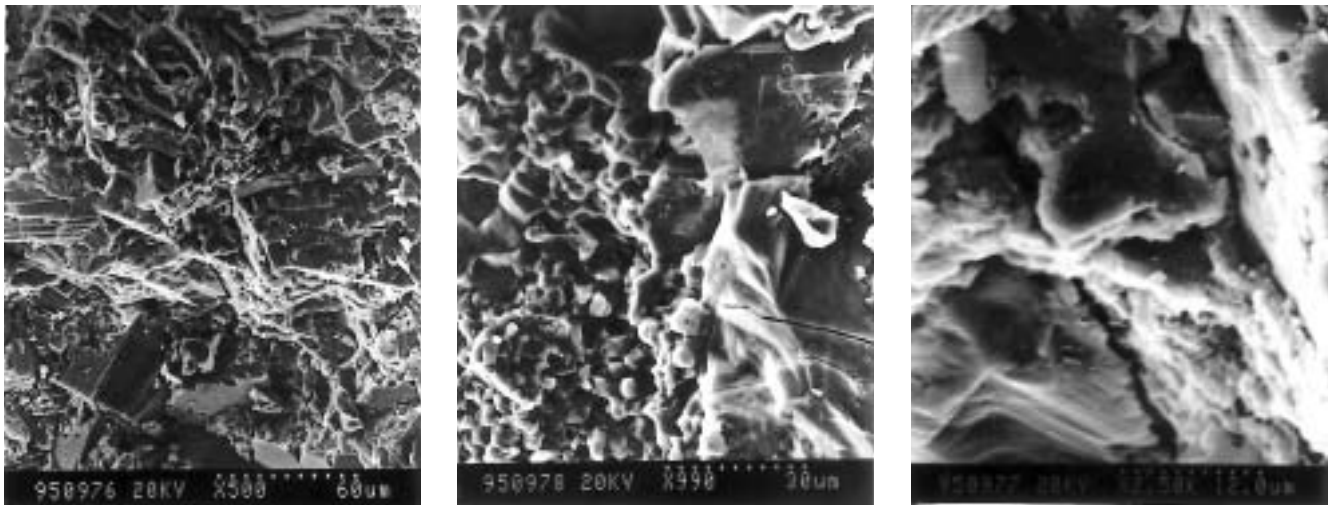


Fig. 45. Muestras 203 y 252. Calentadas más de 700 ºC al aire libre. Se observan fracturas y fisuras.

Es por eso que debemos destacar una de las muestras calentadas a 300°C ya que al apreciar una zona de morfología diferente se realizó un microanálisis obteniendo como resultado Fe, Si, Al y Ag. A excepción de la plata, que puede proceder del pegamento utilizado para fijar la muestra al porta-objetos, estos elementos pueden formar parte de un mineral de arcillas de descalcificación que ya se encontraba ahí antes del calentamiento.

A 1300x se percibe en el MEBEC claramente la morfología de los granos, se observa que la variedad litológica mantiene netos los bordes de los cristales, tanto en la matriz carbonatada como en los minerales de alta y baja frecuencia.

A 3000x el aislamiento de los granos es lo bastante remarcable como para darse cuenta que el calentamiento no ha producido alteraciones apreciables.

b. Calentamiento hasta 500°C

La coloración es también la transformación térmica más clara sufrida por las rocas (fig. 39). De igual manera que en los calentamientos a menor temperatura, en las observaciones a la lupa binocular, los óxidos de hierro adquieren halo rojo haciéndose más evidentes. También los restos orgánicos cambian de coloración tornándose más claros así como los pellets y los oolitos. En general parece como si los componentes de la muestra se mostraran más nítidos (lám. 11).

El análisis con MEBEC a 500x muestra aparentemente que los bordes de los cristales están rodeados de un cemento con respuesta electrónica blanquecida, sin embargo a 2000x se aprecia que lo blanquecino son refractancias de borde de cristal. Se observan también aristas de cristales, fracturas angulosas, superficies planas de bordes de cristales y/o roturas, con lo cual no se puede establecer que se produzca desintegración en los mismos. En la figura 44 se aprecian bien los cristales de calcita ya que como se observa en el microanálisis éste es el único elemento presente.

c. Calentamiento hasta 700°C

Sin duda entre 600°C y 700°C se producen las mayores alteraciones evidentes. En primer lugar sea cual sea el color original de la muestra analizada, se torna hacia el gris (fig. 39) a partir de los 600°C. Hicimos el ensayo de introducir las muestras con la mufla a temperatura ambiente y con la mufla calentada previamente a 450°C dado que este tipo de hornos tarda aproximadamente 110 minutos en alcanzar los 600°C, aunque de igual forma a las tres horas de apagado todavía se mantiene a 360°C. Los resultados fueron muy similares para los dos ensayos. Los óxidos de hierro mantienen su halo rojo a los 600°C mientras que al alcanzar los 700°C se tornan más oscuras –negro metalizado– debido quizá a su transformación. Los pellets se siguen aclarando, tornándose en algunos casos amarillentos. Parece que los bordes de los granos en lámina delgada se definen peor que en las muestras no calentadas. También en lámina delgada se aprecia que el sustrato se oscurece a medida que se calienta, esto se debe a la pérdida de CO3Ca que se transforma en cal (lám. 12).

El análisis de una de las muestras calentadas a 600°C en MEBEC, refleja a 1500x el cemento de agregación individualizado, a 2000x se perciben microcraquelados, bordes angulosos de grano y formas cristalinas. Comienzan a aparecer agregados blanquecinos pulverulentos que a 4000x se observa que corresponden a la superficie externa del grano. Esta propiedad se presenta aislada, no suponiendo que por el cambio de temperatura se perciba claramente un desagregado en las aristas de los cristales. A 700°C, la muestra 6 presenta un sustrato que sigue constituido por granos cementados. A 1500x en él se individualizan bien cada uno de los fragmentos. Los bordes siguen conservando angulosidad, estando el conjunto cementado. Empieza a perderse la cristalización y los bordes están peor definidos, siendo sustituidos por una pátina blanquecina de textura granular (talco).

Según Caillère y Henin (1967), cuando se calienta un mineral arcilloso, este sufre una serie de transformaciones. Se trata en general de deshidratación a causa de las bajas temperaturas y de desorganización, recristalización, para temperaturas entre 700°C y 1000°C. Estas transformaciones se manifiestan por las modificaciones del estado físico de la muestra. Estas observaciones creemos que se corresponden totalmente con lo analizado anteriormente.

d. Calentamiento a 800°C

La muestra se disgrega completamente y queda inservible para su observación, se torna $CaO + CO_2$.

IV.4.4.3. Las fracturas

Al valorar estos resultados se debe tener en cuenta el tamaño de la muestra calentada que tuvo unas dimensiones siempre homogéneas, de alrededor de 5 cm y que fue preparada en forma de cubos.

También debe tenerse en cuenta que tanto en el caso del enfriamiento como del calentamiento de las rocas en horno, éste se produjo de la siguiente manera:

- la muestra se calentó y enfrió lentamente dentro del horno.
- la muestra se calentó lentamente y se enfrió bruscamente fuera del horno.
- la muestra se introdujo con el horno caliente a la temperatura establecida para la experiencia y se enfrió lentamente.
- la muestra se introdujo con el horno caliente y se enfrió bruscamente.

Los resultados obtenidos han sido similares para todas las muestras sin importar el tipo de enfriamiento o calentamiento que hayan sufrido.

Ninguna muestra calentada por debajo de 700°C presenta fracturas ni fisuras. A partir de 700°C lo que se produce es una disgregación de la roca, que como en el caso del calentamiento en medio aerobio, no permite realizar una sistematización de las mismas.

Plantear una hipótesis clara al respecto del problema de la “no fracturación de las muestras” es dificil. Hemos de tener en cuenta que el aumento de la temperatura es continuo y paulatino, lo que quizás unido al pequeño volumen de las rocas ayude a comprender este fenómeno. Pero no deja de llamar nuestra atención el hecho de que en

las ocasiones en que extrajimos las muestras de la mufla sin dejarlas enfriar, debió haberse producido el choque térmico. Habría que reflexionar sobre si en determinado tipo de litologías (rocas carbonatadas micríticas y esparíticas), no puede producirse un comportamiento diferencial, en el que haga falta una reiteración de este fenómeno de una manera continuada para obtener la fracturación o al menos la fisuración de las muestras. Volveremos sobre este tema al referirnos a la fracturación de las rocas arqueológicas.

En este capítulo hemos podido caracterizar y clarificar una serie de criterios que van a servir como base de reconocimiento de las termoalteraciones en las rocas carbonatadas.

La puesta a punto y comprobación de todo este trabajo, va a verse ratificada en el siguiente capítulo donde a partir del análisis de una estructura de combustión arqueológica, observaremos como los resultados aportados por la metodología experimental ayudan a una mejor comprensión de los fenómenos acaecidos en torno a dicha estructura.

V. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Al plantear la realización de un trabajo experimental, es muy importante cotejar los resultados con la realidad que proporciona la documentación arqueológica ya que un proceso experimental dado, por muy completo y complejo que se plantee, nunca abarca todas las posibilidades que pudieron darse en el encendido real de un fuego. Además las preguntas que el propio registro nos incitó a contestar experimentalmente, deben ser retomadas en este momento.

Hemos visto como las evidencias de combustión que presenta el yacimiento del Abric de la Ratlla del Bubo, están muy diversificadas, así como espacialmente bien repartidas por toda la superficie del abrigo. Una constante que se documenta a lo largo de la excavación es que en un mismo nivel suelen aparecer evidencias de distinto carácter relacionadas con la combustión.

A pesar de esta documentación, que podría haber supuesto un análisis amplio y detallado de la evolución del problema de la combustión en abrigos de ocupación corta y estacional, tanto los avatares sufridos por el yacimiento a causa de las agresiones de excavadores clandestinos, como la dinámica del propio registro, hicieron que sólo la estructura del nivel II se presentara como el objeto de estudio más idóneo para la aplicación de la metodología experimental.

Las razones en las que fundamentamos nuestra elección se relacionan tanto con el hecho de que la estructura se documentara *in situ*, como con la homogeneidad que presenta la materia prima utilizada como borde del hogar, que facilita la documentación experimental. Además nos empujó también a emprender este estudio el hecho de que no se aplicara una sistemática coherente en el registro de este tipo de estructuras, lo que impedía, lógicamente, llegar a una síntesis válida del problema.

Debemos tener en cuenta, que al decir que la estructura de combustión se encuentra *in situ*, estamos refiriéndonos a que en el momento de la excavación (lám. 13) no presentaba síntomas evidentes de remoción, desplazamiento de los bloques o de encontrarse desmantelada. Esto no significa que este hogar no hubiera podido tener diversas fases de calentamiento, sino simplemente que se ha documentado la última forma, siendo ésta el resultado tanto de actuaciones antrópicas como de posibles procesos tafonómicos.

Cuando elegimos estudiar la estructura de combustión de F3 - F4, éramos conscientes de que no íbamos a contar con todos los elementos que en el momento de la ocupación del nivel II se relacionaron con ella.

Teniendo en cuenta las limitaciones que esto podría suponer para el presente estudio, pero valorando positivamente la información que se había recogido en la primera campaña y la que aportó el propio levantamiento de la estructura de piedras, decidimos estudiar este hogar correspondiente a la capa 1 del nivel II.

Es el momento de introducir en este trabajo la problemática y la importancia del estudio de las historias parciales o micro-historias (March, 1995), en la interpretación de los asentamientos.

El objetivo de la interpretación arqueológica debe ir encaminado al reconocimiento de las actividades cotidianas de los grupos cazadores-recolectores que son las que desvelan el comportamiento de estos grupos. Cada una de estas actividades deja en el suelo que ha ocupado una serie de evidencias, que son parciales –puesto que sólo se va a registrar lo que queda después de la actividad, teniendo en cuenta además los procesos tafonómicos– y que no siempre reflejan con claridad la actividad referenciada.

Tal vez la manera más factible de acercarse desde la investigación al conocimiento de aquella realidad cotidiana, sea estudiando las historias parciales. Reconstruyendo pequeños fragmentos de la historia de un asentamiento, es posible el acercamiento a su realidad cotidiana. Un ejemplo de esto lo constituye la reconstrucción de la cadena opera-

tiva lítica, que supone el conocimiento de cada gesto técnico realizado (con lo que de elección personal ello tiene y con el reflejo de concepción mental y posibilidades que expresa).

Mediante el estudio de las acciones que reflejan un criterio de elección o funcionamiento, estaremos acercándonos a esa realidad desconocida. En este sentido el estudio aislado de una estructura de combustión aporta una información tan valiosa, desde ese punto de vista, como el estudio detallado de las relaciones espaciales de los miles de objetos que puedan darse en un suelo de ocupación, ya que nos está explicando cual fue la relación de un grupo humano con el fuego, cómo y para qué lo utilizó y cual era su nivel de conocimiento técnico del mismo.

En este sentido, la sistemática de trabajo creada en el capítulo experimental, ha de servir como ejemplo de operatividad a la hora de conseguir explotar la máximo la información que nos permita reconstruir una historia parcial. La suma de estas historias parciales hará posible que nuestra reflexión global de los sitios sea mucho más ponderada y ajustada a la realidad. No debemos olvidar que aunque nuestro objeto de estudio sean las estructuras de combustión, o los elementos que forman parte de ellas, el objetivo final de nuestro trabajo es conocer el funcionamiento del hábitat que estudiamos para acercarnos al comportamiento de los hombres y mujeres que lo ocuparon.

Con este planteamiento iniciamos el estudio del hogar del nivel II, que cuenta con una escasa documentación contextual, pero que aporta una información importante sobre un comportamiento determinado respecto del uso del fuego, del grupo humano que habitó el asentamiento del Abric de la Ratlla del Bubo hace más de 17.000 años.

V.1. LA EXCAVACIÓN

El proceso de excavación de la estructura ubicada en F3-F4 (lám. 13), se realizó en dos campañas. Durante la primera se documentaron inicialmente una serie de manchas grisáceas en el suelo entre los cuadros F-G 3 y 4 en el estrato I, entre las capas 3-4-5 (figs. 46, 47 y 48) con una potencia de unos 15 cm aproximadamente. Estas manchas fueron desvelando un conjunto de bloques con lo que parecían claros signos de alteración térmica (manchas negras y rojas -R-).

Entre los cuadros F3-F4 se revelaron finalmente un conjunto de rocas en forma de semicírculo, que ya en la capa 1 del estrato II se consideraron aisladamente una estructura de combustión.

La estructura se describió durante el proceso de excavación como un semicírculo formado por nueve bloques periféricos y una losa central. Esto, en principio, indujo a pensar en la posibilidad de que el suelo sobre el que se había instalado el fuego pudiera haber sido preparado con losas.

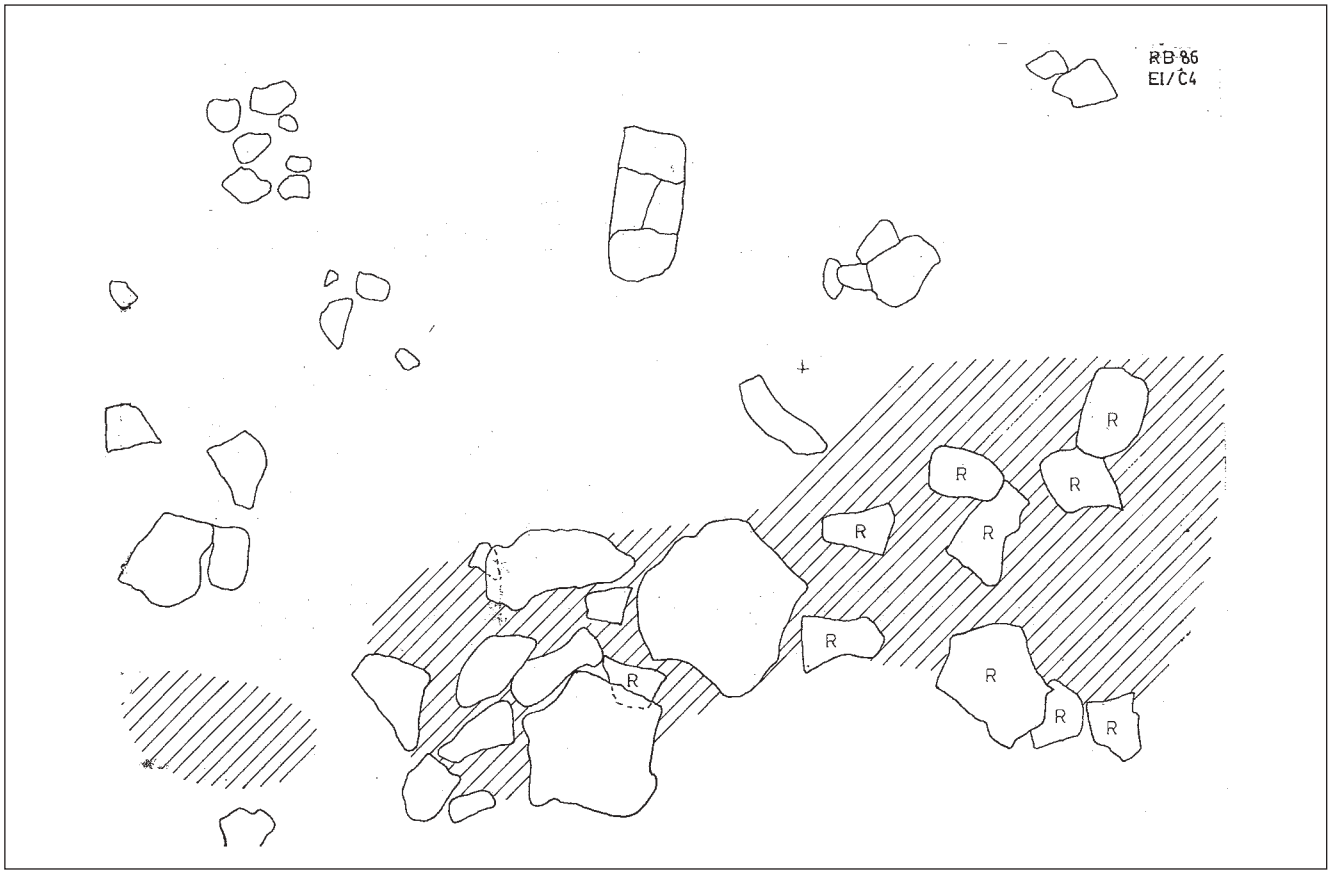


Fig. 46. Planta general del Estarto I, capa 4. 1987.

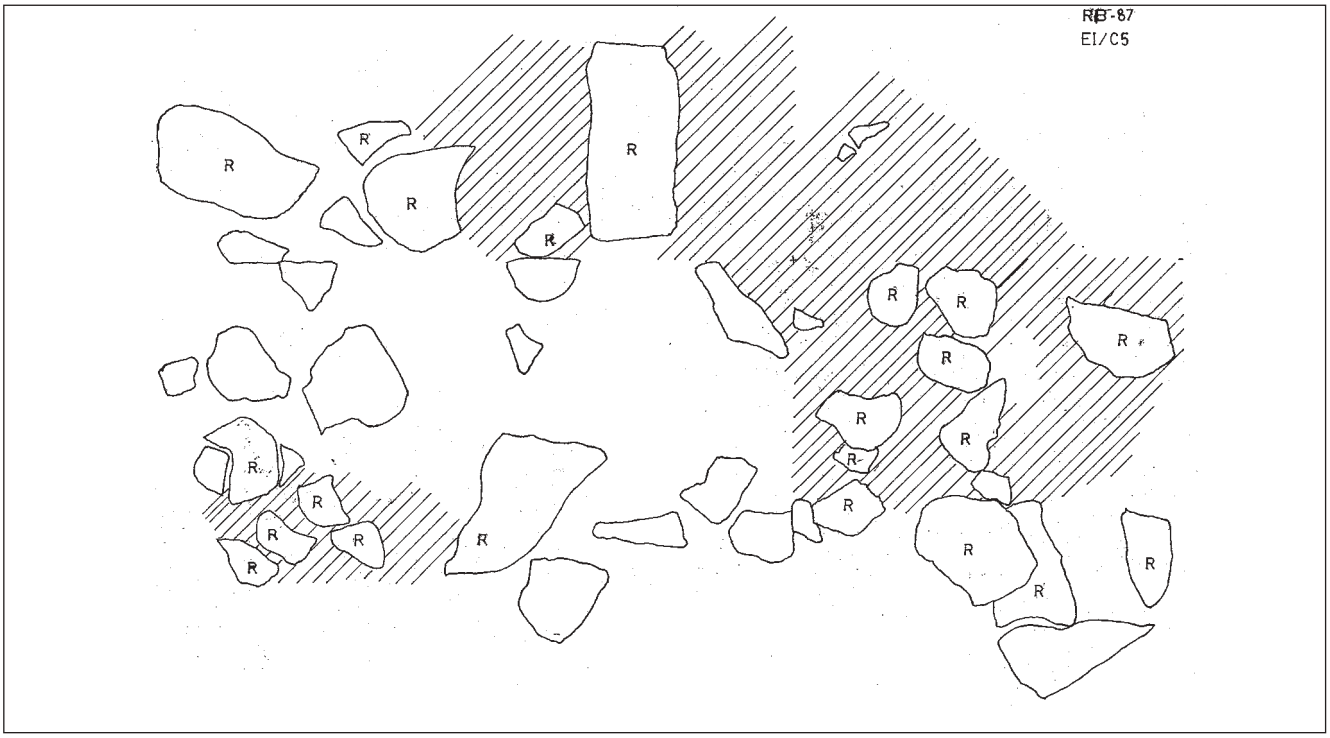


Fig. 47. Planta general del Estarto I, capa 5. 1987.

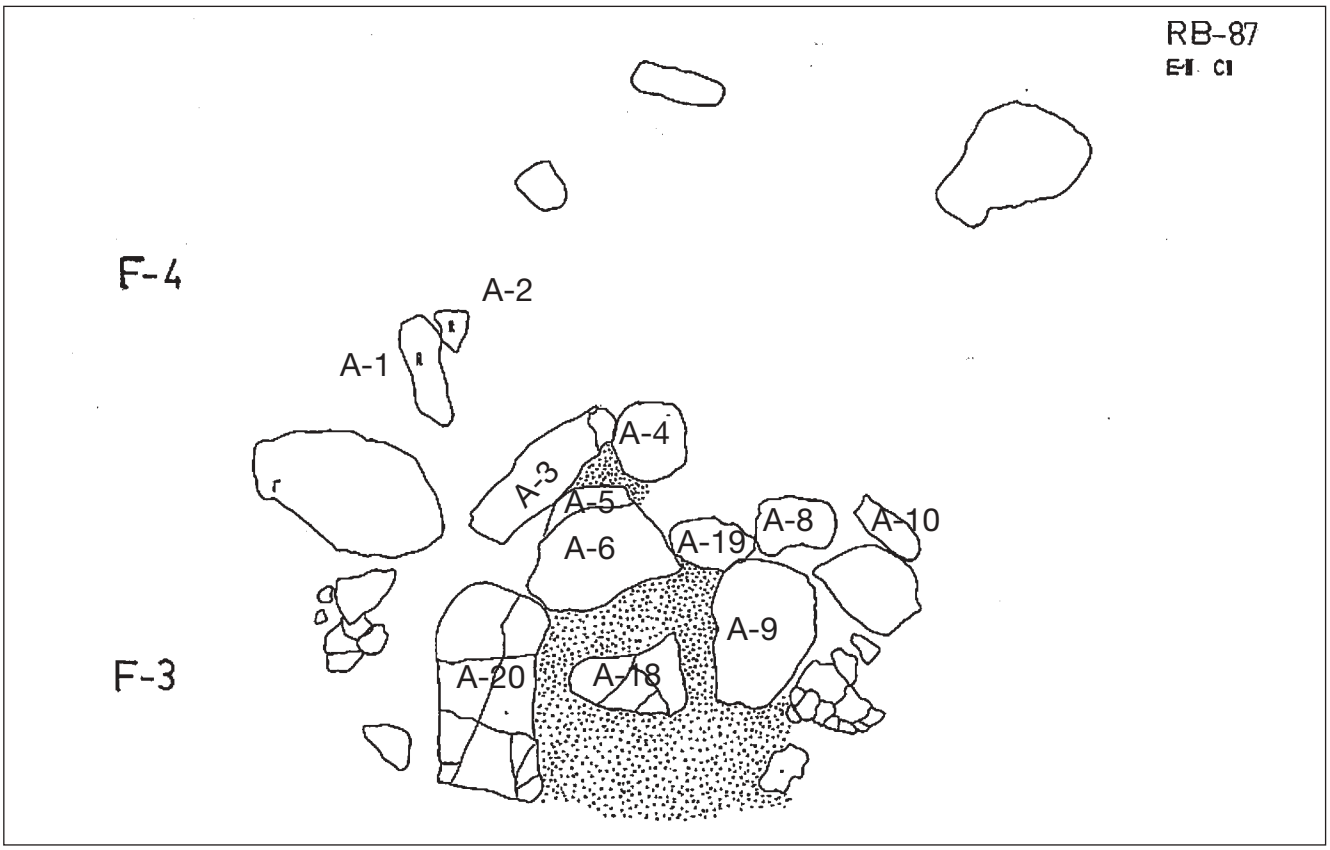


Fig. 48. Planta general del Estarto II, capa 1. 1989.

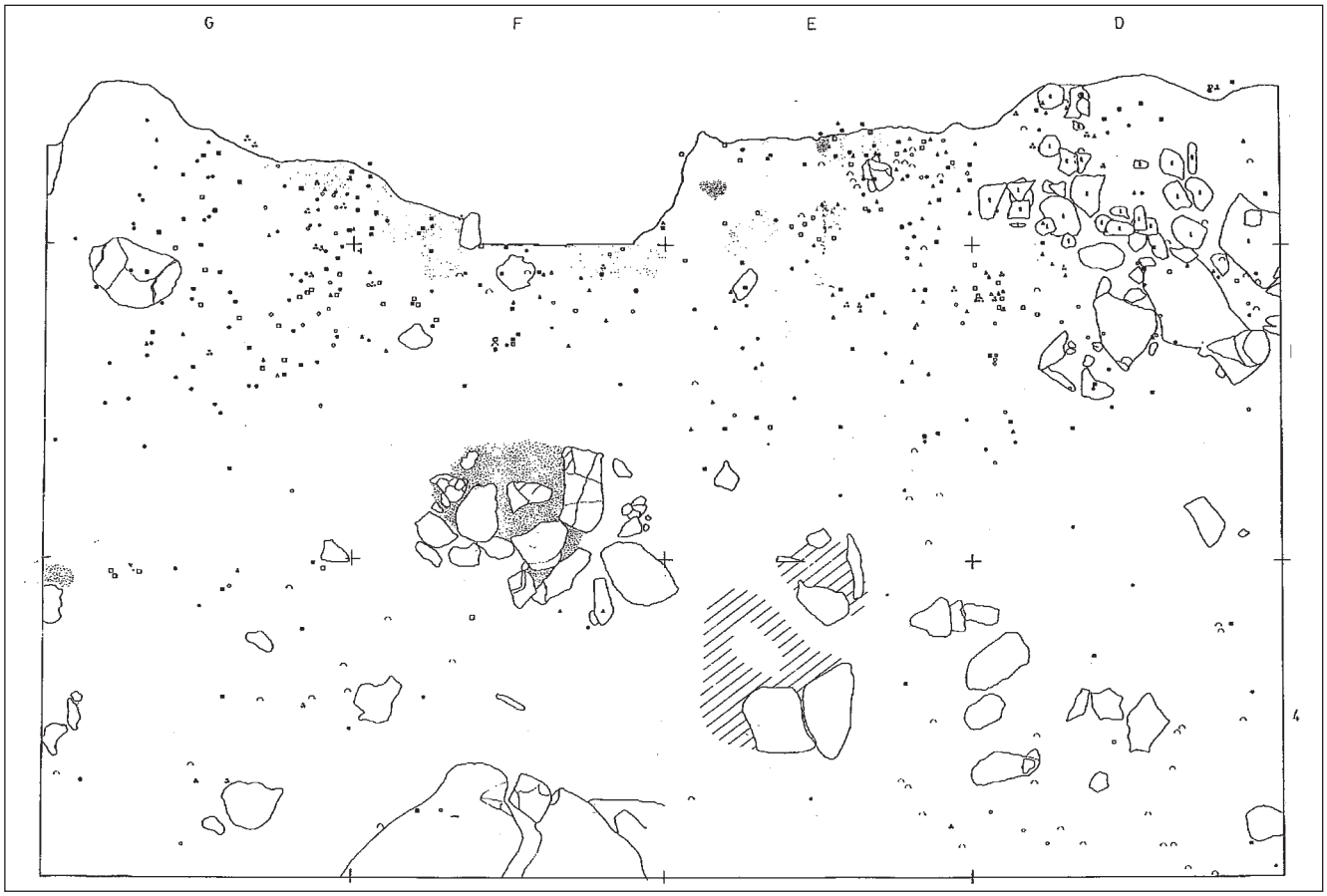


Fig. 49. Ratlla del Bubo. Estructura de combustión. Nivel II Capa 1. 1987.

En ese punto hubo de concluir la primera campaña de excavación y entre ese momento y la siguiente campaña ordinaria de excavaciones (1990) es cuando se produce la entrada de excavadores clandestinos.

En 1990 y después de una limpieza (1989) para preparar la apertura de nuevos cuadros, se pudo apreciar que la estructura no había sufrido prácticamente ninguna alteración dado que los excavadores clandestinos tamizaron las tierras sobre ella cubriéndola, por lo que se decidió excavarla aisladamente y documentarla dentro de las posibilidades que el yacimiento presentaba en ese momento.

En 1990 encontramos la estructura ligeramente desplazada y hundida, (lám. 13) según las referencias de situación y profundidad que teníamos tomadas de la campaña de 1987. Los bloques se hundieron aproximadamente entre 2 y 3 cms y se produjo algún corto desplazamiento.

Sufrieron especialmente en este desplazamiento las piedras que se hallaban cuarteadas, siendo el ejemplo más claro la losa grande situada en el límite derecho de la estructura, rota en más de 8 fragmentos y que en la remoción se limitó a una ligera rotación de algunos de sus fragmentos superiores.

Antes de iniciar el levantamiento se realizó un dibujo a escala 1:1 de todos los bloques que componían el hogar tomando sus cotas de profundidad y numerándolos para su identificación y estudio posterior en laboratorio.

Se comenzó excavando la zona alrededor de la estructura con objeto de aislar las rocas centrales. La tierra se hallaba muy suelta. El contenido de fracción gruesa pequeña fue abundante y la mayor parte presentaba signos de rubefacción. También se documentaron cenizas y carbones.

El sedimento que constituía la base se encontraba aparentemente alterado por fuego. El sedimento que se encontraba alrededor de las piedras poseía un color grisáceo claro, debido a la presencia de cenizas, y oscuro por los carbones.

La capa 1 del estrato II se caracteriza sedimentológicamente en estos cuadros por un color amarillento rojizo con abundante fracción gruesa y con manchones de ceniza.

En el momento de realizar el levantamiento de los bloques, se apreció que tanto éstos como el sedimento al que estaban adheridos, se encontraban muy alterados debido supuestamente a la acción del fuego y que al levantarlos se fracturaban, recogiéndose un total de 23 rocas. Todas ellas fueron numeradas y coordenadas.

A pesar de que no se estudiaron las muestras de sedimento de dentro y fuera de la estructura, la descripción sedimentológica realizada es muy importante a la hora de valorar la estratigrafía del interior del hogar.

Microestratigrafía termobasal

Con este término pretendemos definir la sucesión de niveles que se genera en el sedimento que sirve de base a la

instalación de un estructura de combustión. Estos pequeños niveles de sedimento termoalterado generan una estratigrafía particular que se repite de una manera general, dependiendo de variables como el tipo de suelo y la temperatura máxima alcanzada.

Como ya se ha publicado en repetidas ocasiones (March, 1989, 1992) y como hemos podido comprobar en nuestras experiencias al aire libre (Soler, 1994, 1995), cuando se excavan los restos de una estructura de combustión simple, se aprecia en casi todos los ejemplos sobre suelos arcillosos, limosos o arenosos, que se produce la siguiente secuencia microestratigráfica en el interior de la estructura:

- capa de carbones y cenizas: su potencia varía mucho dependiendo de la forma de la estructura, el tipo de depósito, las alteraciones post-deposicionales y el tipo de combustible utilizado.
- sedimento ceniciento: es el que está en contacto directo con la capa de cenizas. Si esta no existe es posible que haya desaparecido con ella.
- sedimento oscuro, que generalmente tiene una potencia milimétrica y que es difícil de recuperar en muchas ocasiones por su escasa potencia.
- sedimento de color rojo, oxidado, cuya potencia variará según la duración del fuego, la forma de su estructura, el combustible, la disposición de los troncos, la temperatura alcanzada durante su funcionamiento y el tiempo de la combustión.

Esto se corresponde exactamente con la descripción que se realiza en el diario de la excavación:

"al inicio del levantamiento las tierras eran de color grises-negras mezcladas con carbones. Inmediatamente debajo del gris la tierra estaba muy rubefactada".

Cabe añadir que después de esta tierra alterada el sedimento aparece ya natural, sin alterar.

La potencia total de la estructura era para su parte inferior entre 4 y 5 cm, y considerando los bloques periféricos de 4 a 7 cm.

Ámbitos de combustión

La delimitación del área de combustión de F3-F4, viene marcada por la disposición semicircular de los bloques, recubierto todo ello de una capa de carbones. Su diámetro interno, considerando como tal al área que cubría la capa de carbones entre las piedras, era de 28 cm y su diámetro máximo era de 62 cm. Si lo comparamos con otros hogares de la misma cronología podría parecer de pequeñas dimensiones, sin embargo observando la superficie que presenta el abrigo (25 m^2), un hogar mayor resultaría incómodo para el desarrollo de las actividades en el mismo. Habrá que tener pues en consideración, que el tamaño de las estructuras puede estar relacionado con las dimensiones del asentamiento[6].

La mayoría de los bloques mostraban un color negro en la base producto de su probable contacto con restos de materia orgánica.

En su interior la estructura se caracterizaba por poseer en su parte superior una capa de carbones, levantada en la campaña de 1987 prácticamente en su totalidad, cuya identificación vegetal hemos descrito en el capítulo 2. No es posible especificar su potencia total al haber sido afectada por el desplazamiento y pisoteo de los excavadores furtivos.

Otro agrupamiento de piedras con signos de alteración térmica se encontraba en la periferia de la estructura, con forma y dimensión variables, habiendo podido formar parte de la misma en algún momento anterior al abandono.

Por otra parte, cabe resaltar la existencia de cuatro bloques pequeños, hincados en el suelo a unos 90 cm del centro del hogar, dando lugar con su disposición a un espacio más o menos triangular, de tierras claramente diferenciadas del resto del sedimento del nivel por su coloración oscura, pero sin carbones, y que en el momento de la excavación se interpretó como probablemente correspondiente a una base de un pequeño tronco, tal vez relacionado indirectamente en su función con la estructura de combustión (fig. 49).

V.2. ANÁLISIS DE LAS ROCAS

Durante la excavación se realizó una pormenorizada descripción de los pétreos, que ha sido de gran utilidad para el estudio de las termoalteraciones:

Muestra A-3. Coloración negra en la cara superior. Tono rojizo en general. Se halla fragmentada en dos, se deshacen los extremos y el color que presenta en su interior es blanquecino. Medidas: 23 x 7 x 4 cm.

Muestra A-20. La parte en contacto con el sedimento presenta sedimento negro adherido. Se encuentra fragmentada en 7 trozos. Medidas: 21 x 11 x 6 cms.

Muestra A-6. En la cara inferior y lateral presenta color rojo y negro. La cara inferior se presenta algo menos rojiza. También, como la anterior, se encuentra rota en 7 fragmentos, algunos de ellos parecen ser fracturas antiguas. Medidas: 17 x 22 x 6 cm.

Muestra A-18. Roca que parece muy alterada. Presenta coloración roja en la cara superior y negra en la inferior. Se recuperó en 8 fragmentos que con el tiempo de depósito se han convertido en más de 20. Es la losa que se encontraba en el centro de la estructura. Medidas: 11 x 8 cm.

Muestra A-19. Se presenta más rojiza en la cara superior, no está fracturada y posee sedimento de color rojo y negro adherido a la base.

Muestra A-1. Presenta coloración uniforme en ambas caras, sin denotar alteración a simple vista. Medidas: 10 x 5 cm.

---

[6] Cuando éste se halle en un espacio limitado como son cuevas y abrigos.

Muestra A-4. Parece muy alterada. Color negro en un lateral y color rojo generalizado. Se presenta cuarteada, pero sin llegar a fracturarse antes de levantarla, con el depósito se multiplica la fracturación. Medidas: 12 x 8 x 5 cm.

Muestra A-2. Color rojo externo y gris en uno de sus extremos. Medidas: 10 x 6 cm.

El resto de las rocas presenta en general coloración roja y/o negra si están adheridos a sedimento alterado. Se midieron en cms teniendo en cuenta el largo y ancho:

A-9: 13 x 10 cm	A-25: 12 x 7 cm
A-14: 8 x 6 cm	A-13: 8 x 2 cm
A-24: 5 x 3 cm	A-17: 4 x 4 cm
A-8: 6'5 x 6 cm	A-10: 6 x 6 cm
A-22: 2 x 1cm	A-21: 3 x 1 cm

Otro dato que se pudo incorporar fue el peso total de las rocas que se recogieron del hogar: 8'640 kilos, de los cuales 2'713 Kg corresponden al bloque A-6 y 2'537 Kg al bloque A-20. Este dato sólo es orientativo ya que desconocemos si había más rocas relacionadas con la estructura en el momento de su extinción. El hecho de no haber podido remontar, ha impedido tener más datos a este respecto.

V.2.1. Taxonomía petrológica

El conjunto de rocas arqueológicas estudiadas, proceden de un mismo medio genésico, aunque tienen cantidad diferencial de elementos orgánicos y cristalinos.

Todas las rocas que conforman esta estructura, son carbonatadas, calizas micríticas o esparíticas.

Como se ha visto en el apartado anterior, el tamaño medio de los bloques es muy variable, ya que se documentan tres grandes rocas de más de 20 cm de largo y un espesor medio de unos 5 cm, y una serie de rocas de diferentes tamaños que oscilan entre los 17 y los 2 cm. La losa interior, más hundida que las del contorno, tenía unos 13 cm de anchura y apenas 3 de espesor.

No se han caracterizado microscópicamente todas las muestras recogidas, sino sólo aquellas que presentaban condiciones apropiadas y que al mismo tiempo son las más significativas.

Muestra A-6

Muestra obtenida de uno de los grandes bloques que rodeaban la zona de combustión. En muestra de mano se observan texturas de microkarst con penetración de arcillas –que no "terra-rosa"–, que en algunas zonas se han enrojecido y en otras presentan coloración amarillenta. Aparecen restos de microfósiles y escasos óxidos de hierro de pequeño tamaño.

Es una bioesparita –roca de grano grueso con restos orgánicos–. En lámina delgada se presenta como una roca bíodetrítica, con algunos grandes monocristales de bordes angulosos, abundantes restos orgánicos alargados, con estructura interna, restos aciculares y óxidos de hierro que se observan de un rojo intenso (goethita o hematita). La matriz es cristalina y notamos que el pseudo clivage puede ser indicativo del calentamiento ya que se muestra más o menos oscuro dando una textura "sucia" según la temperatura alcanzada, tal y como hemos podido comprobar en las muestras experimentales. En este caso el clivage de las calcitas se aprecia muy bien, sin manchas ni oscurecimiento.

Al cortar la muestra para la preparación, se observa que ésta presenta dos zonas bien diferenciadas. Una zona cercana a uno de los bordes externos que presenta rubefacción, que penetra en la roca 1 cm y, el resto de la muestra que no presenta síntomas de alteraciones.

Este comportamiento diferencial también lo observamos en algunas muestras experimentales, como se ve en otra parte de este trabajo y donde se aprecia claramente como el extremo de la muestra suele poseer una doble coloración, negro en el borde mismo (infiltración de materia orgánica) y, a continuación, rojo (trozo que suele ocupar el doble de espacio que el negro).

Esta característica no se repite sistemáticamente en todas las rocas ya que depende del posicionamiento de las mismas respecto del fuego, la temperatura alcanzada y la distribución del combustible y/o de otros elementos que puedan intervenir en el proceso de combustión.

Muestra A-3

Pertenece a una de las rocas en forma de losa. Es una roca carbonatada, esparítica con intraclastos micríticos y algo de "sparry". Se observan bien los intraclastos micríticos en lámina delgada, así como los restos de pellets de forma redondeada. No se aprecian óxidos de hierro (lám. 14).

Muestra A-20

Esta muestra pertenece al gran bloque situado a la derecha del centro del hogar. En muestra de mano se presenta como una roca micrítica que presenta escasas micropiritas situadas en los bordes. Posee agregados de calcita de tamaño esparítico. Presenta microfisuras.

En lupa binocular no se aprecia granoclasificación. Abundante presencia de pellets y restos de oolitos. No muestra coloración diferenciada en el borde.

En lámina delgada se observan abundantes restos orgánicos aciculares, oolitos y foraminíferos. Los pellets presentan formas redondeada y subredondeada.

Muestra A-10

Procede de una de las pequeñas rocas. Se trata de una bioesparita que a la lupa binocular presenta un proceso de cristalización por diagénesis y cementación. Posee biointraclastos, escasos óxidos de hierro de tipo oligisto o goethita alrededor de unos granos de los que no se puede establecer que tengan una procedencia orgánica y que parecen atraer los óxidos de hierro. Los granos son de forma subredondeada y la parte no orgánica presenta bordes irregulares y cristalinos.

Analizadas en lámina delgada con microscopio petrográfico, se observan fracturas no rellenas, no cristalizadas, que no están sometidas a presión y que por lo tanto pueden deberse a un calentamiento (lám. 15). Los cristales más carbonatados presentan una textura "sucia", oscura, en la que con carácter puntual se ven piqueteados en la superficie y al tiempo, da la sensación de pátina traslúcida que merma el brillo de los carbonatos (lám. 16). Se aprecia claramente un proceso de desintegración de los carbonatos.

Muestra A-4

Pertenece a una de las rocas de tamaño medio, que se presentan muy fragmentadas. Se trata de una caliza oolítica fuertemente cristalizada por circulación de aguas. Es suficientemente porosa, probablemente por fracturación.

Presenta planos de fractura previos al calentamiento, que han generado ámbitos de debilidad rellenándolos de materiales arcillosos que provocan la rotura de la roca. Posee abundancia de arcillas que han enrojecido, muy probablemente, por el calentamiento.

La roca procede de una formación de calizas brechoideas de cemento carbonatado.

Muestra A-18

Esta roca es la que se encontraba en el centro de la estructura. Se trata de una roca biodetrítica que presenta abundancia de restos orgánicos en bandas paralelas y otras en las que principalmente se emplazan detríticos arenosos de naturaleza calcítica, fragmentos orgánicos (espículas, gasterópodos, foraminíferos) de tamaño menor y con un ligero enriquecimiento arcillo-carbonatado.

En el resto de la roca no se localizan calcitas detríticas. La granulometría es claramente mayor y los restos orgánicos de moluscos presentan una orientación subparalela. No se observa cemento.

Todo el conjunto está atravesado por una microfractura, limpia, vacía sin cementación ni relleno, con lo que podríamos relacionarlo con el calentamiento.

En microscopio petrográfico se observa bien la densa proliferación de restos orgánicos e incluso bioclastos. Los restos orgánicos están rodeados de cristales de carbonatos en proceso de desintegración. Esto se relaciona con el calentamiento porque si fuese debido a disolución, tendría que:

1. haber aumentado la porosidad.
2. no haber cambiado la respuesta a la lente de Bertrand-Amici [7]
3. conservar las irisaciones en los planos de los clivages y, sobretodo, no tenían porqué presentar una pátina "harinosa" o de microcristales en la superficie de cristalización.

Esta pátina de minerales podría ser debida a la transformación en óxido de calcio (CaO) de algunos de los carbonatos.

V.3. ANÁLISIS DE LAS TERMOALTERACIONES

En este apartado se presentan los resultados de la aplicación del procedimiento experimental descrito en el capítulo anterior aplicado al estudio de la casuística sufrida por el material arqueológico.

V.3.1. Las fracturas

V.3.1.1. Las fracturas macroscópicas

La primera apreciación importante que se debe realizar es que, a diferencia de la mayor parte de nuestros resultados experimentales, las rocas arqueológicas se encuentran muy fragmentadas.

Esta característica fue observada en el proceso de excavación, anotándose en el diario: "como consecuencia de haber sido muy calentadas". Esa es siempre la apreciación que se recoge en la mayor parte de los trabajos de excavación: a mayor facturación, mayor temperatura.

Sin embargo, resulta evidente la contradicción entre los resultados de nuestros ensayos experimentales y la realidad arqueológica. Mientras que en las experiencias de campo no se aprecian fracturaciones evidentes (excepto cuando la temperatura es muy elevada y eso lo denotan también otros signos), las rocas del hogar del nivel II presentan un índice de fracturación muy elevado.

En experiencias desarrolladas por otros investigadores (March, 1996), se ha evidenciado que el grado de fragmentación de una roca no se relaciona directamente con la duración de la utilización. Si bien es cierto que a mayor exposición al fuego mayor posibilidad de fracturación, se puede producir una fracturación muy intensa con una corta duración.

Para intentar encontrar una explicación a la contradicción que se produce entre nuestros datos experimentales y los arqueológicos, hemos analizado los posibles orígenes de las fracturas, teniendo siempre en cuenta que estamos hablando de materiales que han sido considerados de naturaleza "globalmente" isótropa.

El origen de las fracturas

A. Litogénesis.

Dentro de este apartado se enmarcan:

- las singenésicas, que no tienen por qué siempre presentar una orientación establecida y que están relacionadas con el proceso de formación de la roca.
- las postgenésicas, que pueden ser producidas por causas:
  - holocinéticas (sin orientación establecida).
  - tectónicas (con orientación fija preestablecida).

Para establecer el origen natural de las fracturas se debe trabajar siempre con los bloques orientados en los afloramientos de origen y no con bloques sueltos desplazados como es el caso de los hallazgos arqueológicos, por lo tanto resulta imposible determinar –en la mayor parte de los casos– si buena parte de la fracturación es de origen natural.

B. Medioambiental y antrópica.

En este apartado hemos considerado todas aquellas que no se pueden encuadrar en el encabezamiento anterior y que fundamentalmente se relacionen en todos los casos con procesos de calentamiento-enfriamiento de las rocas:

[7] Conjunto óptico de lentes cuya incorporación al tránsito de luz entre el polarizador y los componentes inferiores del condensador, limita el campo visual, favoreciendo la formación de la parte externa de la figura de interferencia observable en el ocular.

- fatiga de materiales o choque térmico (Meloy y Pagès, 1984): producida por causas naturales (día-noche) o antrópicas (calentamiento)
- gelifracción: resultado del proceso hielo-deshielo.
- calentamiento intencional antrópico.

Para poder establecer el modo de funcionamiento del hogar, es importante saber en qué momento se produce la fracturación de las rocas. Existen tres posibilidades:

a. En el momento de la combustión: generalmente relacionado con procesos de altas temperaturas (más de 500ºC).
b. Antes del enterramiento: por fatiga de materiales (calentamiento-enfriamiento) y gelifracción.
c. Durante el enterramiento: como resultado de la reactivación de planos de fisuración producidos durante la fase de calentamiento antrópico.

En este último caso se debe sólo a que las fisuras son ámbitos de debilidad que en la fase de diagénesis o enterramiento pueden desarrollar procesos de deterioro más rápidos que en el resto del bloque y, en parte, podrían ser similares a los que presenta la superficie del mismo.

La comparación entre la superficie del bloque y un plano de fractura, da como resultado que los minerales de alteración del ámbito de la superficie se pueden confundir, mezclar y difícilmente diferenciar de los materiales detríticos que envuelven la roca, en tanto que en los ámbitos en que queda fragmentado el bloque por dicha fisura se pueden conservar todas y cada una de las partes del proceso.

Paralelamente se puede establecer que el calentamiento antrópico no da planos de fracturación orientados sino planos con disposición aleatoria. Además si entre un calentamiento y otro posterior se produce un "relleno" en el ámbito de la fisura que se ha producido en el primer calentamiento (por circulación de aguas, movilización de arcillas, gelifracción, etc.) en el segundo se produce una activación de estas fisuras más la aparición de otro sistema de fracturas.

Por lo tanto, un calentamiento no establece ordenación de planos de fractura, por lo que es difícil poder establecer el orden de fracturación. Este último sólo se podrá establecer cuando la fracturación del segundo calentamiento se produzca sobre el plano de fracturación del primer calentamiento.

La única manera de resolver este tipo de situaciones lo proporciona la recuperación de todos los termolíticos del nivel arqueológico y un proceso minucioso de remontaje que será el que nos hable de la historia térmica de la roca.

V.3.1.2. Las fracturas microscópicas

El intento de caracterización de las termoalteraciones, nos llevó a intentar su registro también a nivel microscópico. Ya hemos visto como la muestra A-10, presentaba al microscopio petrográfico una fractura debida muy probablemente al calentamiento (lám. 15). Teniendo en cuenta el pequeño tamaño de las muestras para su observación en MEB, elegimos cuidadosamente la zona de análisis. Seleccionamos las partes rubefactadas de la muestra A-6 y las no rubefactas de esta misma muestra así como de las A-3 y A-5.

En las muestras que no presentan rubefacción, se localizan cristales de calcita donde no se aprecian alteraciones, con bordes bien definidos y aristas angulosas, sin evidente percepción de microdiscontinuidades.

Al analizar las muestras mediante microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (MEBEC), nos dimos cuenta que algunas de ellas presentaban claras microdiscontinuidades, tanto de tipo fisural como fragmental.

El hecho de que se puedan documentar presenta un elevado interés si tenemos en cuenta la problemática planteada respecto al posible origen térmico de las fracturas y microfracturas.

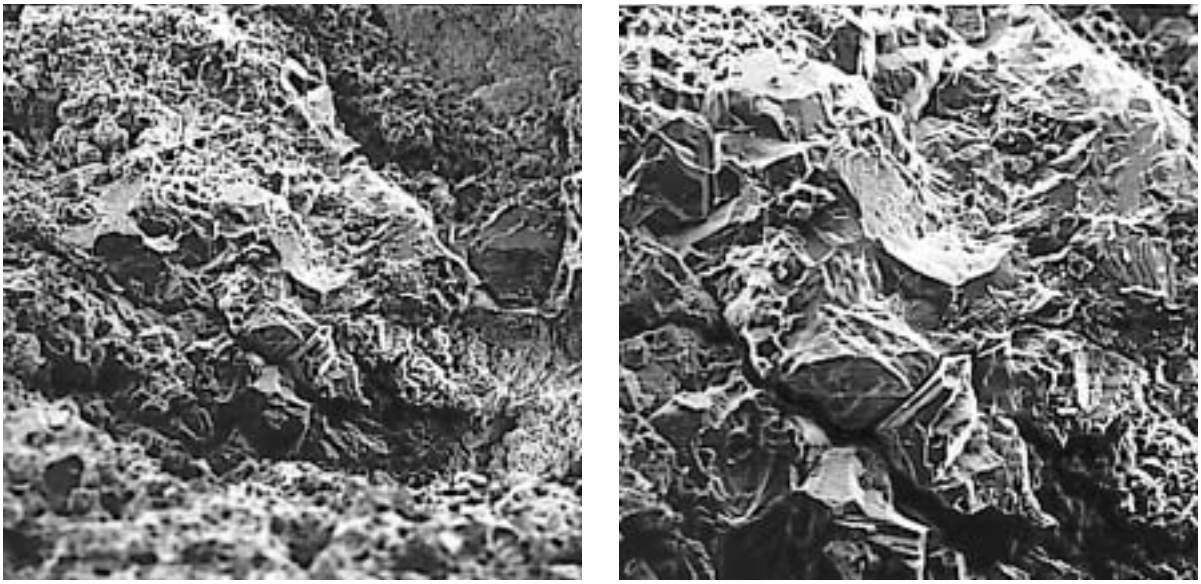


Fig. 50. Muestras arqueológicas A3 y A4. Microfracturas. MEBEC.

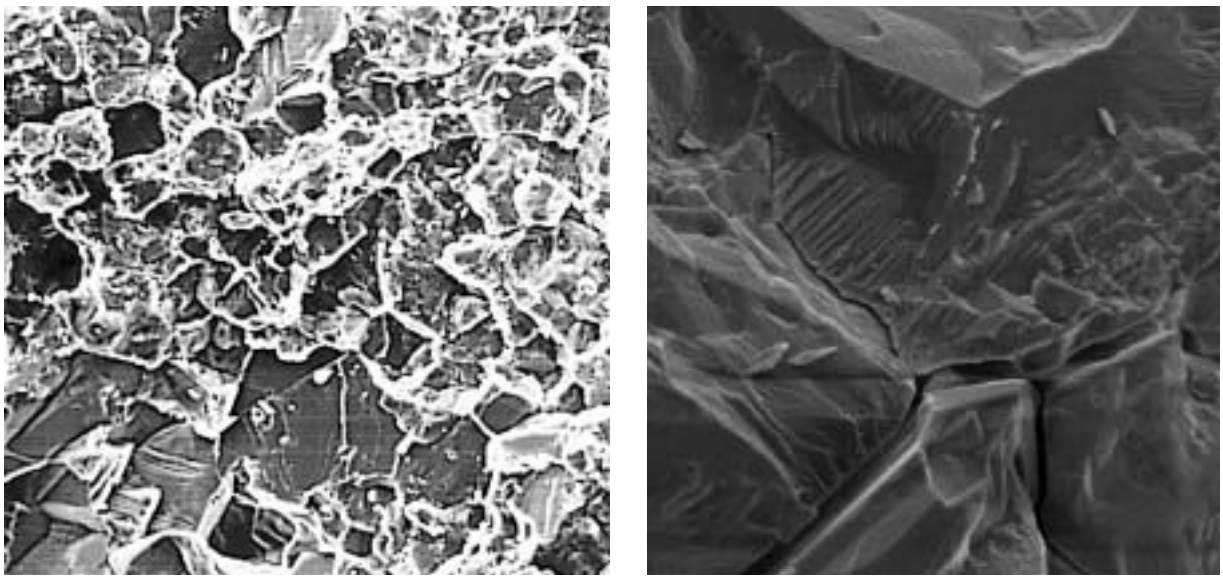


Fig. 51. Muestras arqueológicas. Microfisuras. MEBEC.

Fig. 52. Muestra A-20. Arqueológica.

La hipótesis de una génesis de correlación directa entre la fracturación y el calentamiento, sigue siendo aplicable a las muestras arqueológicas. En éstas el grado de separación intragranular que posibilita la percepción de la fisura, y/o la destrucción de granos de igual naturaleza, varía según las isotermas manifestadas en la roca cuya evolución, con movilización de materia, posibilitaría asimismo la percepción de las fracturas tras un proceso diagenésico.

V.3.2. Las manchas

Tal y como se ha definido en el capítulo experimental, la distribución y coloración de las manchas que aparecen sobre las rocas, proporciona información directa sobre el funcionamiento de la estructura y su estado de abandono.

Algunos de los materiales líticos arqueológicos estudiados presentan una coloración rojiza, propia de la rubefacción que se produce en el material expuesto a una fuente de calor viva por la oxidación de hierro hidrolizado y por la transformación de las arcillas, mientras que otros presentan las manchas de color negro. Estas últimas se relacionan con dos procesos diferentes:

a. Por una parte aquellas en las que ha quedado adherido sedimento con restos orgánicos de color negro.
b. Por otra, aquellas que están tiznadas de negro a consecuencia del humo (tal y como se describe en los procesos experimentales).

Las manchas oscuras que registramos en estas rocas parece que son del primer tipo ya que están en relación directa con la adherencia de restos de materia orgánica. La ubicación de estas manchas oscuras se localiza en la cara inferior de las rocas, al igual que las descritas por Rieu (1985) para las areniscas y calizas del hogar W-11 del yacimiento de Etiolles –este autor describe siempre las manchas negras asociadas a las calizas en su cara inferior–, y al contrario que en nuestras experiencias de campo, donde las manchas negras que registramos son del segundo tipo descrito que se relaciona con los residuos del humo y que por tanto se distribuyen sobre las caras superior y lateral preferentemente.

En el capítulo experimental, se han analizado las manchas de rubefacción en los ensayos al aire libre. Por una parte se observa que su ubicación preferencial se produce en las caras inferior y lateral, en menor medida.

Respecto al material arqueológico, esta coloración se observa básicamente en la cara superior de las rocas, externa al centro del fuego y en ocasiones como en la muestra A-6 en la cara lateral, también opuestas al fuego.

Por otra parte, esta misma roca presentaba síntomas de rubefacción en varias caras. Este hecho puede ser explicado de diferentes maneras.

Algunos autores (Rieu, 1985; March y Soler, 1999) hablan de la posibilidad de que esta coloración se deba a una reintroducción en el fuego en repetidas ocasiones, siendo entonces la rubefacción intensa y afectando a diferentes caras de los bloques.

En el caso del hogar de la Ratlla del Bubo, lo que se observa es que la distribución y ubicación de las manchas varía según el tamaño de la muestra, y que precisamente son las muestras menores de 5 cm las que nunca presentan síntomas de rubefacción total.

Por esta razón, en un primer momento pensamos más en la posibilidad de que las rocas arqueológicas que presentan varias caras rubefactas tuvieran diferentes ubicaciones o simplemente cambiaran su orientación a lo largo de la combustión, que en un reencendido o una reestructuración del área de combustión. Pero el análisis detallado de la roca A-6 que se compone de varios fragmentos nos hizo dudar. Esta roca se encuentra enrojecida en la cara superior (aunque no completamente) y en el lateral opuesto al fuego. La cara que quedaría en contacto con las llamas no presenta síntomas aparentes de alteración del color.

El análisis de esta roca nos da pié para pensar en una reubicación, al menos de parte de las rocas en algún momento del funcionamiento del hogar. Si ponemos este dato en relación con el del sedimento del área alrededor de la estructura que presentaba síntomas de rubefacción, y además tenemos en cuenta la gran cantidad de rocas que se marcaron con síntomas de termoalteración evidentes durante el proceso de excavación de las capas 4 y 5 del nivel I, no nos cabe ninguna duda al respecto de la reutilización de este área de combustión, que supondría la ubicación de distintos fuegos con y quizá sin rocas en determinados momentos.

A pesar de la falta de un análisis más detallado sobre la dispersión, termoalteraciones y remontaje de las rocas desaparecidas con la entrada de los furtivos al yacimiento, así como del sedimento que se hallaba en los alrededores del hogar estudiado, creemos haber podido reconstruir una parte de la historia del funcionamiento de esta estructura de combustión.

En el caso de Marolles-sur-Seine, donde también se ha estudiado la ubicación de las manchas, (March y Soler, 1999), los resultados muestran, por ejemplo, que la presencia de un alto porcentaje de fragmentos con alteración parcial podría estar relacionado no sólo con una débil exposición al calor, sino con una posición periférica de las rocas en relación al fuego.

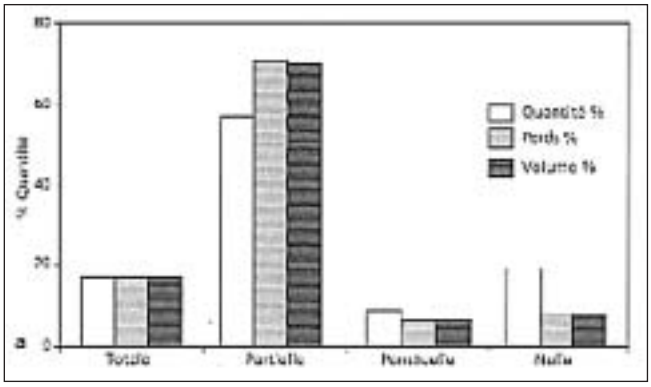


Fig. 54. Distribución de las oxidaciones en las rocas de Marolles-sur-Seine (March y Soler, 1999).

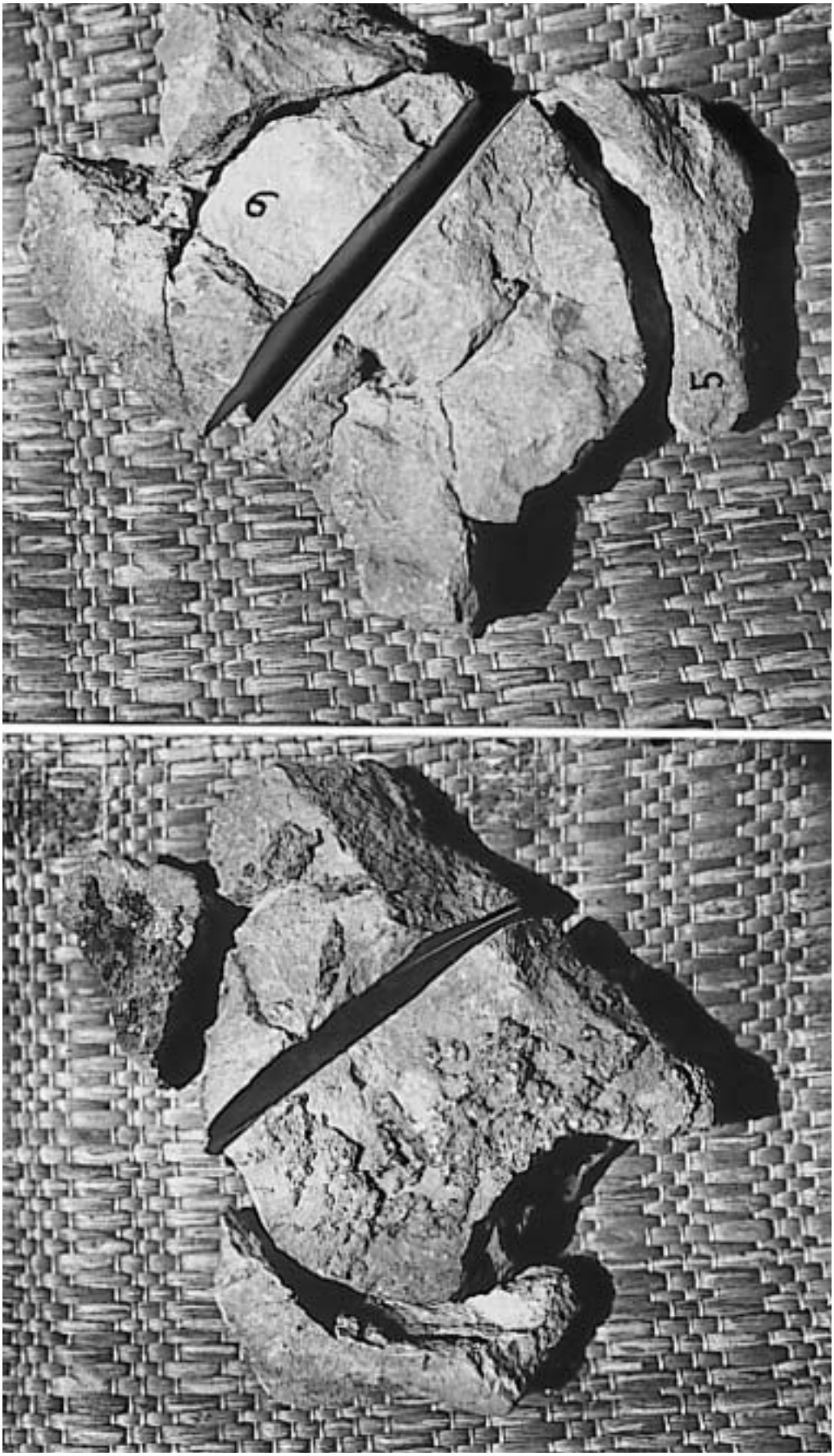


Fig. 53. Distribución de manchas en la roca A-6. Arriba: Cara superior. Abajo: Cara inferior.

V.3.3. Las alteraciones micromorfoestructurales

El análisis macroscópico de las muestras, revela cambios en la estructuración de las rocas que se relacionan directamente con fracturas y/o fisuras.

Y así al microscopio petrográfico, en las preparaciones en lámina delgada se han detectado escasas variables que se reiteren a causa del calentamiento. Algunas muestras presentan el clivage de los cristales de las calcitas oscurecidas. El oscurecimiento de las muestras, preparadas en lámina delgada, a causa del calentamiento es un dato que hemos podido constatar experimentalmente. Este oscurecimiento puede ir acompañado de una textura que hemos descrito como "sucia".

La presencia/ausencia de determinados óxidos de hierro no sirve como indicador del calentamiento, ya que petrológicamente no está establecida la diferenciación de color entre los que han servido para establecer los límites del calentamiento (limonita, goethita, hematita).

En el microscopio electrónico, en determinadas muestras (A-6) se percibe una porosidad importante que se podría relacionar con el calentamiento.

Asimismo a 600x se observa una línea de fractura entre granos que se aíslan bien en el centro, siendo mucho más evidente a 1300x. (fig. 50). A 5000x se aprecian una serie de microfisuras en el borde de cristales que, sin embargo, presentan aristas vivas.

Esto significa que en la mayor parte de los casos, no se puede establecer una correlación directa entre el calentamiento y el redondeamiento de los bordes de los granos.

V.3.4. Las alteraciones colorimétricas

Como hemos visto en el apartado experimental, el cambio de color en las rocas es un indicativo útil en muestra de mano y a simple vista, para la discriminación de las rocas calentadas.

También hemos visto como la relación estadística de los distintos parámetros que definen el color, describen la evolución que sufren con el calentamiento.

Con la aplicación de una regresión múltiple, se genera una ecuación que podría permitir calcular la temperatura esperada para un calentamiento dado, si los parámetros de color no presentaran una correlación positiva entre ellos, cuando además se plantea a nivel arqueológico el problema del registro de los parámetros de color en muestras sin calentar (como es el caso del hogar de la Ratlla del Bubo). Esto complica e impide que se pueda inferir la temperatura mediante la sustitución directa de los valores en los términos de la ecuación.

Para poder establecer tal relación entre la coloración de las muestras y la temperatura alcanzada, será necesario establecer un modelo numérico que permita la creación de una ecuación donde los términos conocidos establecidos por la experimentación puedan ser sustituidos por los arqueológicos para poder así llegar a calcular la temperatura.

V.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En un área de combustión se dan distintos indicadores que permiten interpretar la función, la naturaleza y las actividades desarrolladas en torno al hogar. Estos indicadores vienen marcados por los propios elementos que conforman el nivel del que forma parte y se refieren tanto a los bloques que lo conforman como a las rocas de desecho, las cenizas, los carbones –como testimonio de los distintos combustibles utilizados–, el material industrial y los huesos quemados, así como también el sedimento que se halla directamente relacionado con la actividad del hogar.

Sin embargo, la estructura que presentamos, no posee todas las evidencias relacionadas con el proceso de combustión, ya que buena parte de los testimonios no se han conservado y los que lo han hecho se hallaron en un estado fragmentario y alterado.

Tales son los casos del material óseo, afectado probablemente por procesos tafonómicos de conservación diferencial debidos al medio sedimentario y tal vez a la función misma del hogar en el espacio habitado del abrigo, y del material lítico, escaso a su vez, como ya se ha visto, probablemente como consecuencia de esa misma función y del carácter de la ocupación en el yacimiento.

En este contexto documental, el estudio pormenorizado de las rocas cobra su máximo protagonismo dado que es el único elemento que permite una aproximación interpretativa a la historia de la estructura de combustión y así a la de la ocupación de este yacimiento.

Por otra parte, la diferente distribución que ofrecen las evidencias líticas y óseas a medida que nos alejamos de la línea de visera del abrigo puede ser significativa de la naturaleza e intensidad de la ocupación en torno a las áreas de combustión internas. Tampoco podemos descartar totalmente la posibilidad de que la desprotección de la misma zona externa haya ocasionado una conservación diferencial de los restos faunísticos, colaborando a que sea menor la densidad de materiales en el área externa que, en cualquier caso, sí es apreciable en lo referente a la industria lítica.

Después de lo analizado hasta ahora, se debe volver a plantear la interpretación que de esta estructura se había realizado:

"el alto grado de alteración térmica que muestran los bloques..., indica que debió estar sometido a una potencia calórica importante ya sea en tiempo o en intensidad" (Soler *et alii*, 1991).

A partir de los resultados de la excavación, se constató que se trataba de los restos de una estructura de combustión *in situ*. Los datos que aportan nuestros análisis, permiten ampliar esta información, indicando que parte de los elementos de esta estructura pudiera haber formado parte de más de una instalación. Es decir que en momentos anteriores a la registrada en excavación, podría haber tenido otra forma, otros componentes y otra organización espacial.

Hay varios datos que apuntan hacia esta posibilidad de **reubicación o reutilización:**

- Que el sedimento de alrededor de la estructura también esté alterado puede indicar sucesivas ubicaciones o reconstrucciones del hogar, con ligeras variaciones de posición, dado que es una estructura de elaboración sencilla. Debemos remarcar que las tierras que se encontraban entre las rocas A-6 y A-3, en la parte externa de la estructura, se encontraban rellenas de sedimento negro con restos de carbones como se aprecia en la lámina 13, lo que apoyaría esta hipótesis.
- Si hubo o no reutilización o reubicación de la estructura, viene indicado también por la distribución de las manchas y las fracturas de las rocas.

Ninguna roca relacionada con esta estructura se encuentra totalmente rubefactada. Por lo tanto, los fragmentos de rocas menores de 5 cm nunca presentan rubefacción completa, lo que significa que si estuvieron en contacto con el fuego debió ser a temperaturas que no han dejado evidencia ni de color ni de presencia de discontinuidades. Si estos pequeños fragmentos fueran parte de las rocas mayores de este hogar, por un lado se podrían remontar y, por otro, presentarían signos de rubefacción en la mayor parte de su superficie.

En cuanto a la distribución de las manchas, debemos decir que las negras –situadas en la cara en contacto con el sedimento– muestran que las rocas no fueron movidas después del último uso. En cuanto a las rojas, muestran precisamente la posibilidad de una reubicación ya que se presentan en laterales opuestos al fuego y en la parte superior.

Otra de las cuestiones que apoya esta hipótesis son las rocas con signos de termoalteración externo (manchas y fracturas) que aparecieron justo en las capas anteriores al descubrimiento del hogar, relacionadas siempre con manchones grisáceos y pequeñas acumulaciones carbonosas.

El hecho de que determinadas rocas no presenten síntomas de termoalteración en la base y sin embargo el suelo sobre el que se instalan sí, plantea la posibilidad de que como mínimo se debiera haber producido otro episodio de combustión que alterara el sedimento ya que en este la transmisión de calor a través de la roca habría sido insuficiente.

En cuanto a si todas las utilizaciones del área pudieron pertenecer a un mismo nivel de ocupación, en este caso al nivel de ocupación solútreo-gravetiense, las características de los datos manejados sólo permiten hablar de instalaciones previas al fuego documentado, que no estarán muy lejos en el tiempo, pero a las cuales no es posible asociar directamente ningún material arqueológico.

En algunas ocasiones (Phillips *et alii*, 1983; March y Soler, e.p.) se ha interpretado una deliberada elección de las rocas que han formado parte de una estructura de combustión, tanto por su naturaleza petrológica como por su forma. No parece ser este el caso del hogar que nos ocupa ya que, más bien al contrario, se utilizan las rocas que están al alcance, sin necesidad de realizar ningún desplazamiento para su localización. Esto tiene sentido si se considera que el hogar de la Ratlla del Bubo no presenta evidencias claras de haber sido destinado a tareas ya sean técnicas o culinarias que requieran una preparación especial –aunque esta última afirmación es sólo una hipótesis que no podemos confirmar–.

Las **temperaturas máximas** alcanzadas por la mayor parte de las rocas estudiadas, se puede afirmar que se encuentran en un intervalo entre 290ºC –momento en el que comienza la oxidación (March, 1993)– y 500ºC –umbral en el que las muestras se tornan hacia el gris–. Este hecho viene determinado fundamentalmente por dos cuestiones: la coloración y las alteraciones morfoestructurales.

Según se ha demostrado en el análisis colorimétrico, la tonalidad rojiza comienza a apreciarse en las rocas calizas del área del Abric de la Ratlla del Bubo, a partir de 300ºC, haciéndose cada vez más intensa hasta llegar a los 500ºC (fig. 25). Superada esa temperatura las rocas carbonatadas adquieren gradualmente una tonalidad grisácea (figs. 21 y 23) y finalmente superados los 700ºC blanca.

Del total de rocas estudiado sólo dos testimonian indicios de haber sido calentadas por encima de estas temperaturas. Un lateral de la roca A-2, así como la roca que se encontraba en el centro del hogar. Esto demuestra que al menos en una parte del fuego se alcanzaron temperaturas por encima de los 600ºC, pero que esto debió de ser un pico térmico.

Es interesante subrayar al referirnos a las temperaturas alcanzadas por las rocas, que el combustible utilizado para encender y mantener este fuego sea *Juniperus*, ya que como se describe en el capítulo experimental este combustible mantiene preferentemente temperaturas por debajo de 500ºC, aunque puede producir picos términos en determinados momentos del proceso de combustión de más de 700ºC (anexo documental).

Para el establecimiento del **tiempo mínimo de encendido**, sólo contamos con una variable que proporcione información objetivable: la penetración de la oxidación en el interior de las rocas. Como se ha visto para las muestras A-6 y A-20, este parámetro alcanza valores de 2 cm, que viene a coincidir con un mínimo de 3 horas, tal y como lo demuestran los resultados de nuestras experiencias de campo y, por otro lado, que subjetivamente podría ser considerado como un tiempo de uso real.

Para conseguir una mayor exactitud en el cálculo del tiempo mínimo de encendido, sería necesario establecer parámetros experimentales complementarios, que permitieran aplicar un modelo numérico matemático (March y Ferreri, 1989, 1990, 1992).

En cuanto a los criterios de duración establecidos sobre bases subjetivas como si las rocas “parecen” poco o muy alteradas, si el sedimento está muy rojo o muy duro, etc. creemos que deben ser descartados si se pretende hacer un análisis riguroso del problema. Apreciaciones como las de B. Valentin (1987) sobre la utilización de las estructuras no responden a criterios objetivables, afirmar que un hogar que no ha sido muy utilizado y por tanto las piedras no muestran apenas signos de la acción del fuego es un hogar joven, no puede mantenerse como un criterio de interpretación.

El siguiente problema que se plantea es el de establecer la **funcionalidad** de este hogar.

En el trabajo de 1991 (Soler *et alii*), planteamos la posibilidad de que el hogar podría hallarse en relación con 4

bloques pequeños en posición vertical, situados a una distancia de 90 cm del centro del hogar, dando lugar con su disposición a un espacio más o menos triangular y de tierras claramente diferenciadas por su coloración oscura, pero sin carbones, y que en el momento de la excavación se interpretó como probablemente correspondiente a la base de un pequeño tronco. Este tipo de estructuras, algo alejadas del hogar y por tanto imposibles de analizar en función del cocinado directo de los alimentos, pueden relacionarse con el ahumado de carne o pescado o bien con el secado de pieles, esa sería la posible funcionalidad del hogar del nivel II.

En este momento se debe volver a plantear aquella hipótesis con los datos obtenidos.

En primer lugar debemos resaltar que no existen evidencias directas que permitan relacionar estos bloques con la funcionalidad del hogar. El no tener datos concretos sobre el sedimento de relleno de estos bloques ni un contraste entre este y el del nivel, hace imposible ir más allá de la conjetura.

No poseer información sobre la funcionalidad del hogar por ningún otro medio tampoco ayuda a sustentar esta hipótesis.

Una cuestión importante que se debe tener en cuenta a la hora de valorar tanto la estructura como el conjunto del asentamiento, es que los datos proporcionados por las distintas excavaciones están referenciando la ocupación de un pequeño abrigo, de forma estacional. Las características de la fauna así lo hacen pensar, como también la propia dimensión y estructura del hábitat. Es importante reseñar que debe tratarse de un hábitat estacional, ocupado por un pequeño grupo que probablemente realizaría ocupaciones de corta duración. Es en este marco donde ha de incluirse el área de combustión que hemos estudiado.

Dadas las circunstancias en las que se produjo la excavación somos conscientes de estar trabajando sólo con una parte del material que se podría haber recuperado dada la limitación de la zona excavada respecto al conjunto de lo que pudo haber sido el total de superficie ocupada, por lo tanto manejamos una información que padece los sesgos propios de toda información arqueológica más los producidos por las particularidades que se dieron en la recuperación de esta estructura.

A través del estudio de esta estructura de combustión, se ha podido observar como la información proporcionada por las rocas puede aportar datos fundamentales para el reconocimiento de las actividades relacionadas con el último uso del hogar, es decir para la reconstrucción de su historia parcial.

Las reflexiones abordadas en este capítulo, deben llevar a la comprensión de la importancia de la sistematización de la recogida de datos, del estudio y de la interpretación de los restos pétreos.

Creemos haber mostrado el valor de la representación de unos restos a los que la bibliografía ha dedicado una escasa importancia en comparación con cualquier otro ítem registrado en excavación –sólo cuando se han encontrado *in situ* han sido descritos con un cierto detalle–.

Y una vez puesto en valor nuestro objeto de estudio, matizada la información que puede aportar y presentada la propuesta de análisis, debemos volver a la reflexión que nos impulsó a iniciar el estudio de las termoalteraciones de las rocas: comprender el comportamiento de determinados grupos humanos respecto del fuego.

VI. SISTEMATIZACIÓN PARA LA DOCUMENTACIÓN DE LAS ROCAS EN ÁREAS DE COMBUSTIÓN ARQUEOLÓGICAS

Es el conjunto de las interpretaciones parciales, no sólo respecto del fuego, sino también respecto de los comportamientos técnicos, artísticos o económicos lo que va a permitir un acceso al comportamiento social de un grupo de cazadores-recolectores que vivió en una área geográfica concreta y la explotó con una idiosincrasia particular que ahora intentamos determinar a partir de las evidencias de su abandono.

Sin un registro adecuado de cada uno de los componentes de una estructura de combustión, no es posible obtener un acercamiento a la características de su funcionamiento. En este capítulo ofrecemos una sistemática de registro de las rocas en excavación, que permite una clasificación y cuantificación de los datos que éstas aportan a la interpretación tanto de la estructura como del sitio.

La metodología de recuperación de los restos arqueológicos, es la base de todo el desarrollo interpretativo posterior. El registro exhaustivo de los datos durante la excavación es lo que va a permitir que el procesado de los mismos adquiera coherencia.

El sistema de registro desarrollado en las excavaciones de cronología paleolítica evoluciona constantemente, al mismo ritmo que las diferentes disciplinas que intervienen en el proceso de investigación exigen una mayor precisión en la recogida de datos.

De esta manera el estudio de las huellas de trabajo que pudieran quedar tanto en los instrumentos de piedra como en la fauna, ha hecho que se descarten los útiles metálicos en la excavación; el análisis químico que se puede realizar de parte de la materia orgánica, obliga a no tocar el sedimento con las manos o los pies mientras se excava en la zona de toma de muestras; el remontaje del material lítico susceptible de haber formado parte de una cadena operativa, ha desarrollado un método de registro preciso para todo el material aparecido en la excavación y no sólo para los considerados útiles, y un largo etc. en el que se incluyen cada uno de los estudios pormenorizados (antracología, palinología, sedimentología, micromorfología, microfauna, carpología o técnicas de datación) que se van desarrollando durante una investigación arqueológica.

Sin embargo, las “piedras” han llevado siempre la peor parte en este estricto uso del método arqueológico. Sólo aquellas consideradas por los técnicos de la excavación como de utilidad han sido registradas, aunque sin una sistemática de registro similar a la desarrollada para el resto de los ítems. Normalmente se documentan las rocas relacionadas con la combustión, aquellas que presentan restos de pintura o las que poseen una forma intencional como puedan ser las lámparas.

Nuestras consideraciones metodológicas van a ir referidas fundamentalmente a las rocas que han formado parte de las estructuras de combustión, pero propondremos algunas pautas para el reconocimiento de las rocas en excavación, estén o no formando parte de las estructuras de combustión.

VI.1. RECONOCIMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Al igual que el material lítico que ha sido utilizado para fabricar instrumental, el resto de pétreos de un asentamiento debe ser catalogado sistemáticamente. La importancia del reconocimiento de este tipo de material viene dada por cuestiones bien diferentes.

a. Por un lado la posibilidad de que se hayan producido aportes antrópicos selectivos para el desarrollo de actividades específicas, que pueden estar relacionadas:
   - Con la combustión: determinado tipo de roca es considerado más adecuado para cocinar y/o para calentar o para la realización de actividades técnicas.
   - Con la elaboración de objetos de arte, ya sean esculturas exentas que requieren un tipo de roca que se

pueda modelar con cierta facilidad, o como soportes de arte mueble.

- Con determinados objetos como pueden ser las lámparas.

b. Por otro lado, en el caso de las estructuras de combustión, conservar material sin calentar que sirva de referencia para el análisis de las termoalteraciones de las rocas que han estado inmersas en un proceso de combustión.

Es importante que la clasificación de los pétreos venga acompañada por una descripción del material de la zona en la que se ubica el asentamiento, de manera que con un estudio inicial de la geología del entorno se pueda tener una idea aproximada del material que cabe esperar documentar en el proceso de excavación.

La descripción de las rocas en excavación se realizará en muestra de mano y será orientativa, al igual que lo pueda ser la sedimentológica, faunística, etc.

Las características más importantes que deben ser reseñadas, se relacionan, por una parte con la descripción morfológico-descriptiva de las rocas y, por otra, con una descripción contextual adecuada, que ubique el material pétreo respecto del nivel en el que se documenta.

Con esta sistematización de los datos se favorece su cuantificación y descripción, lo que permitirá un procesado de los mismos más adecuado.

CONTEXTO LITOLÓGICO
Roca aislada: 1. parte integrante de la fracción gruesa. 2. caída: de techo, paredes, deprendimiento de visera. 3. aportada por agentes naturales (como arroyada). 4. otros.
Roca asociada a estructura de combustión *in situ*: 1. parte del borde. 2. parte del enlosado. 3. parte de las paredes.
Roca asociada a restos de combustión no estructurados: 1. desechos de combustión. 2. vaciados. 3. otros.
Roca asociada a otros restos: 1. muretes protectores. 2. enlosado de suelos. 3. otros.
Observaciones

Cuadro 13.

VI.2. LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN

La descripción de las rocas que forman parte de las estructuras de combustión ha sido una de las preocupaciones más constantes de la investigación, sobre todo en Francia. El hecho de que su registro arqueológico proporcionara gran cantidad de yacimientos (Pincevent, Etiolles, Masargny, Verberie, Fontgrasse, etc.) con abundantes restos pétreos relacionados con la combustión, provocó el que desde los años 70 se desarrollaran distintos métodos de trabajo respecto al estudio de las denominadas “piedras quemadas”.

Estas rocas limitan el hogar formando un borde o se sitúan en el interior y/o en la periferia del mismo y son las más aparentes desde el punto de vista de las estructuras evidentes (Leroi-Gourhan, 1966), ya que en muchas ocasiones no queda ningún otro vestigio de combustión dado que los residuos de combustión pueden llegar a desaparecer totalmente.

De entre las técnicas desarrolladas para su estudio destaca sin duda la del remontaje de las rocas termoalteradas, cuya importancia viene remarcada por el uso que de ella hacen diferentes autores/as. Este método es utilizado como manera de tener un conocimiento del funcionamiento dinámico del espacio que se está estudiando, de manera que a partir de sus resultados se vertebra la interpretación de las llamadas unidades de habitación (Leroi-Gourhan, 1966). Así, por ejemplo, en la interpretación del yacimiento de Pincevent, Julien (1972, 1973, 1984) utiliza el remontaje para, por una parte reconstruir la forma original de las estructuras de combustión; analizar las relaciones entre los diferentes hogares y/o estructuras adyacentes –vaciados–; evidenciar las tareas de mantenimiento necesarias para el mantenimiento de los hogares.

El problema que plantea basar todas la interpretaciones en el remontaje, es que no se tienen en cuenta otros aspectos que pueden proporcionar una información incluso más precisa.

Hay otras características de las rocas que deben ser tenidas en cuenta en su análisis que permiten adoptar una perspectiva distinta en la interpretación de la estructuras de combustión y que permitirán además, precisar y ampliar la información proporcionada por el propio remontado de las rocas. El registro del tipo de fracturas, de las manchas, de la relación entre ambas y de la posición respecto del sedimento en el que las rocas se hallaron.

Para poder reconstruir la historia del funcionamiento de una estructura de combustión determinada, es necesario establecer un estudio sistemático de estas estructuras. El análisis experimental y la aplicación de métodos analíticos permiten una mejor interpretación de los restos y de su organización. Pero ninguno de estos métodos puede contrastarse correctamente si el registro de la excavación no aporta todos los datos necesarios.

VI.2.1. El registro de excavación

La descripción de los restos de un depósito arqueológico es la clave fundamental de su posterior interpretación. En el caso de las áreas de combustión, cada uno de los

elementos que la conforman y se relacionan con ella ha de ser descrito individual y pormenorizadamente.

Las características que cada componente presenta han de ser individualizadas en categorías que permitan su posterior procesado de una manera numérica, abriendo así la posibilidad de cuantificar estadísticamente las variables para analizar su significación tanto respecto de la propia estructura como de los otros restos documentados en la excavación.

Para poder procesar los datos de esta manera, hará falta una descripción lo más detallada posible durante el proceso de excavación de aquellas variables que consideramos susceptibles de ser cuantificadas.

El registro deberá incluir además de los datos habitualmente recogidos en excavación (situación tridimensional, características sedimentológicas, material lítico y/u óseo asociado, distribución de los carbones, dibujo, fotografía, toma de muestras para analíticas diversas, etc.) y los que describimos a continuación en nuestras propuestas de registro, otros que aunque en algunas ocasiones ya hemos visto documentados, no se han sistematizado de manera cuantificable. Nos referimos fundamentalmente a las manchas y las fracturas.

VI.2.1.1. Las manchas

Como hemos demostrado a lo largo de este trabajo, el análisis de la distribución y características de las manchas de las rocas, es un elemento fundamental en la interpretación del funcionamiento de las estructuras de combustión. Es muy importante su minuciosa descripción en excavación ya que así la reubicación o reutilización tanto de las piedras como de las estructuras es una de las formas en que queda testimoniada.

Se ha señalado en diversos trabajos (Rieu, 1985; March, 1996; March y Soler, 1999) como las manchas presentan fundamentalmente dos coloraciones roja y negra. Pero no se debe descartar la posibilidad de que existan otro tipo de manchas relacionadas con otros procesos de tipo tafonómico. En cualquier caso la descricpción sistemática será la única que permitirá posteriores análisis y deducciones una vez en el laboratorio.

VI.2.1.2. Las fracturas

Al igual que las manchas, son una de las evidencias que ayudan a reconocer el posible calentamiento de las rocas. Ya hemos visto los problemas que se asocian a ellas y cómo en ocasiones es difícil tener certeza de su origen y significado. A pesar de este hecho, debe sistematizarse su descripción para poder precisamente avanzar en este aspecto de la investigación.

Algunos autores, tal como se ha descrito, establecen que determinadas litologías, con el calentamiento, adquieren una tendencia particular de fracturación. Hemos analizado en los capítulos precedentes como esto no parece ser siempre así y la dificultad que entraña en muchas ocasiones el reconocimiento del origen de las fracturas. Pero, consideramos que debe realizarse un esfuerzo de sistematización en la descripción de las mismas si pretendemos comprobar esa asociación entre determinado calentamiento y fracturación característica.

La aplicación del estudio de las fracturas, su relación con el fenómeno de la rubefacción y con la ubicación espacial de las estructuras de combustión, hacen de este análisis un apartado imprescindible para el reconocimiento, no sólo de las alteraciones térmicas concretas, sino también para el del funcionamiento de la estructura.

Para sistematizar la descripción de las fracturas de las rocas que se asocian a restos de estructuras de combustión utilizaremos la ficha de registro de rocas termoalteradas e incluiremos las fisuras, desgajamientos, descascarillados o fenómenos de índole similar.

La propuesta de registro de datos que presentamos, fue inicialmente construida para trabajar en yacimientos como Marolles-sur-Seine o Le Closeau, por R. March y B. Soler. Este registro crece y se multiplica al tiempo que el trabajo en diferentes yacimientos va presentando distintas realidades arqueológicas. Esto significa que es una base abierta a la mejora y a la adaptación, pero que ya ha sido comprobada su efectividad en el análisis de las rocas termoalteradas de estos yacimientos.

Este análisis descriptivo se realiza en tres etapas. Primero se hace una descripción general de la distribución de la rubefacción en la superficie de los fragmentos, después una descripción del emplazamiento de este enrojecimiento en su estado de abandono y por último una descripción de la distribución de la rubefacción sobre los núcleos remontados.

VI.2.1.3. El sedimento

Aunque no vamos a entrar en cómo se debe documentar el sedimento de una estructura de combustión, ya que de esto se han ocupado otros autores (March, 1996), sí queremos dejar constancia de la importancia que posee este elemento asociado a las rocas que formaron parte de una estructura de combustión.

A través de un adecuado análisis del sedimento adherido a las rocas y del suelo sobre el que se instalaron, se puede llegar a determinar alguno de los usos a los que pudo estar dedicado el hogar. Se debe tener en cuenta que los hogares son un lugar privilegiado de concentración de sustancias orgánicas. Tal y como ha demostrado March (1995), los restos de materia orgánica que quedan adheridos o impregnados en el sedimento, permiten a través de los métodos analíticos aplicados por la química orgánica, la determinación del origen de sustancias de origen animal o vegetal, resultado de las diferentes actividades realizadas en los hogares y su entorno.

Queda así evidenciada, la importancia de que el sedimento que acompaña a los restos de combustión sea estudiado en detalle ya que es susceptible de contener una cantidad de información microscópica que revela datos que es imposible conocer de otra manera. Wattez (1992) ha demostrado con sus trabajos la importancia de la micromorfología para el estudio de las variaciones del sedimento y el análisis de las cenizas que proporciona una documentación precisa sobre los restos vegetales, temperaturas de combustión, etc., ampliando las posibilidades de interpretación ofrecidas por la antracología.

BASE DE DATOS MATERIA PRIMA		
Localización		
DESCRIPCIÓN	**CANTIDAD**	**OBSERVACIONES**
Tipo		
Sedimentaria		
Ignea		
Metamórfica		
Tamaño		
Bloque		
Guijarro		
Grava		
Forma		
Globular		
Poliédrica		
Piramidal		
Plana		
Irregular		
Otras		
N.º de caras		
Alteradas		
No alteradas		
Aristas		
Angulosas		
Redondeadas		
Consistencia		
Dura		
Blanda		
Tipo de Alteraciones		
Fisuras		
Fracturas		
Carbonatación		
Otras		
Color		
Descripción petrológioca muestra mano		
Textura		
Tamaño grano		

Cuadro 14. Base de datos materia prima.

REGISTRO DE ROCAS TERMOALTERADAS I		
	OBSERVACIONES	
Materia Prima		
Alteración		
Total		
Parcial: número de caras		
Puntual		
Nula		
Situación Alteración		
Global		
Desconocida		
Inferior (respecto del sedimento)		
Superior (respecto del sedimento)		
Lateral		
Superior-inferior		
Inferior-lateral		
Superior-lateral		
Parcial (sup-infe-late)		
Tipo de fractura		
Curva		
Curva irregular		
Irregular		
Plana		
Plana irregular		
In situ		
Tipo de fragmento	**Peso**	**Volumen**
Curvo		
Globular		
Poliédrico		
Piramidal		
Irregular		

Cuadro 15. Registro de rocas termoalteradas.

REGISTRO DE ROCAS TERMOALTERADAS II		
Nº Caras del fragmento		
	Cantidad	**Observaciones**
Nº total		
Rubefactas		
Opuestas		
Limítrofes		
Exteriores		
Grises		
Opuestas		
Limítrofes		
Exteriores		
Negras		
Opuestas		
Limítrofes		
Exteriores		
Blancas		
Opuestas		
Limítrofes		
Exteriores		
Fracturada *in situ*		
Sí		
No		

Cuadro 15. Registro de rocas termoalteradas (Continuación).

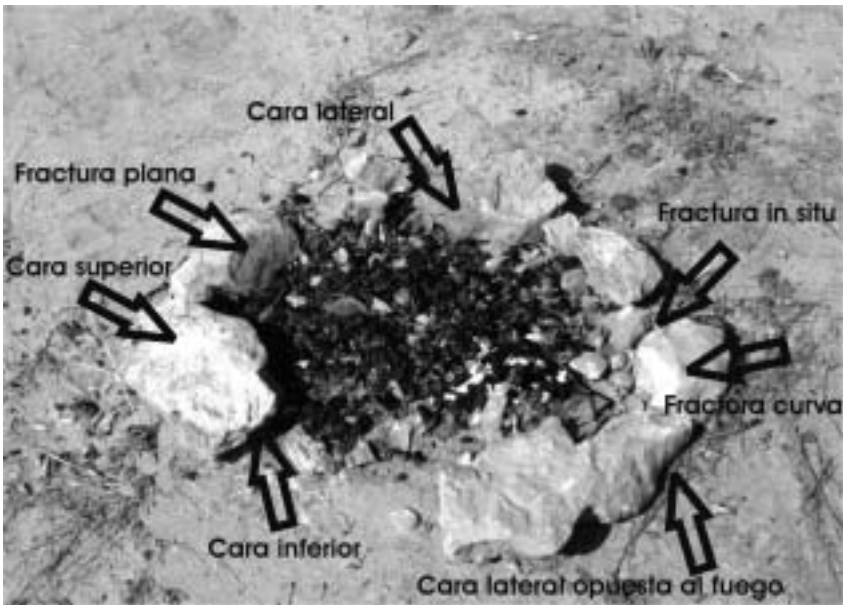


Foto cuadro 15.

Todos estos procedimientos analíticos, requieren en cada caso de la utilización de una metodología de extracción de muestras que deberá ser determinada por los especialistas.

Cada nueva técnica analítica requiere de un proceso de registro propio, es por eso que la metodología de excavación debe estar siempre abierta a la incorporación de todos aquellos aportes que ayuden a mejorar la interpretación. Volvemos aquí a subrayar la importancia de la interdisciplinaridad de los equipos de investigación, interdisciplinaridad que debe ser llevada a su máximo exponente con la colaboración en el proceso de excavación de todos aquellos especialistas que intervengan en el procesado de los datos. Su experiencia, la observación directa de la problemática y la relación con la dirección técnica de la excavación proporcionaran nuevas perspectivas que sin duda contribuirán a una mejor resolución de los problemas.

El contenido de nuestra propuesta de registro, debe ser integrado en el registro general de la excavación, de manera que sea una información más de las que se documenta sistemáticamente. Consideramos esencial esta integración si se pretende, a partir de ella, llegar a resolver todas aquellas cuestiones que hemos visto plantean el binomio color/temperatura.

La adaptación de las diferentes bases de datos que hemos presentado al conjunto de registros de la excavación es sólo un problema de integración de bases, fácilmente solucionable con una correcta informatización de los datos desde el proceso de recogida de datos en excavación hasta su interpretación final en el laboratorio.

VII. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo hemos visto cómo las distintas problemáticas que genera el estudio de los restos de combustión, precisan del establecimiento de metodologías multidisciplinares que permitan abordar con rigor los interrogantes que plantea la documentación arqueológica.

En este sentido, nuestra propuesta de una sistemática operativa experimental para el reconocimiento de las termoalteraciones en las rocas carbonatadas en contexto arqueológico, aporta un instrumento de trabajo eficaz cuyos resultados permiten un mayor grado de acercamiento al análisis de los restos de combustión y, por ende, al comportamiento de los grupos cazadores-recolectores del Pleistoceno en el área mediterránea peninsular.

Aunque como se ha podido comprobar la experimentación por sí misma y de manera desglosada no es novedosa en el estudio de los restos de combustión, con la propuesta global que presentamos se contribuye al desarrollo de este método en la medida en que se sugieren nuevos procedimientos de actuación.

El trabajo desarrollado plantea cómo, desde los estudios básicos multidisciplinares de las rocas termoalteradas, se puede tener una aproximación al funcionamiento o historia térmica de una estructura de combustión. Asimismo, cómo a partir del estudio del conjunto de evidencias es posible llegar a establecer una aproximación más certera a su función.

De esta manera, el incremento controlado de temperaturas que han sufrido las muestras experimentales, tanto al aire libre como en mufla, ha servido para establecer criterios en orden a determinar:

1º Si una muestra arqueológica dada, ha estado calentada o no.

2º Si ha estado calentada una o varias veces.

3º Si ha sido calentada, en que rango de temperaturas.

Y todo ello sistematizando el protocolo experimental y aplicándolo sistemáticamente en cada una de las distintas rocas, previamente agrupadas por litologías y taxonomías, que componen estos restos pétreos de combustión.

A lo largo del proceso de investigación, hemos privilegiado dos aspectos esenciales, tanto en el estudio de las evidencias arqueológicas como en el desarrollo de la problemática experimental: las alteraciones colorimétricas y los cambios morfoestructurales de las rocas, por ser características organolépticas definibles en la fase de excavación. La resolución de estas dos cuestiones se ha basado en el calentamiento intencional de las rocas.

Hay otros criterios que se han obtenido en la fase experimental, que sin ser de aplicación a la fase de campo sí lo son al estudio de las estructuras de combustión.

VII.1. ALTERACIONES COLORIMÉTRICAS

El reconocimiento de las “piedras quemadas” en excavación se ha realizado en la mayor parte de los trabajos publicados hasta el presente, a partir del color y las fracturas. La asociación color rojo/roca muy calentada ha sido sistemática en muchos de ellos.

Estas investigaciones no iban desencaminadas respecto al cambio de coloración que se produce en las rocas con el incremento de temperatura.

Hemos demostrado experimentalmente que un calentamiento entre 250ºC - 300ºC (dependiendo de la litología) produce el inicio de una modificación del color que se puede cuantificar y que en la totalidad de los casos tiende al enrojecimiento de la muestra. Pero, como también hemos señalado, no siempre el color rojo de una muestra se relaciona directamente con un incremento de temperatura, sino que puede venir determinado por composiciones genésicas de elementos que posean esa coloración (arcillas), o alteraciones que no se relacionen directamente con el calentamiento.

A partir de 500ºC se produce un nuevo cambio en las coloraciones de las litologías antes consideradas, tornándose

ahora, a simple vista, hacia el gris. No podemos descartar que este cambio de cromatismo no esté relacionado con la pérdida de agua de cristalización (no se debe confundir con la pérdida de humedad que se produce a partir de 100ºC). Este fenómeno culmina a los 520ºC. Tal cambio se detecta incluso en las preparaciones en lámina delgada donde, por simple comparación directa, se observa un oscurecimiento de las mismas.

Como se refleja en los gráficos, realizados a partir de los datos procedentes de las distintas fases de la experimentación (figs. 23 a 27), tanto el parámetro de color b*, como el análisis del croma, muestran esta paulatina tendencia hacia el gris de las muestras con el calentamiento.

Asimismo, los microclastos de la matriz adquieren una textura más uniforme con el calentamiento, adquiriendo también el fondo un tono más oscuro.

A partir de 700° la coloración se torna, a simple vista, hacia el gris-blanquecino, siendo tanto más blanca cuanto más sobrepase esta temperatura. Este fenómeno va acompañado por la disgregación de la muestra que adopta una textura externa que recuerda la del "polvo de talco", por descomposición del CO_3Ca en CaO.

Como se observa en los gráficos referidos, desde una coloración inicial cualquiera –en nuestro caso dentro de la gama de los beiges/marrones– tenemos un comportamiento diferencial para los parámetros del color L*, a* y b*.

El parámetro que define la luminosidad (L*) ya hemos visto cómo en la matriz de correlaciones (fig. 26) se mostraba independiente de la temperatura. Sin embargo los parámetros de color a* y b* presentan una correlación positiva con la temperatura.

La correlación inversa de b* respecto a la temperatura, refleja la tendencia de las muestras hacia el color gris, sea cual sea el tipo de calentamiento sufrido por la muestra.

El parámetro a*, que representa la tendencia de la muestra hacia el color rojo, presenta una primera fase en la que la correlación respecto a la temperatura es baja para después, a partir de los 500ºC, seguir una trayectoria claramente descendente de la curva, recogiendo la evolución hacia colores menos definidos. Esto ocurre tanto si el calentamiento se realiza en mufla como al aire libre.

Al analizar las curvas de varias rocas calentadas en mufla superpuestas (figs. 25, 26 y 27), se observa cómo desde sus colores iniciales de partida sin calentar, presentan coincidencia en un punto así como pendientes y trayectorias muy similares.

Estos datos podrían ser interpretados de la siguiente manera:

- Cuando las muestras presentan coloración rojiza tanto en muestra de mano como en sección pulida, la temperatura alcanzada hubiera estado por encima de los 250ºC - 300ºC y por debajo de los 500ºC.
- Si las muestras poseen un color desde gris a blanco el calentamiento hubiera sido mayor de 600ºC.
- Con el aumento de temperatura, las rocas tienden a unificar la coloración sea cual sea su color original en la muestra sin calentar.

A este planteamiento se pueden objetar varias cuestiones.

En primer lugar, que existen otras causas además del calentamiento que provocan un enrojecimiento de las muestras que deben ser analizadas y tenidas en cuenta. En segundo lugar, no tener muestras arqueológicas sin calentar que se puedan utilizar como muestra patrón.

Al profundizar en el estudio de la escala de variaciones del color, nos planteamos si no podríamos llegar a calcular la temperatura (T) a partir del análisis de la diferencia de color mediante el establecimiento de un modelo matemático. Pero en este momento del desarrollo de la investigación se plantean una serie de dificultades para llevarlo a término.

Una es el ya mencionado desconocimiento del color de origen en las muestras arqueológicas y, por otra parte, estadísticamente se plantea el problema de que los parámetros de color a* y b* presentan una correlación positiva entre ellos, lo que implica que hay que buscar fórmulas adecuadas para subsanar este problema.

Finalmente, y quizá el problema más importante a la hora de intentar establecer una ecuación para el cálculo de T, debemos exponer el problema que supone la litología de las muestras. A pesar de haber trabajado con un conjunto bastante homogéneo –rocas carbonatadas de grano fino y grueso, con mayor o menor cantidad de restos orgánicos, óxidos de hierro u otros componentes menores–, las mínimas variaciones que se establecen entre las muestras pueden condicionar una evolución diferente en lo que respecta a las alteraciones colorimétricas, que requerirían de un procedimiento experimental y analítico propio para su diferenciación.

Por esta razón no ha sido viable plantear el cálculo para conocer la temperatura a partir del color. Éste es uno de los grandes retos que el presente trabajo nos ha abierto y para poder superarlo será preciso establecer un procedimiento experimental creado para tal fin, que permita la creación de una base de datos a partir de la cual se puedan establecer los términos de la ecuación que permita el cálculo de T.

Aproximaciones mayores en el binomio color/temperatura en este momento de la investigación serían arriesgadas en rocas de color inicial variable y, en el caso de la Ratlla del Bubo –o de cualquier otro yacimiento pleistoceno–, desconocido, teniendo en cuenta además que las variaciones intermedias de color pueden ser muy amplias.

Siguiendo con la problemática que plantea el tema del color, debemos señalar que muchos autores han tomado como referencia el trabajo de Meloy y Pagès (1984), donde se adscriben a intervalos de temperatura concretos cambios en la coloración de las rocas (cuadro 8). Ya hemos visto algunos de los problemas que plantean, pero se debe incidir en la dificultad, cuanto menos, de la correcta descripción de conclusiones a partir de la imprecisa clasificación de los oxi-hidróxidos de hierro.

Los resultados que presentan Meloy y Pagès (1984) referidos a los oxi-hidróxidos de hierro, proceden del trabajo de Michel (1983), al cual no hemos podido tener acceso. En este trabajo se dice que "microscópicamente las formas hidrolizadas limonitas y goethitas son, desde amarillas mientras son cripto-cristalinas, a marrones para una mejor cristalinidad. La hematita, roja en finas partículas, se vuelve de gris a negra

en los cristales más importantes”[8]. Además añaden que ya se ha demostrado la analogía entre una determinación macroscópica del color y la calidad de un mineral. Para las limonitas, establecen una coloración naranja en fases amorfas. Cuando se produce el calentamiento las limonitas presentes en materiales crudos llegan a convertirse en especies diferentes, menos hidratadas, responsables de nuevos colores.

Asimismo, establecen la dificultad de determinar las fases férricas por vía óptica, poniéndolas en evidencia a través de la microscopía. Finalmente, establecen una aproximación teórica color/temperatura.

Los propios autores reconocen las limitaciones y los problemas que supone, a partir de los análisis establecidos sobre fases puras de los oxi-hidróxidos de hierro, raramente así presentes en el medio natural, establecer una relación directa color/temperatura.

A estas observaciones de los autores referidos, debemos añadir varias cuestiones que, en nuestra opinión, deben replantear tanto a nivel microscópico como macroscópico la asignación de una coloración con la presencia de un oxi-hidróxido concreto y, por ende, aquella con una temperatura de calentamiento.

1. No hemos encontrado en la bibliografía especializada en mineralogía un criterio para diferenciar la limonita de la goethita, y menos en análisis con microscopio petrográfico (Roubault, 1963; Bateman, 1974). En buen número de casos se cita como imposible de diferenciar o como ambas cosas.
2. Tampoco existen criterios unificados acerca del color que se debe esperar de cada uno de estos oxi-hidróxidos de hierro (Roubault, 1963; Bateman, 1974).

Por lo tanto no creemos viable que se puedan establecer condiciones de calentamiento, de tiempo de encendido de un hogar e incluso se pueda llegar a la interpretación del hábitat, a partir de la presencia de la goethita o hematita y de una supuesta coloración que preestablece una temperatura de calentamiento.

Si no se puede establecer esta relación a nivel microscópico, la asimilación directa de esas coloraciones a nivel macroscópico tampoco se puede sostener en esos términos.

Creemos que los resultados que hemos presentado mediante el análisis con espectofotómetro, proporcionan datos más precisos sobre la relación color/temperatura. Estos datos no siempre entran en contradicción con los presentados por los autores anteriormente citados, pero sí creemos que la base experimental sobre la que están establecidos y los cálculos estadísticos realizados, permiten un acercamiento más correcto al problema.

VII.2. CAMBIOS MORFOESTRUCTURALES

Con el calentamiento sistemático pretendíamos poder ir observando los cambios y transformaciones que iban sufriendo las muestras. Dado que en algunos trabajos se establecían variaciones morfoestructurales, como el aumento de una determinada textura o la aparición de nuevos elementos a bajas temperaturas –menos de 400°C para un solo calentamiento (Bazile, 1989)–, comenzamos la analítica y observación, tanto macroscópica como microscópica, desde las muestras sin calentar. Realizando para las experiencias en mufla calentamientos cada 100° a partir de 300° hasta 700°.

La primera cuestión que debe ser resaltada es que entre 300°C y 500°C, no se han podido sistematizar cambios morfoestructurales, ni en el análisis con lupa binocular a partir de lámina delgada, ni en el microscopio petrográfico.

No se aprecia redondeamiento en los bordes de los granos, microfisuras, crecimiento del ámbito micrítico en detrimento del esparítico ni otras alteraciones morfoestructurales. Sólo en las muestras que presentan glauconitas, éstas, al perder el agua de cristalización, parece que se muestran menos evidentes a partir de 200°C, no percibiéndose con un calentamiento superior a 380°C.

Por esta razón decidimos utilizar el microscopio electrónico de barrido (MEB) y el microscopio electrónico de emisión de campo (MEBEC), para comprobar si la instrumentación electrónica permitía una sistematización de las posibles variaciones morfoestructurales a mayores aumentos.

Como se ha ido describiendo en el capítulo dedicado al apartado experimental, tampoco los medios electrónicos nos han permitido sistematizar cambios a menos de 500°C. No podemos afirmar que otras litologías no los presenten, pero sí que en las muestras carbonatadas que hemos analizado, tanto de Marolles-sur-Seine como de la Ratlla del Bubo, no se aprecian.

Es a temperaturas superiores a los 600°C cuando se evidencian algunos cambios en la morfología de las muestras estudiadas, hayan sido calentadas en mufla o al aire libre. Estos cambios son observables casi exclusivamente a través del análisis de microscopía petrográfica y electrónica.

En el caso del análisis petrográfico, se evidencia una textura de color oscuro que hemos denominado “sucia” en los cristales de los carbonatos, así como su propia desintegración, permaneciendo constante la textura y componentes orgánicos o inorgánicos, no apreciándose cambios sistemáticos de porosidad ni recristalizaciones.

En el estudio con microscopio electrónico de barrido, los cambios se fundamentan en la aparición de unos depósitos planares sobre los granos y, en ocasiones, por pequeñas microfracturas o microfisuras (fig. 36). Asimismo se detecta un redondeamiento en las aristas de los cristales, aunque esta característica no es sistemática.

Si comparamos los resultados obtenidos en el proceso experimental con los que publicaron Meloy y Pagès en 1984 para el estudio de los materiales calcáreos experimentales franceses, observamos que coinciden con nuestras observa-

[8] El problema de la complejidad de la existencia de la limonita ya se ha planteado en el capítulo 6.

ciones para las rocas calizas en cuanto a los tres estadios principales de alteración, pero para las rocas tipo "meulière": 300°C-500°C y 700ºC, no así en la desintegración de la roca que nosotros la apreciamos tanto en mufla como al aire libre en 800°C.

Para las rocas calizas de Champigny y Brie, los autores no parecen poder apreciar alteraciones a temperaturas menores de 600°C, ya que sólo describen las variaciones de color en la gama de grises y la transformación del CO_3Ca en $CaO + CO_2$ que se produce a partir de los 620°.

El análisis de las rocas carbonatadas termoalteradas, muestra que éstas no presentan tantas posibilidades de transformación como otras rocas tipo arenisca o la propia "meulière", dado su componente mayoritario –el carbonato cálcico–.

Mediante el presente estudio hemos podido establecer algunas matizaciones a las observaciones recogidas hasta ahora en la bibliografía que ayudan al reconocimiento de las distintas fases de calentamiento de las rocas carbonatadas.

- Enrojecimiento de las muestras entre 290ºC y 500ºC. El problema aquí es determinar exactamente a qué se debe. Tradicionalmente en la bibliografía se ha atribuido a la transformación de los óxidos de hierro, pero después de las reflexiones planteadas sobre la transformación de estos óxidos y la relación color/temperatura, creemos que no se puede dar unas respuesta única y taxativa en este momento de la investigación.
- En muestra de mano, la textura superficial presenta aspecto reseco y más mate que en muestras de su misma génesis naturalmente desprendidas de afloramientos.
- Oscurecimiento o degradación hacia el gris de las muestras a medida que aumenta el calentamiento, observable incluso en las preparaciones de lámina delgada.
- Microfracturas y microfisuras perceptibles al microscopio petrográfico y electrónico para temperaturas superiores a 600°C.
- Textura "polvo de talco" superficial en muestra de mano, para temperaturas superiores a 700ºC.
- Oscurecimiento de los cristales de carbonatos con textura "sucia", a partir de los 700°C, en análisis con microscopio petrográfico.
- Disgregación de los cristales de los carbonatos entre 600°C y 700°C, apreciables en microscopio petrográfico.

El desarrollo de este trabajo nos ha permitido valorar el hecho de que el estudio de cada litología requiere una serie experimental específica, tanto en mufla como al aire libre. La escala colorimétrica que hemos descrito es válida para las rocas carbonatadas de tipo micrítico y esparítico, que son las más abundantes en el territorio valenciano. Eso no implica que no pueda servir como indicador para otras litologías de composición similar, pero si se pretende realizar un estudio detallado similar de cualquier tipo de roca, es necesario plantear un programa experimental sistemático y completo, como así se hizo en el estudio de la estructura nº1 de Marolles-sur-Seine dado que incluía otras litologías.

VII.3. APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS A LAS SERIES ARQUEOLÓGICAS

El objetivo final del presente trabajo siempre ha sido establecer criterios de discriminación que permitan diferenciar las características del calentamiento intencional de las rocas que conforman las estructuras de combustión arqueológicas.

A partir del estudio de tres asentamientos con problemáticas completamente distintas, hemos observado cómo la discriminación de la termoalteración de las rocas es muy importante a la hora de interpretar el funcionamiento de las estructuras de combustión, su estado de funcionamiento o abandono, su integración en el hábitat y desde ahí introducir una nueva posibilidad interpretativa del asentamiento objeto de análisis.

Cada documento arqueológico (EC, RCNE, rocas, sedimento, carbones, etc.) requiere una técnica de análisis específica que incidirá en las características que éste haya desarrollado a lo largo de su uso y de sus características tafonómicas. Es muy importante realizar el estudio de las estructuras de combustión dentro del marco del hábitat que se estudia, ya que esto multiplica las posibilidades de análisis.

Para el estudio de las áreas de combustión arqueológicas –ACA–, hemos utilizado un conjunto de métodos y técnicas de análisis que nos han ayudado a establecer las características de la alteración y el comportamiento de cada una de ellas. El remontaje, el análisis petrológico detallado y nuestra propia sistemática experimental, han permitido una interpretación distinta de la establecida en un principio para los asentamientos estudiados.

Pero cada asentamiento estudiado presentaba una serie de limitaciones y dificultades que hacían imposible la aplicación de la metodología de trabajo al completo. Esta es la realidad de la investigación a la que toda sistemática de trabajo debe poder adaptarse. Es difícil y extraño encontrar un yacimiento que presente todos los restos de combustión en unas condiciones tales que permitan la aplicación de todos los métodos de trabajo desarrollados aquí. Y esa es la razón que ha provocado que sea un conjunto de análisis y sistemáticas las que finalmente se han ido adaptando a cada problemática particular.

La utilización del método del remontaje, nos ha permitido llegar a establecer las hipótesis de uso, funcionamiento y/o abandono de la estructura de combustión nº 1 de Marolles-sur-Seine (Francia). El análisis detallado de cada fragmento de roca es fundamental para reconocer cómo el calentamiento la ha afectado, así como la determinación de las posibles remociones de la estructura antes de su abandono. La realización de esta descripción detallada supone la utilización de un método de registro en excavación que integre todos los datos necesarios que son utilizados en la descripción final.

El conjunto de analíticas utilizadas –clasificación petrológica, remontaje, observación en microscopio electrónico de barrido, análisis de los restos de materia orgánica–, permite inferir que esta estructura de combustión posee una historia bastante más compleja que la descrita en el

momento de la excavación. La forma final de la estructura que se ha documentado en excavación no refleja un funcionamiento *in situ*. Las rocas han sido alteradas por fenómenos de combustión, pero estas alteraciones no se produjeron en la forma actual de la estructura, sino en otra tal vez construida en otro lugar, como lo indicaría la ausencia de termoalteración en el sedimento de la base.

En el caso del yacimiento de Cova Negra, la problemática a estudiar era bien distinta. Se debían explicar, por una parte, las características de los restos de combustión aparecidos en los niveles musterienses del sector oeste de este yacimiento y, por otra, la distribución de más de 200 rocas con síntomas de termoalteración, en un espacio reducido de escasamente 5 m^2, en el sector norte. Los métodos de análisis utilizados en estos casos fueron el registro sistemático en excavación del conjunto de evidencias, el remontaje –que no dio resultados positivos– y el análisis petrológico.

El registro de evidencias de combustión del sector oeste plantea la existencia de fuegos simples, sin preparación, que se van reubicando dentro de la zona que hemos denominado de ocupación. En general se registran escasos restos de fauna o sílex quemados asociados dentro o en los alrededores del hogar.

Resulta difícil con las escasas evidencias obtenidas en excavación y con el registro realizado de los restos de combustión, aventurar un comportamiento respecto del fuego en estos momentos antiguos. Dado el carácter esporádico de la ocupación de Cova Negra, evidenciado por los restos de fauna y microfauna, y la escasa intensidad que parecen reflejar estas ocupaciones, la información que aportan estos pequeños fuegos asociados a grupos humanos reducidos que utilizan escasamente la cavidad, es completamente coherente y reafirma los datos expuestos por estas disciplinas.

En cuanto a la interpretación del sector norte de la cavidad, parece evidente que nos encontramos ante un área de combustión, aunque con unas características que no la encuadran fácilmente entre las que la bibliografía conocida define. No parecen haberse instalado hogares con borde de grandes rocas; tampoco se evidencian, como el sector oeste, instalaciones puntuales de pequeños fuegos. Creemos que esta pequeña zona (recordemos que son 5 m^2) pudo estar dedicada a algún uso particular relacionado con el fuego, en el que se utilizaron gran cantidad de rocas de formato no mucho mayor de 10 cm, en sucesivas estancias u ocupaciones de la cueva, dado que se encuentran repartidas en una potencia de más de 40 cm.

Las limitaciones impuestas por el reducido espacio de excavación en los dos sectores, unido a la escasez de restos materiales que presenta este asentamiento y la imposibilidad de realizar analíticas complementarias, hacen que la aproximación al conocimiento de la microhistoria relacionada con estos restos de combustión, no pueda ir más lejos.

Finalmente, la aplicación de la sistemática experimental establecida en el capítulo 5 de este trabajo al estudio de la estructura de combustión del Nivel II del yacimiento de la Ratlla del Bubo, ha permitido obtener información bastante precisa al respecto de su historia térmica.

El análisis petrográfico ha mostrado que:

- La mayor parte de las rocas que conformaron este hogar no parecen haber sido calentadas más allá de 500°C. A nivel micromorfoestructural, no se aprecian alteraciones, no hay disgregación de los cristales de carbonatos, ni textura “sucia”, por lo tanto no se deben haber superado los 600ºC.
- Sólo las dos rocas, que se encontraban en el centro de la estructura, muestran síntomas de haber estado calentadas por encima de los 600ºC, presentando una coloración gris oscura en muestra de mano, alto grado de fragmentación y, en lámina delgada, desagregación de los cristales de carbonato.
- El análisis del color, en muestra de mano, refleja un enrojecimiento parcial sólo de la muestra y en otras dos se produce un oscurecimiento generalizado de la muestra. Esto permite inferir, igualmente, que la temperatura máxima alcanzada en la periferia del hogar no debió sobrepasar los 500ºC más que de una manera puntual que afectó nada más a una de las rocas.
- El enrojecimiento parcial de la muestra A-6, que formaba parte del borde, se debe poner en relación con la colocación de las rocas respecto del fuego, como hemos podido comprobar en nuestras experiencias al aire libre. En el caso de esta roca, parece claro que ha sufrido una reubicación en algún momento de su uso como parte de un borde, ya que la parte que presenta el enrojecimiento, así como una importante desmembración, es la que se encuentra hacia el exterior de la estructura.

Por los resultados obtenidos hasta el momento cabría pensar en un funcionamiento a temperaturas no muy elevadas. Sin embargo hay una característica que siguiendo la bibliografía nos haría pensar en un calentamiento elevado de las muestras y es el alto grado de fracturación. Esta fracturación se observa desde muestra de mano a microscopio electrónico (láms. 14 y 15 y fig. 51).

Respecto al desmembramiento del conjunto de rocas arqueológicas debemos proponer una reflexión. Se puede establecer que éste no se debe siempre exclusivamente a un mayor o menor grado de calentamiento o al choque térmico, ni a un proceso menor de compresión diagénica.

En muchos casos, estas rocas pueden ser de composición prioritariamente inorgánica y a lo sumo con algunos microfósiles. El resto, aquellas con abundantes restos orgánicos que proceden no sólo de una linealidad deposicional sino también una morfología planar frente a los inorgánicos, con mayor porcentaje detrítico, variable cementación, en parte brechificadas y/o con mayor porcentaje arcilloso, son las rocas que mejor se desmembran e incluso generan mayor porcentaje de finos. Consideramos como tales al conjunto de arcillas, arenas finas y limos arenosos que, una vez limpiada la muestra tras su extracción, va cediendo con el tiempo en el lugar del depósito.

Otro elemento importante de información, como hemos visto, es la distribución de las manchas. Debemos decir que en esta estructura de combustión sólo se documentaron

manchas negras y la rubefacción de una roca a la que ya hemos hecho referencia.

Es importante señalar que a través de la experimentación hemos podido comprobar cómo las manchas negras pueden tener una génesis distinta.

Si la estructura se encuentra *in situ* las manchas estarán repartidas por la cara superior y lateral de las rocas, tal y como se observa en la experiencias al aire libre (fig. 37). En otros casos, el contacto se produce con el sedimento que posee los residuos de materia orgánica, por lo que las manchas se documentarán fundamentalmente en la cara inferior en contacto con el suelo.

En el caso de la estructura de la Ratlla del Bubo las manchas se encontraban en la cara inferior relacionadas con sedimento oscuro y carbones adheridos fuertemente a la base de las rocas, tal vez por un proceso de carbonatación.

Este conjunto de evidencias nos ha llevado a la conclusión de que el hogar recuperado en 1987 no debió haber sufrido modificaciones sustanciales desde su última utilización.

Del análisis del conjunto de rocas que lo forman, se puede deducir que algunas de ellas ya habrían sido calentadas con anterioridad, lo que supondría una reubicación para el uso documentado. Asimismo, el hecho de que en la periferia del hogar se registrara sedimento termoalterado y se registraran otras rocas con síntomas de alteración térmica, apoyaría también la hipótesis de la reutilización. De este mismo análisis se infiere que en este último uso la temperatura máxima del hogar no debió sobrepasar los 500ºC.

Todo el conjunto de datos recuperados debe ponerse en relación con el hábitat. No se debe olvidar que estamos analizando un hábitat de características bastante precisas: estacional y de corta duración, aunque también se ha de remarcar el hecho de haber estado trabajando en una zona bastante periférica de la ocupación, casi por debajo de la línea de visera.

Todos los esfuerzos del presente trabajo han ido encaminados a sacar el máximo partido de los materiales arqueológicos estudiados, intentando –parafraseando a Leroi-Gourhan– no caer en la ficción prehistórica. La aplicación de todas y cada una de las analíticas empleadas lo ha sido conscientemente, intentando que su uso como herramienta de trabajo respondiera a alguna de nuestras preguntas iniciales, permitiéndonos avanzar algo más en la comprensión de las sociedades cazadoras-recolectoras del mediterráneo peninsular durante el pleistoceno.

Hemos querido demostrar con el presente trabajo la importancia que adquiere cada uno de los restos que formaron parte de una estructura de combustión y, muy particularmente, las rocas termoalteradas. A través del análisis de estas rocas ha quedado evidenciado que se puede llegar a conocer cómo fueron utilizadas, con qué frecuencia y en qué tipo de estructuras. Asimismo si las estructuras tuvieron uno o varios usos y en ocasiones reconocer a qué actividad pudieron estar destinadas.

La integración de esta información con la proporcionada por el resto de evidencias de un asentamiento es la que va a permitir un acercamiento más correcto al problema de la interpretación de los hábitats.

En definitiva la interdisciplinariedad en el trabajo tanto de campo como de laboratorio se muestra imprescindible para la resolución de la mayor parte de los problemas que se plantean durante la investigación de un asentamiento pleistoceno.

La sistemática operativa experimental que hemos presentado, creemos que contribuye a explicar una problemática que se da en todos los yacimientos que presentan rocas carbonatadas como soporte pétreo, que es el caso de la mayor parte de yacimientos ubicados en la vertiente mediterránea peninsular. Creemos que buena parte del interés de este trabajo se centra precisamente en el hecho de haber establecido una metodología que sea válida y aplicable para trabajar en una zona geográfica muy importante. Pero además, con el estudio de la estructura de Marolles-sur-Seine hemos demostrado que esta sistemática de trabajo puede funcionar para el estudio de cualquier litología si se siguen las pautas correctas de trabajo. Es más, las experimentaciones desarrolladas en las Islas Canarias, con un medio físico absolutamente distinto, han puesto de manifiesto la válidez del método experimental.

Somos conscientes de las limitaciones que el material arqueológico posee, de los sesgos que le son inherentes y de aquellos imponderables que se presentan, pero también creemos firmemente que el desarrollo de un trabajo experimental serio y minucioso, orientado por las hipótesis planteadas inicialmente, es uno de los caminos con el que debe contar toda investigación que pretenda interpretar al menos una parte de la historia, teniendo en cuenta que cada historia parcial que consigamos reconstruir nos está ayudando a reconstruir una parte del pasado, en el que probablemente un grupo de seres humanos experimentó con el fuego.

GLOSARIO DE TÉRMINOS PETROLÓGICOS UTILIZADOS

Aloquímica: Partícula de una roca carbonatada de precipitación química o bioquímica que se ha formado dentro de una cuenca sedimentaria, pero que ha sufrido un transporte antes de depositarse; se contrapone a los componentes de la matriz carbonatada y al cemento. Término que comprende partículas carbonatadas, en contraste con la matriz de lodo carbonatado y de cemento calcítico limpio; incluye fósiles, oolitos, pellets, etc. según Folk, 1959, 1962.

Biolitita: Caliza formada por crecimiento *in situ* de estructuras orgánicas que forman una masa coherente.

Biomicrita: Caliza compuesta de granos esqueléticos en matriz micrítica. (Folk, 1959, 1962).

Bioquímico: Depositado por procesos químicos bajo influencia biológica.

Bioesparita: Caliza compuesta de granos esqueléticos con cemento calcítico (sparry) de "grano grueso" (Folk, 1959, 1962).

Burrows: Estructura tubular formada por la actividad de organismos en sedimentos.

Calcarenita: Caliza compuesta predominantemente por granos de carbonato cálcico de tamaño arena (arena carbonatada).

Calciesferas: Esferas de tamaño *silt* o arena clara calcítica (sparry), con paredes discernibles o no. De probable origen diverso, las esporas algales son las que representarían una mayor variedad.

Caliza sparry: Roca carbonatada de naturaleza calcítica en la que alguno de los cristales esparíticos puede adquirir gran tamaño.

Cemento: Precipitado químico generalmente de origen inorgánico que engloba clastos de litologías sedimentarias.

Clástico: Material compuesto de partículas que han sufrido transporte mecánico al menos localmente. Sobre todo incluye calizas formadas por fósiles u otros aloquímicos movilizados por olas o corrientes.

Coated grains (granos revestidos): Término general para granos con revestimiento o ritmo de carbonato cálcico; incluye oolitos y oolitos superficiales, pisolitos y granos con revestimiento algal.

Cristalización: Proceso de organización tridimensional de la materia.

Criptocristalina: Relativo o perteneciente a la textura de un agregado de cristales cuya pequeñez supera la posibilidad de resolución de un microscopio óptico.

Detrítico: En el texto se utiliza como sinónimo de clástico, para rocas compuestas de fragmentos de otras rocas.

Diagénesis: Cambios en sedimentos o rocas producidos tras la deposición, excluyendo procesos que implicarían metamorfismo.

Dismicrita: Micrita alterada que contiene vetas o pequeños huecos rellenos de calcita (Sparry).

Empaquetado (Packed): Conteniendo los granos suficientes (aloquímicos) para que éstos estén en contacto y soportándose mutuamente, en contraste con las rocas cuyos granos flotan en barro.

Estructura: Distribución y orden de los cristales o clastos dentro del cuerpo rocoso.

Euhedral: Referido a un único cristal o fábrica cristalina que muestra formas típicas cristalográficas bien definidas.

Fábrica: Orientación espacial de los cristales, clastos o agregados policristalinos no equidimensionales en un cuerpo rocoso.

Fibroso: Referente al cemento de calcita (sparry) que incluye cristales con proporción longitud / anchura mayor que 6:1.

Grainstones: Roca carbonatada compuesta de granos sin cemento calcáreo en los intersticios.

Granos: Partículas sólidas cuyos límites pueden estar rodeados de cristales.

Granos apoyados: Se refiere a la fábrica de una roca en la que los granos (aloquímicos) están en contacto mutuo, si bien entre ellos pueden haber una matriz barrosa (micrita).
Granos revestidos (Coated grains): Término general para granos con revestimiento de carbonato cálcico. Incluye oolitos, pisolitos y granos con revestimiento algal.
Growth: crecimiento
Histéresis: Retraso en la evolución de un fenómeno en relación a otro del que depende; falta de coordinación entre dos fenómenos corrreltativos.
H. Eléctrica: fenómeno en virtud del cual la polarización de un dieléctrico no depende solo de la intensidad actual del campo eléctrico sino también de los valores precedentes.
H. Magnética: fenómeno por el cual un material ferromagnético presenta una imantación que depende no solamente del campo magnético que lo produce sino también de los estados anteriores de imantación.
Intersticios: Utilizado en el texto para áreas que estaban vacías en los sedimentos iniciales, aunque ahora aparezcan rellenos.
Intraclasto: Fragmento de sedimento carbonatado de formación sincrónica al sedimento que lo contiene.
Lepisferos: microesférulas (5-10 µ). Por ejemplo el ópalo CT, que consiste en una intercalación de cristobalita y tridimita (variedades cristalinas del SiO^2) –reemplaza a los esqueletos de radiolarios y diatomeas (sus esqueletos son de otra variedad silícea de ópalo; el opalo A u opalo biogénico) y es precipitado como cristales en forma de láminas que revisten cavidades formando estas microesférulas.
Matriz: En el texto, minerales de arcilla o micas de origen detrítico que engloba clastos en rocas sedimentarias detríticas.
Metasomatismo: Proceso por el cual un mineral es reemplazado por otro de diferente composición química en un proceso metamórfico.
Micrita: Caliza microcristalina.
Microesparita: Caliza de cristales microscópios producida por recristalización de micrita.
Microestructura/Microkarst: Características exo-endocársticas de dimensión mínima superior al de la textura.
Mudstone: Roca carbonatada compuesta de barro carbonatado con menos de un 10% de aloquímicos.
Oncolito: Pisolito con forma esferoidal de estromatolito algal mostrando series de laminaciones concéntricas.
Oolito: Roca compuesta de ooides, con cuerpos esféricos o elipsoidales, con núcleo y estructura radial o concéntrica.
Oomicrita: Caliza compuesta predominantemente de ooides en matriz de micrita.
Oosparita: Caliza compuesta predominantemente de ooides en cemento calcítico (sparry) de grano grueso.
Ooze / Cieno: Se utiliza en el texto con el sentido de barro carbonatado, ya sea el sedimento original blando o su equivalente consolidado.
Ortoquímico: Un constituyente rocoso que es un precipitado químico normal, en contraste con los fósiles, oolitos u otros constituyentes depositados mecánica o biológicamente.
Patrón textural: Conjunto de características que pueden ser utilizadas para caracterizar una roca o conjunto de ellas, con independencia de la composición mineralógica. En rocas sedimentarias, el patrón vendría definido por: el tamaño y la forma de los granos, el "sorting" y la madurez textural.
Pelmicrita: Caliza compuesta fundamentalmente de peloides (o pellets) en matriz de micrita.
Pellet: Grano sin estructura interna y forma en general ovoide, en algunos casos de origen fecal.
Pisolita: Partícula pequeña esférica, con estructura interna laminada concéntrica.
Porosidad aparente: Tipo de porosidad primaria interparticular creada por el efecto de abrigo de partículas sedimentarias relativamente grandes que evitan el relleno del espacio intersticial por parte de partículas clásticas más finas.
Porosidad cavernosa: Sistema de poros caracterizado por una amplia apertura de cavernas.
Porosidad primaria: Porosidad presentada en la roca o en el sedimento durante su deposición final.
Porosidad secundaria: Cualquier porosidad creada en un sedimento después de su deposición final.
Pseudoesparita: Fábrica de calcita neomórfica (recristalización) con tamaño medio de cristal mayor de 30 micras.
Punto eutéctico: La más baja temperatura a cualquier presión dada a la cual los constituyentes de dos o más minerales pueden existir juntos en estado líquido de solución mutua y a la que los dos o más minerales pueden cristalizar simultáneamente en una proporción respecto al peso constante para cada uno.
Roca de granos o Grainstone: Roca carbonatada compuesta de granos sin cemento calcáreo en los intersticios.
Skeletal grains: Componentes carbonatados que provienen de materiales duros creados por organismos.
Sorting: Medida de dispersión de la frecuencia de distribución de los tamaños de los granos en un sedimento o roca.
Terrígenos: Proveniente de un área de suelo y transportado mecánicamente a la cuenca de deposición.
Terrones: En sedimentos modernos, agregados irregulares compuestos de cristales de carbonato o arena que se han cementado juntos. En rocas antiguas aparecen similares a granos compuestos de barro carbonatado.
Textura: Conjunto de relaciones intergranulares de tamaño y forma de los cristales o clastos que forman una roca determinada.
Wackestones: Roca carbonatada, con textura de soporte de fango micrítico, que contiene más de un 10% de granos detríticos. Se incluye en el grupo de las rocas aloquímicas de la clasificación de Folk. Término de la clasificación de las rocas carbonatadas de Dunham.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, A.E.; MACKENZIE, W.S y GUILFORD, C. (1987): *Atlas of sedimentary rocks under the microscope.* Longman Scientific & Technical Ed., 104 p.

AGUILAR, M. y BLANCA, V. (1995): *Iluminación y color.* Serie de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 95830.

ALIX, Ph.; AVERBOUH, A.; BINTER, L.; BODU, P.; BOGUSZEWSKI, A.; COCHUN, C.; DELOZE, V.; GOUGE, P.; KRIER, V.; LEROYER, Ch.; MORDANT, D.; PHILIPPE, M.; RODRIGUEZ, P. y VALENTIN, B. (1993): "Nouvelles recherches sur le peuplement magdalénien de l'interfluve Seine - Yonne: Le Grand Canton et le Tureau des Gardes à Marolles-sur-Seine (Seine-et-Marne)". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 90 (3), Paris, pp.196-218.

ALLUÉ, E.; CARBONELL, E.; CERVERA, M.; BERMÚDEZ DE CASTRO, J.Mª.; BOJ, I.; ESTEBAN, M.; ESTIRADO, R.Mª.; FERNÁNDEZ, Y.; GABARRÓ, J.Mª.; HORTOLÀ, P.; LORENZO, C.; MIRÓ, J.Mª.; OLLÉ, J.Mª.; PASTÓ, I.; PERALES, C.; PRATS, J.Mª.; RODRÍGUEZ, X.P.; ROSELL, J.; SALA, R.; VALLVERDÚ, J.; VAQUERO, M. y VERGÉS, J.Mª. (1992): *Picamoixons. Un assentament estratègic dels darrers caçadors recol·lectors*. Museu d'Història de Tarragona, LAUT, Tarragona, 44 p.

ANDRIEUX, Ph. (1986): "Étude thermique de fours de type néolithique à cuisson enfumée et production de céramiques noires". En *Archéologie Expérimentale, Cahier nº 2*, Archéodrome, Aire de Beaume - Tailly, France.

ANDRIEUX, Ph. (1991a): "Les problémes et la problematique dans l'expérimentation et l'étude du comportement de bas fournaux métallurgiques: l'exemple du fer". En *Archéologie Aujourd'hui. Actes du colloque International "Experimentation en Archéologie: bilan et perspectives"*. Archéodrome de Beaume, Vol. 1: "Le feu: metal et ceramique", Ed. Errance, pp. 109-118.

ANDRIEUX, Ph. (1991b): "La reconstitution des comportements techniques et thermiques des foyers pour la technologie du bronze". En *Archéologie Aujourd'hui. Actes du colloque International "Experimentation en Archéologie: bilan et perspectives"*. Archéodrome de Beaume, Vol. 1: "Le feu: metal et ceramique", Ed. Errance, pp. 118-123.

ANDRIEUX, Ph. (1991c): "La métallurgique des origines: utilisation de la sensualité comme outil de maîtrise technique. *Techniques et culture*, 17-18, pp. 175-193.

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

ARTUS, P. (1991): "Expérimentation dans le cadre de l'archéodrome de Beaume de la construction et de l'exploitation d'un four antique d'époque gallo-romaine". En *Archéologie Aujourd'hui. Actes du colloque International "Expérimentation en Archéologie: bilan et perspectives"*. Archéodrome de Beaume, Vol. 1: "Le feu: metal et ceramique". Ed. Errance, pp. 227-232.

ASCHER, R. (1961): "Experimental Archaeology". *American Anthropologist*, 63, pp. 793-816.

AUDOUZE, F. (1981): "Le site Magdalénien du Buisson Campin à Verberie (Oise)". *Gallia Préhistoire*, Paris, pp. 99-143.

BAFFIER, D.; DAVID, F.; GAUCHER, G.; JULIEN, M.; KARLIN, C.; LEROI-GOURHAN, A. y ORLIAC, M. (1982): "Les occupations magdaléniens de Pincevent: problèmes de durée". En *Actes du Colloque International "Les habitats du Paléolithique Supérieur". Hommenage au Professeur André Leroi-Gourhan.* Roanne - Villerest, pp. 243-271.

BARBETTI, M.; TABORIN, Y.; SCHMIDER, B. y FLUDE, K. (1980): "Archeomagnetic results from late pleitocene hearts at Etiolles et Marsagny. France". *Archeometry*, 22, pp. 25-46.

BARBETTI, M.; WINTLE, A. y FLUDE, K. (1978): "Preliminary archeomagnetic and thermoluminscense measurements in the

search for ancient fireplaces in the Koobi Fora formation, northern Kenya". En *The Karahary Industry: Its place in East African Prehistory*. (J.W.K. Harris PH. D. Philosophical Thesis), University of California, Berkeley, pp. 566-583.

BATEMAN, A.M. (1974): *Yacimientos minerales de rendimiento económico*. Omega, Barcelona.

BATES, T.F. (1959): *Selected electron micrographs of clays and other fine grained minerals.* College of Mineral industries, University of Pensylvania, Circular number 51, 61 p.

BAZILE, F.; BAZILE-ROBERT, E. y GUILLERAULT, Ph. (1982): "Recherches sur l'espace habité au Paléolithique Supérieur en Languedoc Oriental". En *Actes du Colloque International "Les habitats du Paléolithique Supérieur". Hommenage au Professeur André Leroi-Gourhan.* Roanne - Villerest, pp. 106-110.

BAZILE, F. y GUILLERAULT, Ph. (1987): "Apports de la microscopie à balayage à l'étude des sols d'habitats paléolithiques". *Helinium*, XXVII, pp.19-32.

BAZILE, F. y MONNET, C. (1983): "Le gisement magdalénien de Font Grasse (Vers Pont-du-Gard). Note préliminaire". *Études Quaternaires Languedociennes*, 3, pp. 33-41.

BAZILE, F.; GUILLERAULT, Ph. y MONNET, C. (1989): "L'habitat paléolithique supérieur de plein air de Fontgrasse (Vers Pont-du-Gard, Gard). Travaux 1983 - 1987". *Gallia Préhistoire*, 31, Paris, pp. 65-92.

BAZILE, F.; GUILLERAULT, Ph.; MONNET, C. y ONORATINI, G. (1989): "Nouvelles approches des foyers paléolithiques: l'exemple de Fontgrasse (Gard)". En *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque International de Nemours, 1987*. Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ille de France, nº 2, pp. 11-17.

BAZILE-ROBERT, E. (1982): "Données expérimentales pour l'anthracoanalyse". *Éudes Quaternaires Languedociennes*, 2, pp. 19-27.

BEECHING, A. y MOULIN, B. (1981): "Les structures de combustion des niveaux supérieurs de la Baume de Ronze (Ardèche). Première approche". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 78, Paris, pp. 411-431.

BERNARD, M.E. *et alii* (1961): *Essai de nomenclature des roches sédimentaires*. Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel, 95 p.

BINFORD, L. (1967): "Smudge pits and hide smoking: the use of analogy in archaeology reasoning". *American Antiquity*, 32 (1), pp. 1-12

BINFORD, L. (1983): *In pursuit of de past. Decoding the archaeological record.* Thames and Hudson, London.

BINFORD, L. (1984): "An alywara day: The stone quarry". *Journal of antrhopological research*, 40, pp. 406-432.

BLATT, H. (1982): *Sedimentary Petrology*. W.H. Freeman & Co., San Francisco.

BORDES, F. (1969): "Traitement thermique du silex au Solutréen". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 66, Paris, pp. 97.

BORISKOVSKI, J. (1965): "A propos des récents progrés des études paléolithiques en URSS". *L'Anthropologie*, 69 (1), Paris, pp. 5-30.

BORRADAILE, G.J.; KISSIN, S.A.; STEWART, J.D.; ROSS, W.A.; WERNER, T.; (1993): "Magnetic and Optical methods for detecting the heat treatment of chert". *Journal of Archaeological Science*, 20, London, pp. 57-66.

BRIDAULT, A. (1999): "La faune du site du Grand Canton (Marolles sur Seine): analyse archéozoologique de la série du secteur 2". En M. Julien y J.L. Rieu (dir.): *Occupations du paléolithique supérieur dans le sud-est du Bassin parisien*. Documents d'Archéologie Française, 78. Série Archéologique préventive - Autoroutes A5/A160.

BUISSON, D. (1991): "Le Périgordien du Blot (Cerzat, Haute-Loire): note préliminaire". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 88 (4), Paris, pp. 104-108.

CAILLERE, S. y HENIN, S. (1963): *Minéralogie des argiles*. Masson, Paris, 355 p.

CAMPOS, J.; HITA, E.; ROMERO, J.; MELGOSA, M.; ARTIGAS, J.M.; CAPILLA, P.; FELIPE, A.; VERDÚ, F.M.; PUJOL, J.; NEGUERUELA, Y. y JIMÉNEZ DEL BARCO, L. (1997): "Avances y tendencias recientes en Colorimetría". *Óptica Pura y Aplicada*, 30, pp. 1-31.

CARBONELL, E. *et alii* (1983): "Aproximació crítica a l'estudi dels espais prehistòrics". *Revista Agrària*. Departament d'Història Moderna, Universitat de Barcelona, pp. 87-99.

CARBONELL, E. (1990): "Morfogènesi i codis informatius a la prehistòria". En *Poblacions, societats i entorn.* Club de Barcelona (Barcanova), Barcelona, pp. 284-297.

CAROZZI, A.V. (1992): *Sedimentary petrography*. PTR Prentice Hall, New Yersey, 257 p.

CAYEUX, L. (1935): *Les roches sédimentaires de France, roches carbonatées*. Masson et Cie, Paris.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y MUSEO DE ALTAMIRA (1983). *Estudios físico-químicos sobre la cueva de Altamira*. Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes, Monografías nº 9.

CLARK, J.D. y HARRIS, J.W.K. (1985): "Fire and its roles in early hominids lifeways". *African Archaeology review*, 3, pp. 3-27.

CLIQUET, D. (1989): "Approche d'un étude comparative des matières organiques de foyers préhistoriques et de foyers expérimentaux. L'exemple du gisement moustérien de Saint-Germain-des-Vaux (Manche)". En *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque International de Nemours, 1987*. Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ille de France, nº 2, Ed. APRAIF, pp. 29-36.

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

COLLINA-GIRARD, J. (1989): "Préhistoire expérimentale: La production du feu par friction". *Bulletin Société Anthropologie S.O.*, XXIV (2), pp. 97-106.

COLLINA-GIRARD, J. (1993): "Feu par percussion, feu par friction: Les donnés de l'expérimentation". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 90 (2), Paris, pp. 159-173.

COSTAMAGNOS, S.; GRIGGO, C. y MOURRE, V. (1999): "Approche expérimentale d'un problème taphonomique: utilisation de combustible osseux au Paléolithique". *Préhistoire européenne*, 13, Liège, pp. 187-194.

COUDRET, P. y LARRIERE, M. (1986): "L'apport de la thermoluminiscence dans l'étude d'un foyer préhistorique: exemple de la structure de combustion A17 du gisement magdalenien d'Etiolles (Essonne, France)". *Revue d'Archéométrie*, 10, pp. 19-24.

COUDRET, P.; LARRIERE, M. y VALENTIN, B. (1989): "Comparer des foyers: une entreprise dificile". En *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque International de Nemours, 1987*. Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ille de France, nº 2, Ed. APRAIF, pp. 37-45.

COURTY, M.A. (1983): "Interprétation des aires de combustion par la micromorphologie". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 80, Paris, pp.169-171.

COURTY, M.A. (1984): "Formation et évolution des accumulations cendreuses. Approche micromorphologique". En *Actes du colloque interegional sur le Néolithique "Influences méridionales dans l'Est et le Centre-Est de la France au Néolithique: Le role du massif central". Le Puy, 1981*. Clermont Ferrand, pp.341-353.

CRABTREE, D.B. y BUTLER, B.R. (1964): "Notes on experiment in flint knapping, 1: Heat treatment of silica materials". *Tebiwa*, 7, pp. 1-6.

CRAIG, J.R. y VAUGHAN, D.J. (1981): *Ore Microscopy and ore petrography*. A Wiley - Interscience Publication.

CHALMERS, A. (1987): *Qu'est-ce que la science?* Ed. La Découverte, Paris.

CHALMERS, A. (1991): *La fabrication de la science.* Ed. La Découverte, Paris, 165 p.

DAVID, B. (1990): "How was this bone burnt?". En S. Solomon, I. Davidson y B. Watson (ed.): *Problem solving in taphonomy, vol. 2. Tempus*, pp. 65-79.

DOMANSKI, M. y WEBB J.A. (1992): "Effect of heat treatment on siliceous rocs used in prehistoric lithic technology". *Journal of Archaeological Science*, 19, London, pp. 601-614.

ELVIRA, M. y HERNANDO, C. (1989): *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid.

FERNÁNDEZ, Y. y PERALES, C. (1990): Análisis macroscópico de huesos quemados experimentalmente. En *Reunión de Tafonomía y Fosilización*. Madrid, pp. 105-114.

FERRERI, J.C. y MARCH, R. (1996): "Using numerical models to analyze archaeological simple fire structures". En *The colloquia of the XII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences.* Section 5, Colloquium IX, Forlì, pp. 57-63.

FLETCHER, D. (1957): *La Cova Negra de Játiva*. Nota informativa con motivo del V congreso internacional del INQUA. Valencia, 13 p.

FOLK, R.L. (1959): "Practical petrographic classification of limestone". *Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull*., 43 (1).

FULLOLA, J.M. y BERGADÈ, M. (1990): "Estudi d'una estructura de combustió i revisió dels nivells paleolítics de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, La Noguera, Lleida)". *Archivo de Prehistoria Levantina*, XX, Valencia, pp. 109-132.

FUMANAL, M.P. y VILLAVERDE, V. (1988): "Cova Negra et le milieu du Paléolithique moyen dans la region du Pays Valencien (Espagne)". En M. Otte (ed.): *L'homme de Néandertal, 2: L'envinronnement.* ERAUL, Liège, pp. 73-85.

GABORIEAU, Ch. y HAMEAU, Ph. (1978): "Un foyer de chasseurs aux Escortines". *Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques*, 6, Paris, pp. 23-40.

GASCO, J. (1985): *Les installations du quotidien: Structures domestiques en Languedoc du Mésolithique à l'âge du Bronze d'après l'étude des abris de Fontjuvenal et du Roc-de-Dourgne dans l'Aude*. Ed. de la Maison des Sciences de l'Homme, Documents d'Archéologie Française, nº 1, Paris.

GAUCHER, G. y JULIEN, M. (1980): "Pincevent: reconstitution des tentes de chasseurs de rennes". *Dossiers de l'Archéologie*, 46, Paris, pp. 46-51.

GILCHRIST, R. y MYTUC, C. (1986): "Experimental archaeology and burnt animal bone from archaeological sites". *Circaea*, 4 (1), pp. 29-38.

GRABAU, A.V. (1913): *Principles of stratigraphy*. A. G. Seiler & Co., New York.

GRIFFITHS, D.R.; BERGMAN, C.A.; CLAYTON, C.J.; OHNUMA, K.; ROBINS, G.V. y SEELEY, N.J.; (1983): "Experimental investigation of the heat treatment of flint". En Sieveking y Newcomer (ed.): *The human uses of flint and chert*. Cambridge University Press, pp. 43-52.

GUILLEM, P.M. (1996): *Estudio de la microfauna de los yacimientos del Pleistoceno medio y superior y el Holoceno antiguo en la región central del Mediterráneo español.* Tesis Doctoral, Universitat de València. Inédita.

GUILLERAULT, Ph. (1983): "Les perturbations anthropiques des sols d'habitats préhistoriques: Prémiers résultats". *Études Quaternaires Languedociennes*, 3, pp.11-18.

GUILLERAULT, Ph. y BAZILE, F. (1986-87): "La détermination des phosphates dans les sols archéologiques: une nouvelle approche par le biais de l'électrochimie". *Études Quaternaires Languedociennes*, 5, pp. 7-12.

HILMAN, G. *et alii*. (1983): "Determination of thermal Histories of Archaeological Grains with Electron Spin Resonance Spectroscopy". *Science*, 222, pp. 1235-1236.

HORAI, K. y BALDRIDGE, S. (1972): "Thermal conductivity of nineteen igneous rocks: II estimation of the thermal conductivity of rock from de mineral and chemical compositions". *Phys. Eart Planet. Interiors*, 5, Amsterdam, pp. 157-166.

HOUGH, W. (1926): *Fire as an agent in human culture*. Smithsonian Institution, United States National Museum, Bull. nº 139, Washington, 270 p.

ITURBE, G. y CORTELL, E. (1992): "El Auriñaciense evolucionado del País Valenciano: Cova Beneito, Ratlla del Bubo". En *Aragón/Litoral Mediterráneo. Intercambios culturales durante la Prehistoria*, Zaragoza, pp. 129-138.

JOHNSON, M. (2000): *Teoría arqueológica. Una introducción.* Ed. Ariel (Ariel Historia), Barcelona, 284 p.

JOLY D. y MARCH R.J. (2003): "Étude des ossements brûlés : nouvelles méthodes pour la détermination des températures" En M.C. Frère-Sautot (dir.): *Actes du colloque "Le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux"*. Éditions Monique Mergoil (Collection Préhistoriques, nº 9).

JORDÁ, F. (1953): "Nuevos hallazgos en Cova Negra (Játiva)". *Archivo de Prehistoria Levantina*, IV, Valencia, pp. 7-13.

JULIEN, M. (1973): “Rémontages et mésures d’utilisation des foyers”. En *Séminaire sur les structures d’habitat: Témoins de combustion*. Etnologie préhistorique, College de France, CNRS nº 52, pp. 29-31.

JULIEN, M. (1984): “L’usage du feu à Pincevent”. En Berke, Hahn y Kind (ed.): *Structures d’habitat du Paléolithique supérieur en Europe*. Institute fur Urgeschichte, Tübingen, pp. 161-168.

JULIEN, M. (1985): “Un mode de cuisson avec des pierres chauffées, “La Pachamanca” et son parallèle préhistorique á Telarmachay (Andes centrales du Pérou)”. *Bulletin de la Société d’Études et de Recherches Préhistoriques Les Eyzies.* Travaux de 1984, nº 34, pp. 45-52.

JULIEN, M.; KARLIN, C. y BODU, P. (1987): “Pincevent: Où en est le modèle théorique aujourd’hui?”. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 84 (10-12), Paris, pp. 335-342.

JULIEN, M.; AUDOUZE, F.; BAFFIER, D.; BODU, P.; COUDRET, P.; DAVID, F.; GAUCHER, G.; KARLIN, C.; LARRIÈRE, M.; MASSON, P.; OLIVE, M.; ORLIAC, M.; PIGEOT, N.; RIEU, J.L.; SCHMIDER, B. y TABORIN, Y. (1988): “Organisation de l’espace et fonction des habitats magdaléniens du Bassin Parisien”. En M. Otte (dir.): *De la Loire a l’Oder. Les civilisations du Paléolithique final dans les Nord-Ouest européen*. ERAUL 25 - BAR Internat. Series, 444, I, Liège, pp. 85-123.

JULIEN, M.; KARLIN, C. y VALENTIN, B. (1992): “Déchets de silex, déchets de pierres chauffées de l’intéret des remontages à Pincevent (France)”. En J.L. Hofman y J.G. Enloe (ed): *Piecing Together the past: Applications of Refitting Studies in Archaeology*. BAR International Series 578, pp. 287-295.

JULIEN, M. y RIEU, J.L. (dir.) (1999): *Ocupations du Paléolithique supérieur dans le sud-est du Bassin Parisien*. Documents d’Archéologie Française 78. Série archéologie préventive - Autoroutes A5/A160. Éditions de la Maison de Sciences de l’Homme, Paris.

KELTERBORN, P. (1990): “Preconditions and strategies for experimental archaeology”. En *Le silex de sa genèse a l’outil. Actes du Ve colloque internationl sur le silex*. Cahiers du Quaternaire, 17, Paris, pp. 599-602.

KRAUS, E.H.; HUNT, W.F. y RAMSDELL, L.S. (1965): *Mineralogía: una introducción al estudio de minerales y cristales*. Ediciones del Castillo, Madrid.

KRYNINE, P.D. (1948): “The megascopic study and field classification of sedimentary rocks”. *Journal Geology*, 56 (2), pp. 130-165.

LABORATORIO DE ARQUEOLOGIA UNIVERSITAT DE TARRAGONA (LAUT) (1992): “Abric Romaní, Nivell H: Un model d’estratègia ocupacional al plistocè superior mediterrani”. *Estrat*, 5, pp 157-308.

LALOY, J. (1981): “Recherche d’un methode pour l’exploitation des témoins de combustion préhistoriques”. *Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques*, 7, Paris.

LALOY, J. y MASSARD, P. (1984): “Nouvelle méthode thermique d’etude des foyers préhistoriques”. *Revue d’Archéometrie*, 8, pp. 33-40.

LEBENSKY DE KANTER F. *et alii* (1993): “Môsbauer study of sediment alteration produced by heat treatment”. *Hyperfine Interactions*, pp. 1-5.

LEIGHTON, M.W. y PENDEXTER, C. (1961): “Carbonate Rocks types”. En *Symposium of the American of Petroleim Geologist.* Denver.

LEROI-GOURHAN, A. (1973): “Structures de combustion et structures d’excavation”. En *Séminaire sur les structures d’habitat: Témoins de combustion. Étnologie préhistorique.* College de France, CNRS 52, pp. 3-4.

LEROI-GOURHAN, A. y BRÉZILLON, M. (1972): “L’habitation magdalenienne nº 1 de Pincevent près Montereau (Seine-et-Marne)”. *Gallia Préhistoire*, 9, Paris, pp. 263-385.

LEROI-GOURHAN, A. y BRÉZILLON, M. (1983): *Fouilles de Pincevent: essai d’analyse ethnographique d’un habitat magdalénien: la section 36*. Gallia Préhistoire, VII supplément. C.N.R.S., Paris, Vol. I, 345 p.

LUCQUIN, A. y MARCH R.J. (2003): “Les méthodes de cuisson pré et proto historiques: le cas du bouilli”. En M.C. Frère-Sautot (dir.): *Actes du colloque “Le feu doméstique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux”*. Éditions Monique Mergoil (Collection Préhistoriques nº 9).

LOZANO, J.M.; SIMÓ, R.; GRIMALT, J.O.; ESTÉVEZ, J. (1995): “Indicadores químicos de combustión en un hogar del Paleolítico Medio del yacimiento de Mediona I (Alt Penedès, Barcelona)”. *Trabajos de Prehistoria*, 52 (2), Madrid, pp. 145-155.

MANOS, I. y BOUTIÉ, P. (1996): “Bâtons percés, une interprétation supplémentaire”. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 9, Paris, pp. 208-210.

MARCH, R.J. (1992): “L’utilisation du bois dans les foyers préhistoriques: une approche experiméntale”. En J.L.Vernet (ed.): *Actes du colloque internationale “Les charbons de bois, les anciens ecosysthèmes et le rôle de l’homme”*. Organisé par la Société Botanique de France - Actualités Botaniques, Association Premières Communautés Paysannes en Méditerranée Occidentale, pp. 245-253.

MARCH, R. (1995): *Méthodes physiques et chimiques appliquées à l’étude des structures de combustion préhistoriques: L’approche par la chimie organique*. Tesis doctoral, Université de Paris I. Inédita.

MARCH, R. (1995): “Un détour vers l’histoire: L’étude des structures de combustion en archéologie”. *Annales de la Fondation Fyssen*, 10, pp. 53-68.

MARCH, R. (1996): “L’étude des structures de combustion préhistoriques: une approche interdisciplinaire”. En *The colloquia of the XII International Congress of Prehistoric and protohistoric Sciences.* Section 5, Colloquium IX. Forlì, pp. 251-275.

MARCH, R. (2001): “Le contrôle et l’emploi du Feu, un regard théorico-interprétatif”. En M. Piperno (dir.): *Enciclopedia Universale Giovanni Treccani*: *Prehistoria Universale*, 38 p.

MARCH, R.J.; BALDESSARI, A. y GROSS, E.-G. (1989): “Determinación de compuestos orgánicos en estructuras de combustión arqueológicas”. En APRAIF (ed.): *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque International de Nemours, 1987*. Mémoires du Musée de Préhistoire d’Ille de France, nº 2, pp. 47-58.

MARCH, R.J. y FERRERI, J.C. (1989): “Sobre el estudio de estructuras de combustión arqueológicas mediante replica-

ciones y modelos numéricos". En APRAIF (ed.): *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque International de Nemours, 1987*. Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ille de France, nº 2., pp. 59-68.

MARCH, R.J. y FERRERI, J.C. (1990): "Aplicación de modelos numéricos para la inferencia del tiempo de quemado en estructuras de combustión arqueológicas: influencia de parámetros". En *Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología Chilena*. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago de Chile, pp. 157-168

MARCH, R.J.; FERRERI, J.C. y GUEZ, C. (1991): "Étude des foyers préhistoriques des gisements magdaléniens du Bassin Parisien: l'approche experiméntale". En *Actes des Journées d'Archéologie d'Ile de France*. Mémoires du Groupement Archéologique de Seine et Marne, 1, pp. 87-95.

MARCH, R.J.; FERRERI, J.C. y GUEZ, C. (1993): "Étude des foyers préhistoriques du Bassin parisien: l'approche expérimentale". En *Actes des Journées archéologiques d'Ile de France. "Paléoenvironnement et actualités", Meaux, 16 et 17 mars 1991*. Mémoires du Groupement Archéologique de Seine et Marne, 1, pp. 87-97.

MARCH, R.J. *et alii* (1996): "Analyse approfondie de la structure de combustion 27 C-137 et sa structure annexe". En G. Gaucher (dir.): *Fouilles de Pincevent II. Le site et ses occupations recentes. L'environnement tardi et post-glaciaire et les témoins postérieurs au Magdalénien.* Mémoires de la SPF, 23, Paris, pp. 197-204.

MARCH R.J. y MONNIER, J.L. (1999): "Les plus anciennes traces du feu". En *Les origines de l'humanité.* Pour La Science Dossier Hors série, Janvier, 89 p.

MARCH, R. y SOLER MAYOR, B. (1999): "Étude de cas: analyse fonctionelle de la structure Nº1". En M. Julien et J.L. Rieu (dir.): *Ocupations du paleolithique supérieur dans le sud-est du Bassin parisien*. Documents d'Archéologie Française, 78, Série Archéologique préventive - Autoroutes A5/A160, pp. 102-129.

MARCH R.J.; SOLER MAYOR, B. y 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". En M.C. Frère-Sautot (dir.): *Actes du colloque "Le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux"*. Éditions Monique Mergoil (Collection Préhistoriques, nº 9).

MARCH, R. y SOLER MAYOR, B. (e.p.): "Méthodes d'analyse des roches employées pour l'élaboration des foyers préhistoriques". En *Colloque européen "La pierre en archéologie. Carrières, origine des matériaux, extraction, méthodes d'analyses, matériel lithique"*. Perpignan, Mai 1998.

MARCH, R.J. y WÜNSCH, G. (2003): "Loupes et lentilles obscures: à propos de la fonction des structures de combustion". En M.C. Frère-Sautot (dir.): *Actes du colloque "Le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux"*. Éditions Monique Mergoil (Collection Préhistoriques, nº 9).

MARTÍNEZ *et alii* (1973). *Mineralogía descriptiva. Tomo I. Elementos y sulfuros, halogenuros, óxidos e hidróxidos, nitratos carbonatos y boratos*. Ed. CESIC, Madrid.

MARTÍNEZ VALLE, R. (1996): *Estudio de la fauna del Pleistoceno medio y superior y el Holoceno antiguo en los yacimientos arqueológicos de la región central del Mediterráneo español.* Tesis Doctoral, Universitat de València. Inédita.

MASSON, A. (1979): "Le comportament thermique du silex: application". En *III Symposium International du Silex*. Staringia, 6, pp. 96-98.

MELOY, B. y PAGÈS, F. (1984): *Des pierres au feu: Étude physicochimique et minéralogique des pierres de foyers préhistoriques*. Mémoire de D.E.A., 2 vol., Université de Paris I.

MERCIER, N. (1991): "Chauffe et thermoluminiscence d'un mineral". En *La Pierre Préhistorique: Actes du séminaire des 13 et 14 decembre 1990.* Laboratoire de Recherche des Musées de France, pp. 109-113.

MILLOT, G. (1964): *Geologíe des argiles: altérations, sédimentologie, géochimie*. Ed. Masson, Paris, 494 p.

O'KELLY, M.J. (1954): "Excavation and experiments in ancient Irish Cooking places". *Journal of The Royal Society of Antiquities of Ireland*, 84, pp. 105.

OAKLEY, K. (1955): "Fire as Palaeolithic tool and weapon". *Proceedings of the Prehistoric Society*, 4, London, pp. 36-48.

OAKLEY, K. (1955): "The earliest use of Fire". En *Proceedings of the Third Panafrican Congress of Prehistory*, Nairobi, pp. 385-386.

OAKLEY, K. (1956): "The earliest firemakers". *Antiquity*, 30, pp. 102-107.

OAKLEY, K. (1958): "L'utilistion du feu par l'homme". En *Les processus d'hominisation*. Ed. du C.N.R.S., Paris, pp. 135-145.

OAKLEY, K. (1961): "On man use of fire, with comments on toolmaking and hunting". En W. Serwood (ed.): *Social life of early man*. Chicago, pp. 176-196.

OAKLEY, K. (1964): "The evidence of fire at Swascombe". En C.D. Ovey (ed.): *The Swascombe skull: a survey of research on a Plesitocene site.* Royal Anthropological Institut Occasional Paper nº 20, pp. 63-66.

OLIVE, M. (1988): *Une habitation magdalénien d'Etiolles: l'unité P15.* Mémoire de la Société Préhistorique Française, 20, 175 p.

OLIVE, M. (1997): "Foyer doméstique ou foyer anexe. Les modes d'occupation de l'espace des Magdaléniens d'Étiolles". *Gallia Préhistoire*, 39, Paris, pp. 85-107.

OLIVE, M. y PIGEOT, N. (1982): "Méthodes d'analyse de deux foyers pierreux d'Etiolles, U5 et P15". En *Actes du Colloque International "Les habitats du Paléolithique Supérieur". Hommenage au Professeur André Leroi-Gourhan*. Roanne - Villerest, pp. 99-100.

ONORATINI, G. (1985): "Diversité minerale et origine des matériaux colorants utilisés des le Paléolithique supérieur en Provence". *Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille*, XLV, pp. 7-114.

PASTÓ, I.; ALLUÉ, E. y VALLVERDÚ, J. (2000): "Mousterian Hearths at Abric Romaní, Catalonia (Spain)". En Stringer, Barton y Finlayson (ed.): *Neanderthals on the edge. Papers from a conference marking the 150th anniversary of the Forbes' Quarry discovery, Gibraltar*. Oxbow Books.

PAWLIKOWSKI, M. (1990): "On the necessity of standardization of petrological investigations in archaeology". En *Le silex de*

sa genèse à l'outil. Actes du Ve Coll. International sur le Silex. Cahiers du Quaternaire, 17, pp. 187-191.

PÉREZ RIPOLL, M. (1977): *Los mamíferos del yacimiento musteriense de Cova Negra (Játiva, Valencia).* Diputación Provincial de Valencia (Trabajos Varios del SIP, 53), Valencia, 147 p.

PERINET, G. (1964): "Détermination par diffraction X de la témperature de cuisson d'un ossement calciné. Application au matériel préhistorique". En *C.R. Acad. Sc. Paris*, 258, pp. 4115-4116.

PERLÈS, C. (1975): "L'homme préhistorique et le feu". *La Recherche*, 60, 6, pp. 829-840.

PERLÈS, C. (1976): "Le Feu". En H. de Lumley (dir.): *La Préhistoire Française. I: Les civilisation paléolithiques et mésolithiques de la France*. Ed. CNRS, Paris, pp. 679-684.

PERLÈS, C. (1977): *Préhistoire du Feu*. Ed. Masson, Paris.

PERLÈS, C. (1987): "La naissance du feu". *L'Histoire*, 105, Paris, pp. 28-33.

PETTIJOHN, F.J. (1970): *Rocas sedimentarias*. Editorial Eudeba, Buenos Aires.

PHILLIPS, P.; VAQUER, J. y COULAROU, J. (1987): "Contribution à l'étude des cuvettes de combustion à remplissage de pierres chauffées". En *Premières Communautés Paysannes en Méditerranée occidentale. Colloque International du CNRS, Montpellier, 1983*, pp. 719-726.

PURDY, B. (1982): "Pyrotechnology: Prehistoric application to chert materials in North America". En Th. Wertime y S.F. Wertime (ed.): *Seminar on Early Pyrotechnology: The evolution of the first fire-using industries*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 31-44.

RENFREW, C. y BAHN, P. (1993): *Arqueología: Teoría, Métodos y Práctica*. Ed. Akal, Madrid.

REYNA, S. (dir.) (1988): *Los incendios forestales en la Comunidad Valenciana*. Ed. Conselleria d'Agricultura i Pesca, Generalitat Valenciana, Valencia.

REYNOLS (1988): *Arqueologia experimental.* Ed. Barcelona.

RIEU, J.L. (1986): "Le foyer de l'unité d'habitation W11 d'Etiolles". *Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques de l'Université de Paris I*, 10, pp. 7-32.

RINCON, J.M. (1990): "Analytic electron microscopy as quality control for tiles". *TBI*, 6 (4), pp. 217-219.

ROUBAULT, M. (1963): *Détermination des minéraux des roches au microscope polarizant.* Ed. Lemnarre - Poinat, Paris, 365 p.

RYDER, M.L. (1966): "Can one cooking in a sking". *Antiquitiy*, XL, pp. 225-227.

RYDER, M.L. (1969): "Paunch cooking". *Antiquity*, XLIII (171), pp. 218-220.

SEITZER, D. (1983): "Experiments to investigate the effects of heat treatment on user-wear on flint tools". *Proceedings of the Prehistoric Society*, 49, pp. 1-13.

SEMENOV, A. (1981): *Tecnología prehistórica*. Ed. Akal, Barcelona.

SOLER MAYOR, B. (1993): *Informe de la 1ª campaña experimental en el yacimiento de Cova Beneito (Muro d'Alcoi, Alacant).* Diciembre 1993. Inédito.

SOLER MAYOR, B. (1994): *Informe de la 1ª campaña experimental sobre estructuras de combustión del yacimiento de "Guinea" (El Hierro, Islas Canarias)*. Julio y septiembre 1994. Inédito.

SOLER MAYOR, B. (1995): *Informe de la campaña experimental en el yacimiento de "Guinea" (El Hierro, Islas Canarias). 2ª parte.* Abril 1995. Inédito.

SOLER MAYOR, B. (1996): *Propuesta de normalización en el reconocimiento y diagnosis de las termoalteraciones de rocas carbonatadas en contexto arqueológico*. Tesis Doctoral, Universitat de València. Núm. de sèrie: 031-3. Col·lecció Tesis Doctorals en microfitxes.

SOLER MAYOR, B. (1998): "La interpretación de los restos de combustión". En *A la llum de la llar*. Museu de Prehistòria, Diputació de València (Col·lecció Perfils del Passat, 3), pp. 10-13.

SOLER MAYOR, B. (2001): "Aplicación arqueológica del método experimental al estudio de las estructuras de combustión". En V. Villaverde (ed.): *De neandertales a cromañones. El inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas*. Universitat de València. pp. 241-244.

SOLER MAYOR, B. (2001): "Estructuras de combustión: experimentar para comprender". En V. Villaverde (ed.): *De neandertales a cromañones. El inicio del poblamiento humano en las tierras valencianas.* Universitat de València, pp. 245-248.

SOLER MAYOR (2003): "L'expérimentation et le chauffage des roches". En M.C. Frère-Sautot (dir.): *Le feu doméstique et ses structures au Neolithique et aux Âges des Métaux*. Éditions Monique Mergoil (Collection Préhistoriques , 9), pp. 245-256.

SOLER, B.; BADAL, E.; VILLAVERDE, V. y AURA, J.E. (1990): "Nota sobre un hogar solútreo-gravetiense del Abric de la Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante)". *Archivo de Prehistoria Levantina*, XX, Valencia, pp.79-94.

SONEVILLE BORDES, D. de (1989): "Foyers paléolithiques en Perigord". En *Nature et Fonction des foyers préhistoriques. Actes du colloque International de Nemours, 1987*. Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ille de France, 2, pp. 225-237.

TABORIN, Y. (1973): "La structure de combustion du gisement d'Etiolles (Essonne)". En *Séminaire sur les structures d'habitat: Témoins de combustion*. Etnologie préhistorique. College de France, CNRS, nº 52.

TABORIN, Y. (1982): "Les foyers d'Etiolles comparés a ceux des principaux sites du Bassin Parissien". En *Actes du Colloque International "Les habitats du Paléolithique Supérieur". Hommenage au Professeur André Leroi-Gourhan.* Roanne - Villerest, pp. 103-105.

THIEBAULT, S. (1982): "Étude sur les aires de combustion paléolithiques en France". *Cahiers du Centre de Recherches Préhistoriques*, 8, Paris, pp. 11-32.

THOMS, A. (1986): "Hot Rocks: the short-Term Storage of Energy in the Calispell Valley". En A.V. Thoms y G.C. Burtchard (ed.): *Calispell Valley Archaeological Project: Interim Report for 1984 and 1985 Field seasons*. Contributions in Cultural Resource Management, 10, Center for Northwest Antrhopology, Washington State University, Pullman, pp. 447-477.

TOMKEIEFF, S.I. (1985): *Dictionary of petrology*. A Wiley - Interscience Publication.

TRIGGER, B. (1992): *Historia del pensamiento arqueológico*. Ed. Crítica, Barcelona.

TUCKER, M.E. (2001): *Sedimentary petrology. An introduction to the origin of Sedimentary Petrology Rocks.* Blackwell Science Ltd., Oxford.

TWENHOFEL, W.H. (1950): *Principles of Sedimentation*. 2d. Edition Mc. Graw-Hill Book Co., New York.

VALENTIN, B. (1987): *Nature et Fonction des Foyers de l'habitation nº 1 à Pincevent*. Mémoire de Maîtrise, Université de Paris 1, 2 Vol.

VALENTIN, B. y BODU, P. (1991): "Perspectives de l'expérimentation appliquée à l'étude des foyers paléolithiques: le cas des foyers de l'habitation nº 1 à Pincevent (Seine et Marne)". En *Archéologie Aujourd'hui. Actes du colloque International "Experimentation en Archéologie: bilan et perspectives"*. Archéodrome de Beaume, Vol. 2 "La Pierre". Ed. Errance, Paris, pp. 138-145.

VALLADAS, H. (1979): "La datation des foyers préhistoriques". *La Recherche*, 98, pp. 297-299.

VALLADAS, H. (1981): "Thermoluminiscence de grès de foyers préhistoriques: estimation de leur température de chauffe". *Archéometry*, 23 (2), pp. 221-229.

VALLADAS, H. (1983): "Estimation de la température de chauffe de silex préhistoriques par leur thermoluminiscence". *C.R. Acad. Sc. Paris*, 296, II, pp. 993-996.

VALLADAS, H. (1994): "Chronologie des sites du magdalénien final du Bassin Parisien". En Y. Taborin (dir.): *Environnements et habitats magdaléniens dans le centre du Bassin Parisien*. DAF, pp. 65-68.

VAUFREY, R. (1954): "Un usage actuel des pierres chauffées". *L'Anthropologie*, 54 (5-6), Paris, pp. 546-547.

VILANOVA, J. (1872): *Origen, naturaleza y antiguedad del hombre*. Madrid.

VILANOVA, J. (1893): *Memoria geognóstica-agrícola y protohistórica de Valencia*. Madrid.

VILLAVERDE, V. (1984): *La Cova Negra de Xàtiva y el musteriense de la región central del mediterráneo español*. Servicio de Investigación Prehistórica, Diputación de Valencia (Trabajos Varios del SIP, 79), Valencia, 327 p.

VILLAVERDE, V. y FUMANAL, M.P. (1990): "Relations entre le Paléolithique moyen et le Paléolithique supérieur dans le versant méditerranéen espagnol: Bases chronostratigraphiques et industrielles". En C. Farizy (ed.): *Paléolithique moyen recent et Paléolithique supérieur recent en Europe. Colloque International de Nemours*, Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ille de France, 3, pp. 177-183.

VILLAVERDE, V. y MARTÍNEZ VALLE, R. (1992): "Características culturales y económicas del final del Paleolítico superior en el Mediterráneo español". *Transformaciones culturales y económicas durante el tardiglaciar y el inicio del holoceno en el ámbito Mediterráneo*. UIMP, 13-16 Octubre, Valencia, T. II.

VILLAVERDE, V.; MARTÍNEZ VALLE, R.; GUILLEM, P.M. y FUMANAL, M.P. (1997): "Mobility and the Role of Small Game in the Middle Palaeolithic of the Central Region of the Spanish Mediterranean: a Comparison of Cova Negra with other Palaeolithic Deposits". En E. Carbonell (ed.): *La crisis del 40.000 B.P.*

VIÑES, G.J. (1928): "La Cova-Negra (Játiva)". *Archivo de Prehistoria Levantina*, I, Valencia, pp. 11-14.

WANDSNIDER, L. (1997): "The roasted and the boiled: Food Composition and Heat treatment with special emphasis on Pit.Hearth Cooking". *Journal of Anthropological Archaeology*, 16, pp. 1-48.

WATSON, P. y FOTIADIS, M. (1990): "The razor's Edge: Symbolic-structuralist archaeology and the expansion of archaeological inference". *American Anthropologist*, 92, pp. 613-629.

WATTEZ, J. (1988): "Contribution à la connaissance des foyers préhistoriques par l'étude des cendres". *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 85, pp. 352-366.

WATTEZ, J. (1996): "Modes de formation des structures de combustión: approche méthodologique et implications archéologiques". En *The colloquia of the XII International Congress of Prehistoric and protohistoric Sciences.* Section 5, Colloquium IX, Forlì, pp. 29-34.

WELTON, J.E. (1984): *SEM Petrology Atlas*. Methods in Exploration Series nº 4, Published by the Américan Assotiation of Petroleum Geologist, USA, 237 p.

WILSON, D.C. y DELYRIA, D.V. (e.p.): "The experimental reduction of Rock in a Camas Oven: Towards and Understanding of the Behavioural Significance of Fire-Cracked Rock". En *Learning from Once Hot Rocks: Middle Range Archaeological Research Strategies for Burnde Rocks Studies*. 64 SAA meetings, Nashville, Tenesse, USA, 1986.

WÜNSCH, G. (1989): "La organización interna de los asentamientos de comunidades cazadoras - recolectoras: el análisis de las interrelaciones espaciales de los elementos arqueológicos". *Trabajos de Prehistoria*, 46, Madrid, pp. 13-33.

WÜNSCH, G. (1989): "Cuantificación en arqueología: el análisis de las interrelaciones espaciales de los elementos arqueológicos". *Revista de Arqueología*, 95, Madrid, pp. 5-9.

WÜNSCH, G. (1991): *L'estudi de les associacions d'elements de combustió (AEC) en el marc de l'anàlisi de les interelacions espacials dels elements arqueològics (ANITES): una reflexió teòrico-metodològica.* Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona. Inédita.

WÜNSCH, G. (1996): "La gestion de l'espace social et l'apport des associations d'éléments de combustion". En *The colloquia of the XII International Congress of Prehistoric and protohistoric Sciences.* Section 5, Colloquium IX, Forlì, pp. 35-45.

ANEXO DOCUMENTAL

BASE DE DATOS

Nº	Arq/Exp	Mufla	Temp C º	Media L*	Media a*	Media b*	Micrita	Pelmi	Esparita	Biomi	Bioespar	Ofe	Cemento	Matriz	Pellets
100	Exp.	Mufla	S/C	56,25	2,39	13,36	1	0	1	0	0	1	0	0	0
101	Exp.	Mufla	S/C	58,30	2,42	11,07	1	0	0	0	0	1	0	0	0
102	Exp.	Mufla	S/C	47,01	-0,63	1,05	1	0	0	0	0	1	0	0	0
103	Exp.	Mufla	300	50,42	3,67	9,23	1	0	0	0	0	1	0	0	0
104	Exp.	Mufla	300	41,77	-0,13	2,40	1	0	0	0	0	1	0	0	0
105	Exp.	Mufla	400	51,24	2,00	4,90	1	0	0	0	0	1	0	0	0
106	Exp.	Mufla	400	45,31	0,80	2,77	1	0	0	0	0	1	0	0	0
107	Exp.	Mufla	450	49,42	4,27	4,83	1	0	0	0	0	1	0	0	0
108	Exp.	Mufla	450	52,51	2,37	3,89	1	0	0	0	0	1	0	0	0
109	Exp.	Mufla	450	49,54	0,17	0,87	1	0	0	0	0	1	0	0	0
110	Exp.	Mufla	500	52,29	2,07	6,85	1	0	0	0	0	1	0	0	0
111	Exp.	Mufla	600	57,18	0,31	1,81	1	0	0	0	0	1	0	0	0
112	Exp.	Mufla	700	54,21	0,47	2,13	1	0	0	0	0	1	0	0	0
113	Exp.	Mufla	700	69,98	0,54	1,80	1	0	0	0	0	1	0	0	0
114	Exp.	Mufla	700	51,89	0,47	4,04	1	0	0	0	0	1	0	0	0
115	Exp.	Mufla	700	82,23	-1,93	5,21	1	0	0	0	0	1	0	0	0
116	Exp.	Mufla	700	76,90	-0,04	2,04	1	0	0	0	0	1	0	0	0
117	Exp.	Mufla	300	53,66	4,77	10,53	1	0	0	0	0	1	0	0	1
118	Exp.	Mufla	300	50,05	4,38	8,48	1	0	0	0	0	1	0	0	0
119	Exp.	Mufla	300	53,79	3,89	10,13	1	0	0	0	0	1	0	0	0
120	Exp.	Mufla	300	53,38	0,64	6,04	1	0	0	0	0	1	0	0	0
121	Exp.	Mufla	S/C	61,80	2,25	17,39	0	1	0	0	0	1	1	0	1
122	Exp.	Mufla	600	53,79	0,82	3,19	0	1	0	0	0	1	1	0	1
123	Exp.	Mufla	300	52,05	6,98	14,50	0	1	0	0	0	1	1	0	1
124	Exp.	Mufla	450	49,76	3,15	7,24	0	1	0	0	0	1	1	0	1
125	Exp.	Mufla	500	50,25	4,78	10,55	0	1	0	0	0	1	1	0	1
126	Exp.	Mufla	600	66,15	-0,52	1,65	0	1	0	0	0	1	1	0	1
127	Exp.	Mufla	700	71,94	-0,95	8,31	0	1	0	0	0	1	1	0	1
128	Exp.	Mufla	300	55,26	7,29	15,68	0	1	0	0	0	1	1	0	1
129	Exp.	Mufla	300	57,82	4,64	11,27	0	0	0	1	0	1	1	0	1
130	Exp.	Mufla	S/C	64,73	1,21	12,88	0	0	0	1	0	1	1	0	1
131	Exp.	Mufla	450	53,74	1,73	6,02	0	0	0	1	0	1	1	0	1
132	Exp.	Mufla	500	52,60	4,35	10,67	0	0	0	1	0	1	1	0	1
133	Exp.	Mufla	600	50,95	0,71	3,79	0	0	0	1	0	1	1	0	1
134	Exp.	Mufla	600	51,94	1,20	4,25	0	0	0	1	0	1	1	0	1
135	Exp.	Mufla	700	63,00	-0,22	0,96	0	0	0	1	0	1	1	0	1
136	Exp.	Mufla	300	51,96	5,33	13,31	0	0	0	1	0	1	1	0	1
137	Exp.	Mufla	S/C	60,05	3,03	12,69	1	1	0	0	0	1	1	0	1
138	Exp.	Mufla	S/C	58,79	1,85	13,42	1	1	0	0	0	1	1	0	1
139	Exp.	Mufla	300	52,26	3,22	10,25	1	1	0	0	0	1	1	0	1
140	Exp.	Mufla	450	50,84	1,43	4,95	1	1	0	0	0	1	1	0	1
141	Exp.	Mufla	500	51,18	2,92	8,38	1	1	0	0	0	1	1	0	1
142	Exp.	Mufla	600	49,91	0,46	1,96	1	1	0	0	0	1	1	0	1
143	Exp.	Mufla	700	54,22	0,17	2,29	1	1	0	0	0	1	1	0	0
145	Exp.	Mufla	S/C	81,38	3,24	11,41	1	1	0	0	0	0	1	0	1
146	Exp.	Mufla	300	75,46	2,18	9,56	0	1	0	0	0	0	1	0	1
147	Exp.	Mufla	400	74,57	1,72	7,08	0	1	0	0	0	0	1	0	1
148	Exp.	Mufla	500	77,26	1,68	6,47	0	1	0	0	0	0	1	0	1
149	Exp.	Mufla	600	69,17	0,73	3,85	0	1	0	0	0	0	1	0	1
150	Exp.	Mufla	600	71,13	0,39	3,67	0	1	0	0	0	0	1	0	1

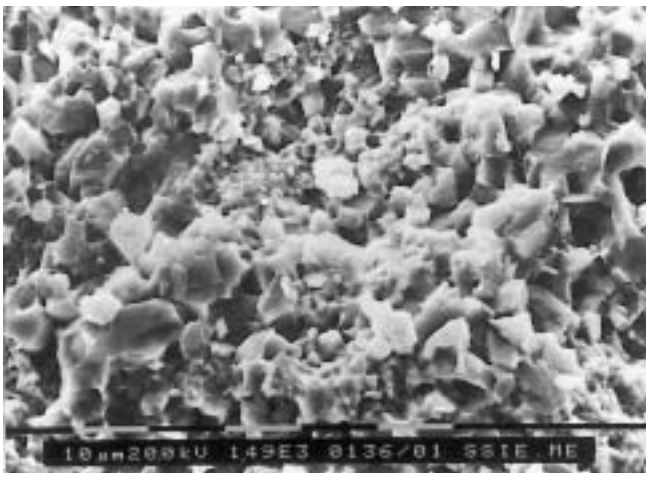
0 = ausencia; 1 = presencia.

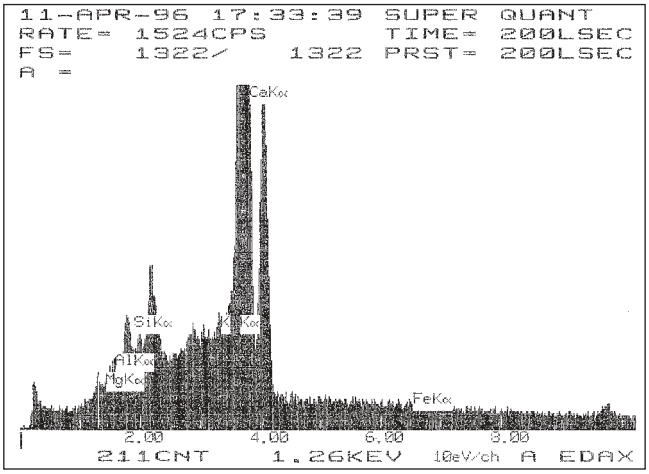
Redondeados	Angulosos	Glauconitas	Oolitos	Foramin	Restos org.	Manchas	Situación	Fracturas	Fisuras	Exfoliac	Tamaño	Forma	Aristas
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

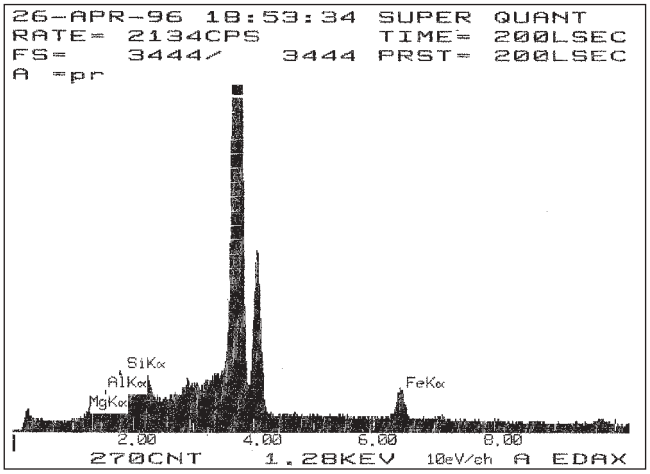
Nº	Arq/Exp	Mufla/A.lib	Temp C º	Media L*	Media a*	Media b*	Micrita	Pelmi	Esparita	Biomi	Bioespar	Ofe	Cemento	Matriz	Pellets
151	Exp.	Mufla	700	71,11	0,03	2,72	0	1	0	0	0	0	1	0	1
152	Exp.	Mufla	700	87,28	1,46	4,26	0	1	0	0	0	0	1	0	1
153	Exp.	Mufla	300	78,88	3,39	11,71	0	1	0	0	0	0	1	0	1
154	Exp.	Mufla	S/C	82,27	2,06	10,83	0	1	0	0	0	0	1	0	1
155	Exp.	Mufla	400	70,74	1,24	6,11	0	1	0	0	0	0	1	0	1
156	Exp.	Mufla	500	72,94	1,37	6,49	0	1	0	0	0	0	1	0	1
157	Exp.	Mufla	600	69,48	0,49	3,44	0	1	0	0	0	0	1	0	1
158	Exp.	Mufla	700	90,55	-0,98	0,88	0	1	0	0	0	0	1	0	1
159	Exp.	Mufla	700	90,89	-1,22	2,44	0	1	0	0	0	0	1	0	1
160	Exp.	Mufla	300	82,78	1,88	5,04	0	1	0	0	0	0	1	0	1
200	Exp.	A. libre	500	69,05	-0,01	2,45	0	0	1	0	0	1	0	1	0
202	Exp.	A. libre	800	75,23	0,10	2,74	0	0	0	0	1	0	0	1	1
203	Exp.	A. libre	700	71,59	0,16	4,19	0	0	0	0	1	1	0	1	0
204	Exp.	A. libre	850	48,63	0,43	1,82	0	1	0	0	0	1	0	1	1
205	Exp.	A. libre	S/C				1	0	0	0	0	1	0	1	1
206	Exp.	A. libre	S/C	72,24	2,09	11,98	0	0	0	0	1	1	1	0	0
207	Exp.	A. libre	250	71,11	4,32	10,65	0	0	0	0	1	1	1	0	0
208	Exp.	A. libre	250	71,32	3,60	7,49	0	0	0	0	1	1	1	0	0
209	Exp.	A. libre	100	69,91	2,89	7,39	0	0	0	0	1	1	1	0	0
210	Exp.	A. libre	100	70,93	5,02	7,98	0	0	0	0	1	1	1	0	0
211	Exp.	A. libre	S/C	69,77	2,44	12,40	1	0	1	0	0	0	0	1	1
212	Exp.	A. libre	100				1	0	1	0	0	0	0	1	1
213	Exp.	A. libre	S/C	64,78	1,67	13,51	0	0	1	0	0	1	0	1	0
214	Exp.	A. libre	400	59,64	4,08	7,32	0	0	1	0	0	1	0	1	0
215	Exp.	A. libre	350	60,71	3,80	7,86	0	0	1	0	0	1	0	1	0
216	Exp.	A. libre	S/C	70,93	1,88	11,08	1	0	1	0	0	0	0	1	1
217	Exp.	A. libre	400	65,82	2,84	8,29	1	0	1	0	0	1	0	1	1
218	Exp.	A. libre	200	74,15	2,73	10,55	1	0	1	0	0	1	0	1	1
219	Exp.	A. libre	S/C	70,34	1,37	12,23	0	0	1	0	0	1	0	1	1
220	Exp.	A. libre	700	71,56	1,46	1,97	0	0	0	0	1	1	0	1	1
221	Exp.	A. libre	550	68,84	2,39	4,65	0	0	0	0	1	1	0	1	1
250	Exp.	A. libre	550	74,84	5,51	8,42	1	0	1	0	0	0	0	1	1
251	Exp.	A. libre	S/C				0	1	0	0	0	1	0	1	1
252	Exp.	A. libre	600				0	1	0	0	0	1	0	1	1
253	Exp.	A. libre	500	63,77	4,98	10,21	0	0	1	0	0	1	0	1	0
254	Exp.	A. libre	500	65,54	6,11	12,57	0	0	1	0	0	1	0	1	0
255	Exp.	A. libre	S/C				0	0	1	0	0	1	0	1	0
256	Exp.	A. libre	S/C	57,21	2,44	11,24	0	0	0	0	1	1	0	1	0
257	Exp.	A. libre	426	58,97	4,35	10,02	0	0	0	0	1	1	0	1	0
258	Exp.	A. libre	350	57,91	4,48	11,95	0	0	0	0	1	1	0	1	1
259	Exp.	A. libre	S/C	57,21	2,44	11,24	0	0	1	0	0	1	0	1	0
260	Exp.	A. libre	262	57,34	3,29	11,36	0	0	1	0	0	1	0	1	0
261	Exp.	A. libre	226	58,48	3,27	11,13	0	0	1	0	0	1	0	1	0
262	Exp.	A. libre	S/C	66,08	2,47	11,85	1	0	0	0	0	1	1	0	1
263	Exp.	A. libre	550	59,10	4,36	7,94	1	0	0	0	0	1	1	0	1
264	Exp.	A. libre	S/C	58,85	5,34	18,48	0	1	0	0	0	1	0	1	1
265	Exp.	A. libre	S/C	73,18	1,65	9,89	0	0	0	0	1	1	0	1	0
300	Arq.		69,38	0,88	13,10	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
301	Arq.			72,26	0,48	8,85	1	0	0	0	0	1	1	0	1
302	Arq.			74,97	3,94	13,37	0	0	1	0	0	0	1	0	1
303	Arq.			64,72	2,95	17,57	0	0	0	0	1	1	0	1	1
304	Arq.			58,85	7,13	17,67	0	0	0	0	1	1	0	1	1
305	Arq.			62,78	8,37	10,91	0	0	0	0	1	1	0	1	0
306	Arq.			66,25	6,08	10,44	0	0	0	0	1	1	1	1	0
307	Arq.						0	0	1	0	0	1	0	0	0

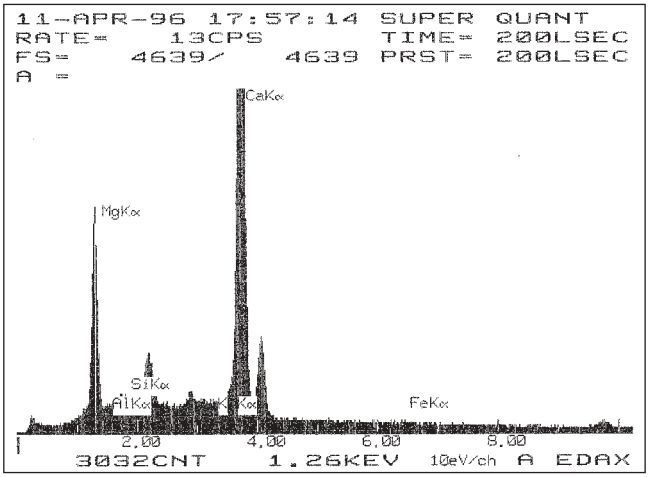
Redondeados	Angulosos	Glauconitas	Oolitos	Foramin	Restos org.	Manchas	Situación	Fracturas	Fisuras	Exfoliac	Tamaño	Forma	Aristas
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	2
0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	0	2	2	1
0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	0	2	2	1
0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	1	2	2	1
0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	0	2	2	1
0	0	0	1	0	1	1	5	0	0	0	2	2	1
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	2	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1
1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1
0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1
0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	2
1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	2
1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2
1	0	0	0	0	1	1	6	0	1	0	1	2	2
1	0	0	0	1	1	1	6	0	1	0	1	2	2
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2
0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	2
0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	2
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	2
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	1	2
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2
0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	1	
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	2	2
0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	7	1
0	1	0	0	0	1	2	0	1	1	0	1	2	2
0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	2	2
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7	1
0	0	0	0	0	1	2	5	1	1	0	2	2	1
0	0	0	1	0	1	1	4	1	0	0	1	6	1

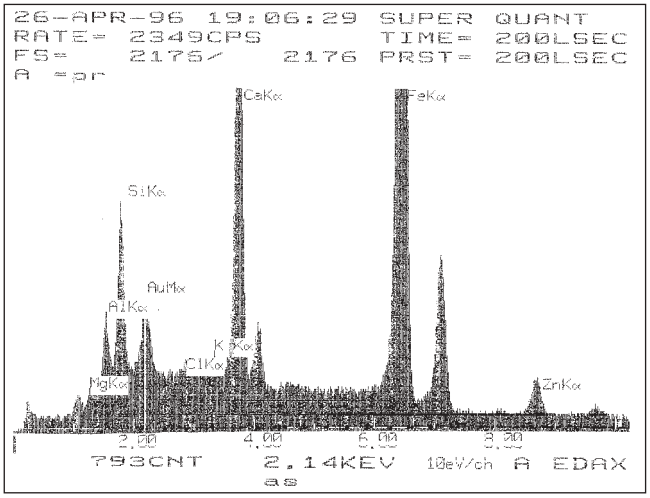
ANÁLISIS MEB





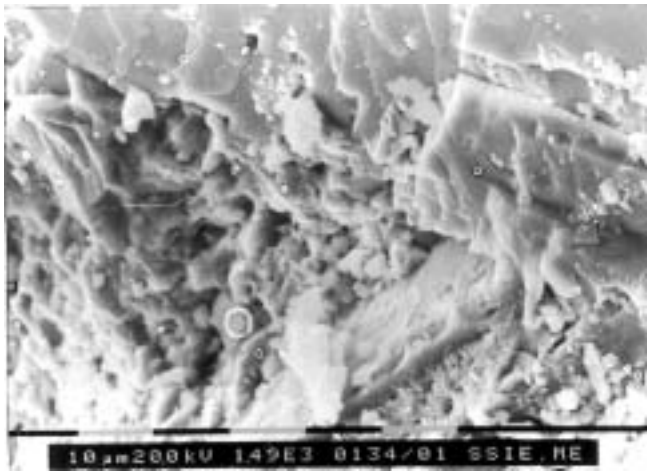




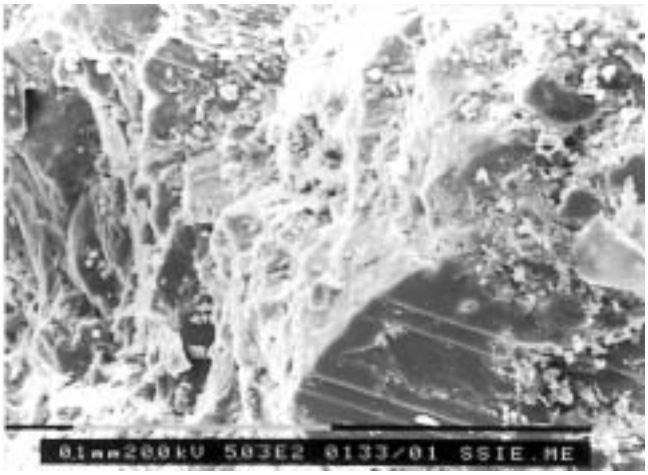


Muestra 204. Experimental. Aire Libre.
Sin calentar.

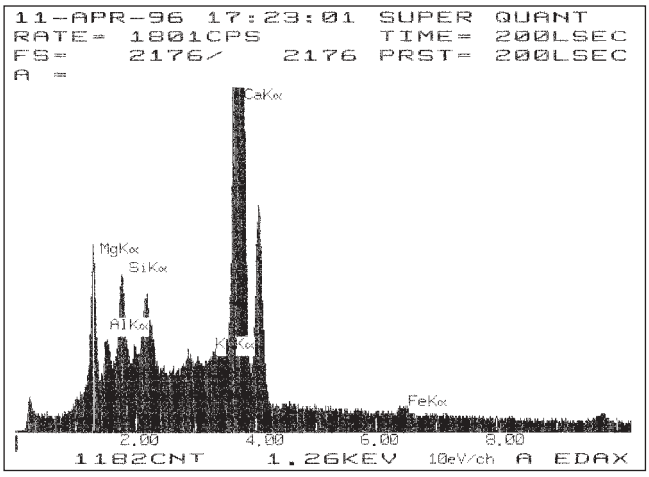
Muestra 204. Experimental. Aire Libre.
Calentada a más de 700ºC.



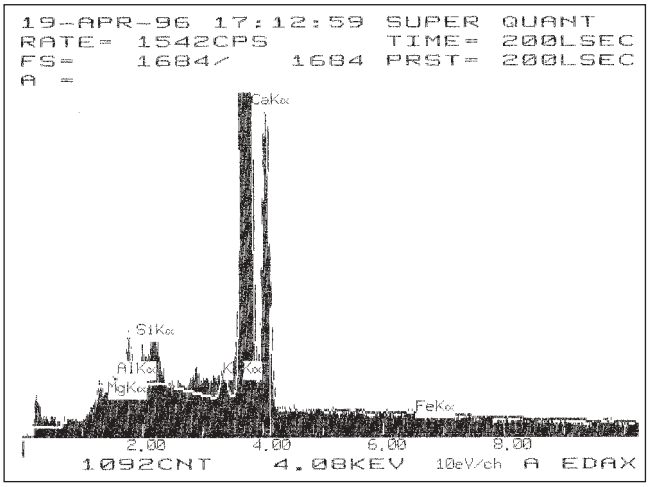
Sin calentar.



Sin calentar.

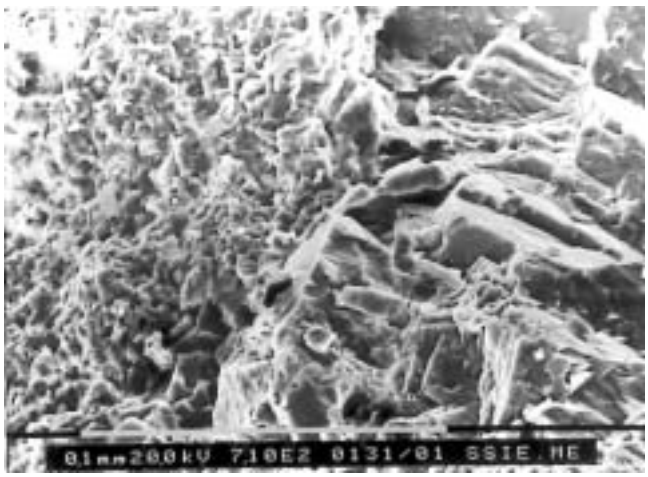


Sin calentar.

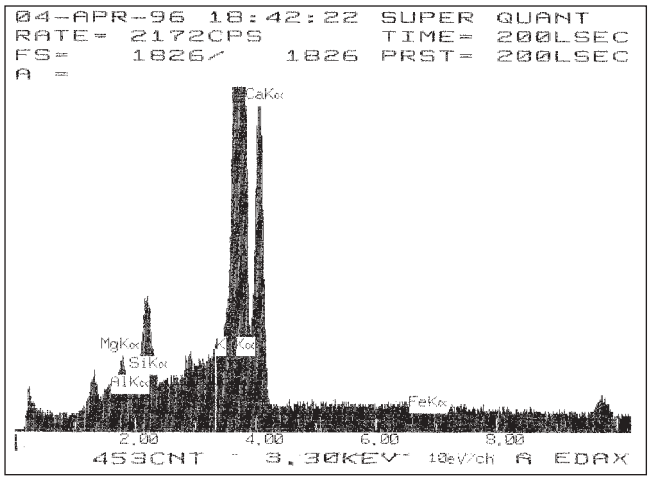


Calentada a 500ºC.

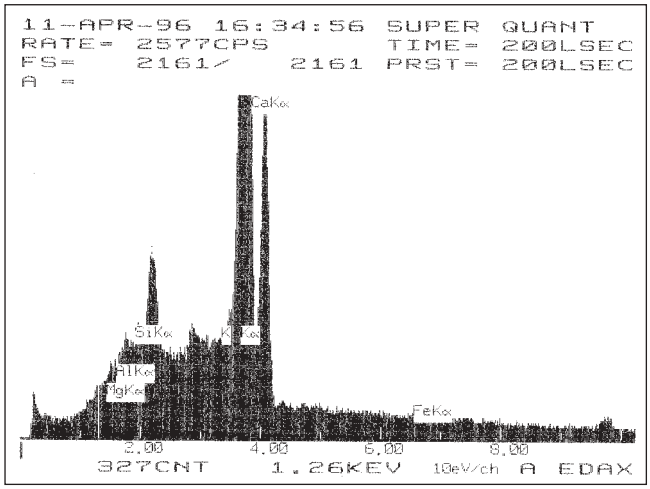
Muestra 200. Experimental. Aire Libre.



Sin calentar.

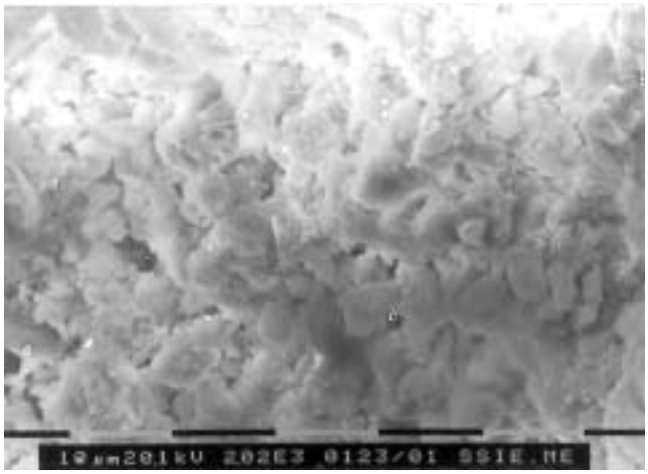


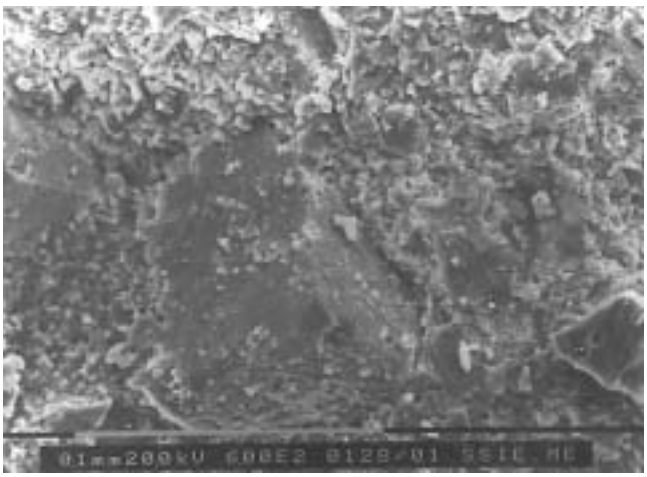
Sin calentar.

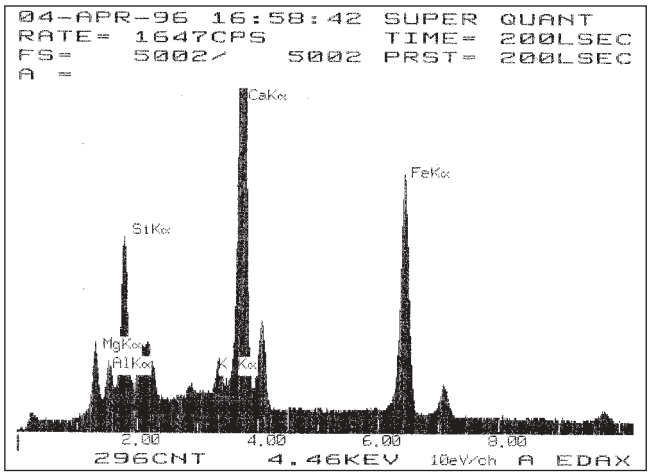


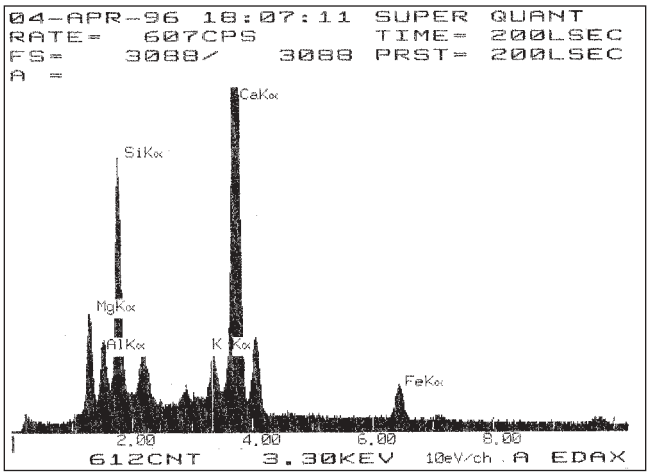
Calentada a 577ºC.

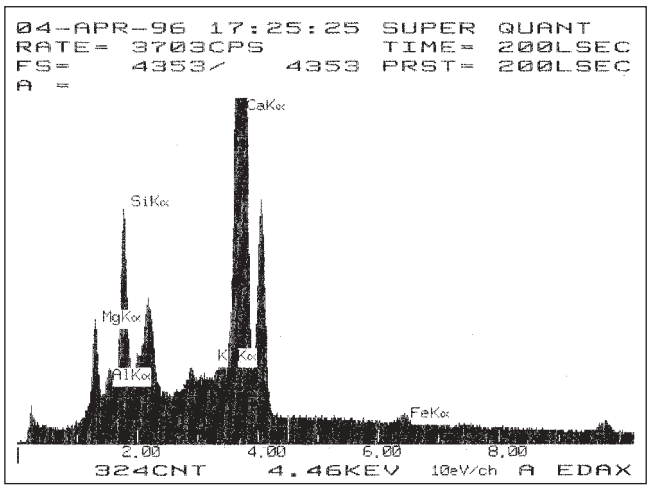
Muestra 211. Experimental. Aire Libre.

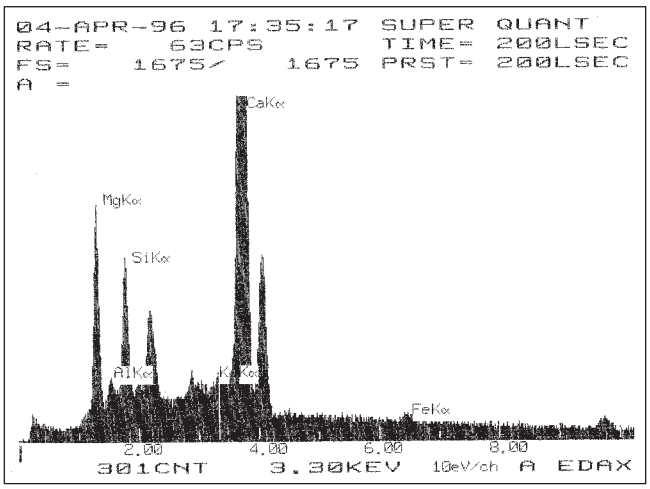






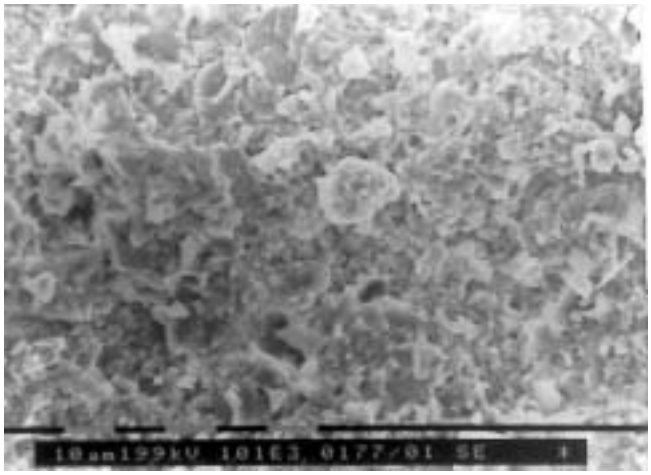




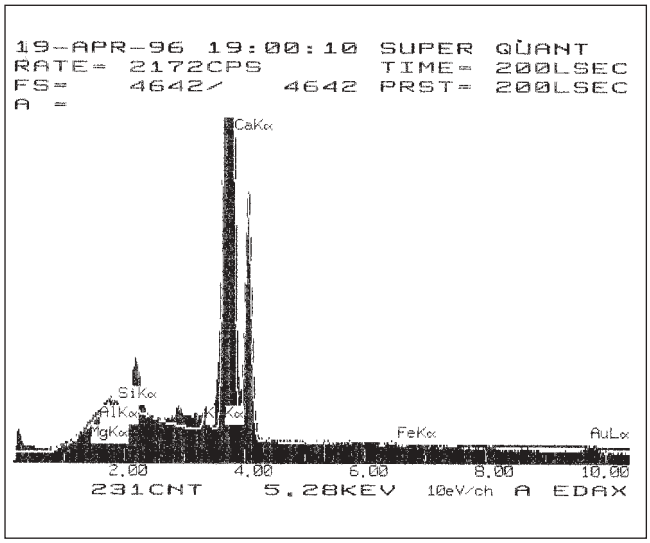


Muestra 213. Experimental. Aire Libre.
Sin calentar.

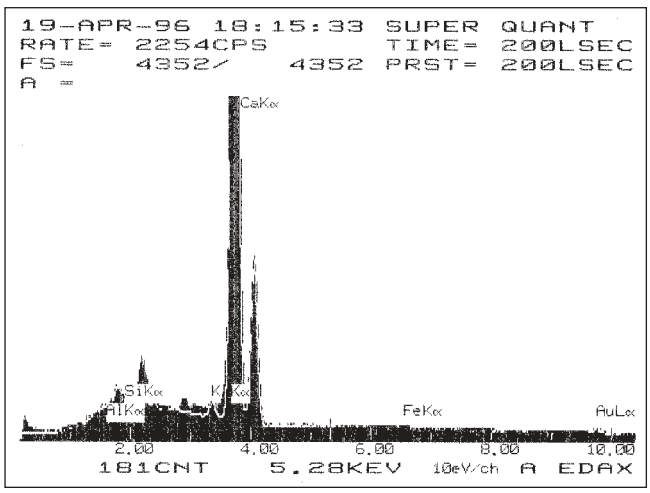
Muestra 213. Experimental. Aire Libre.
Calentada 400ºC.



Calentada a 400ºC.

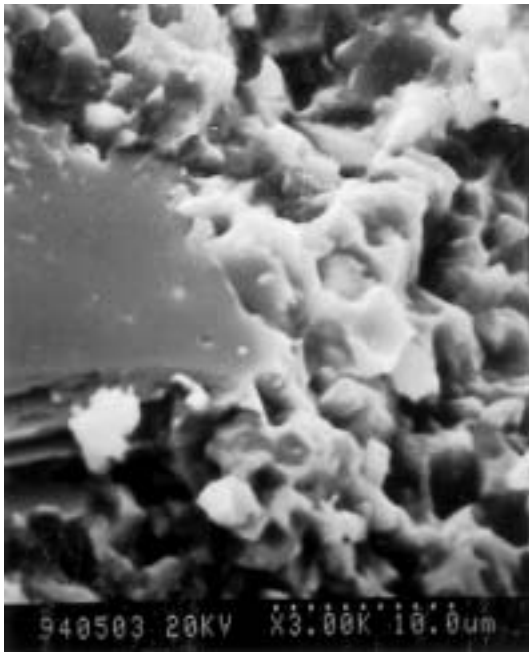


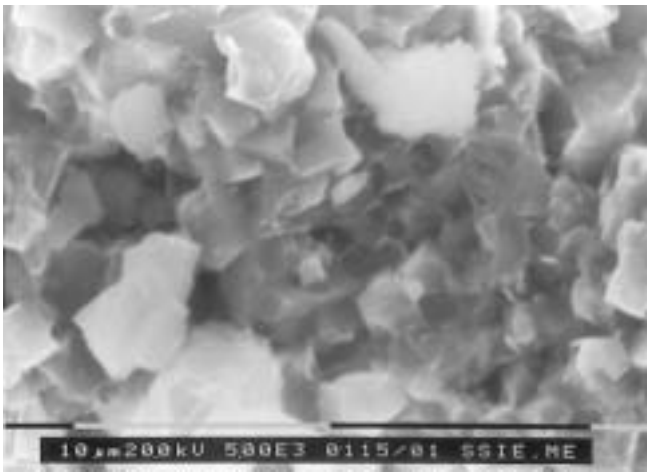
Sin calentar.

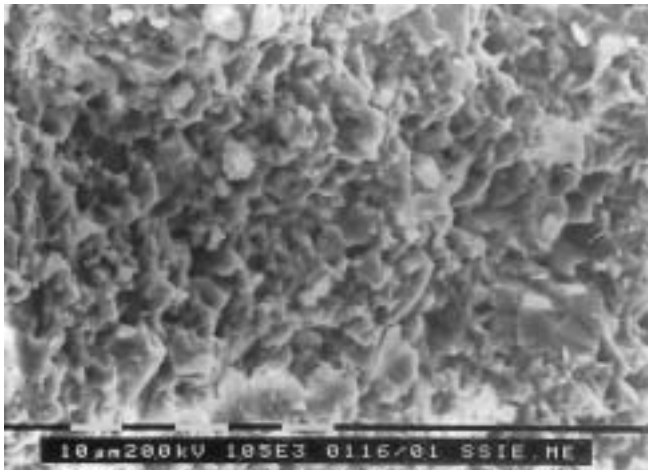


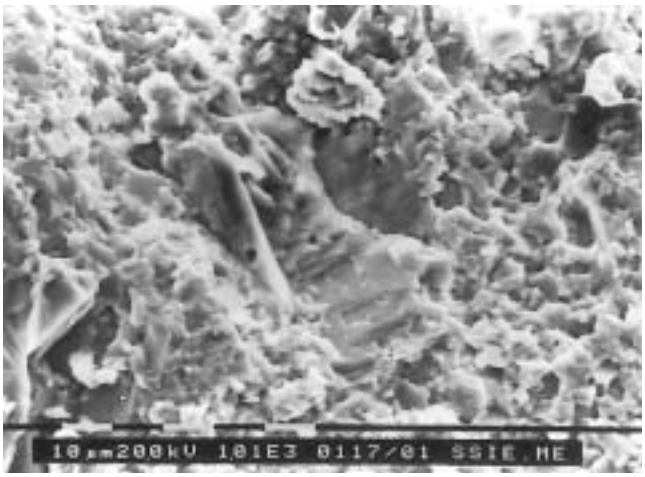
Calentada a 400ºC.

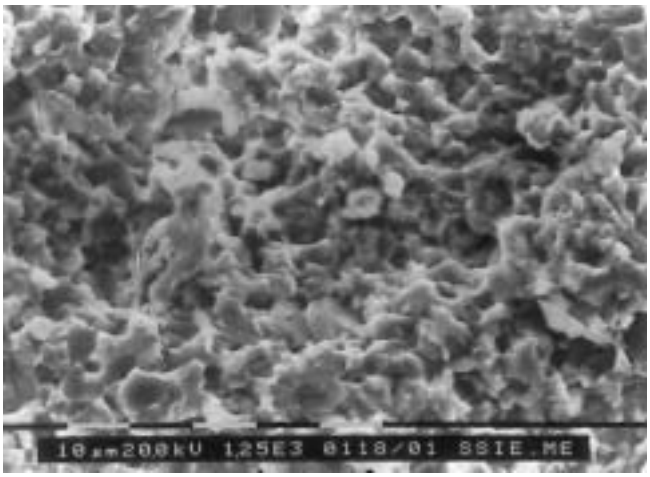
Muestra 216. Experimental. Aire Libre.



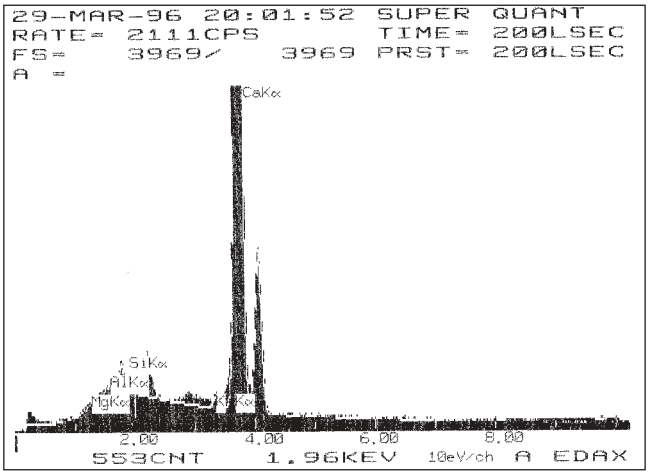




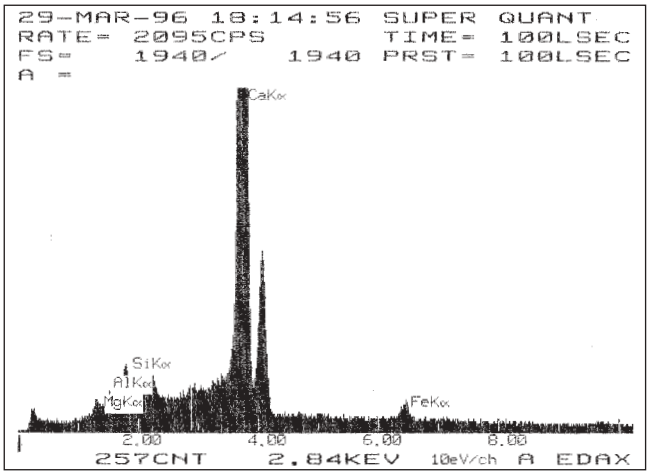




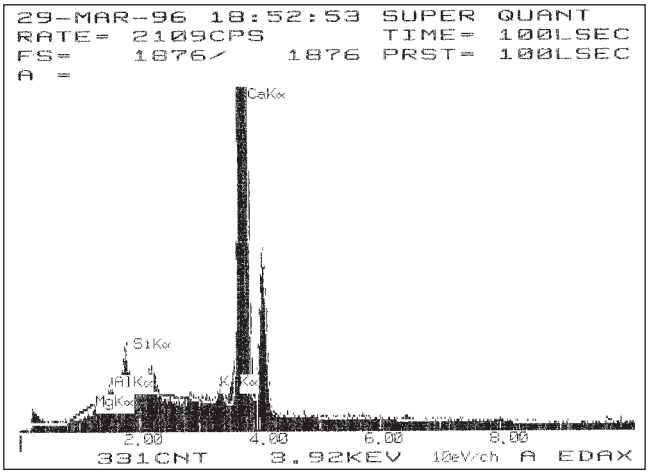
Muestra 130: Experimental. Mufla.
Arriba: sin calentar y 300ºC. Centro: 500ºC. Abajo: 600.ºC.



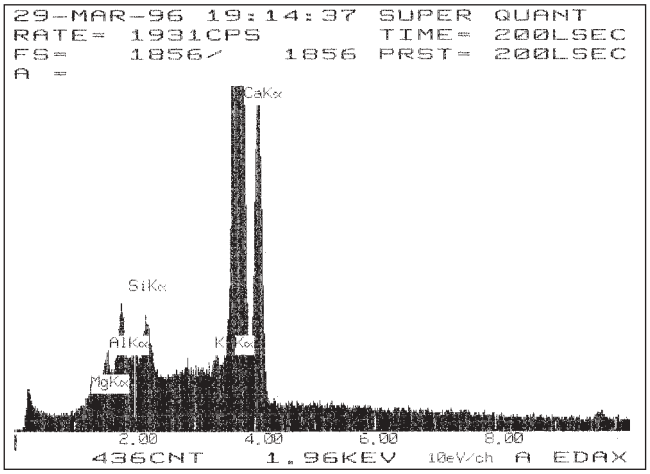
Sin calentar.



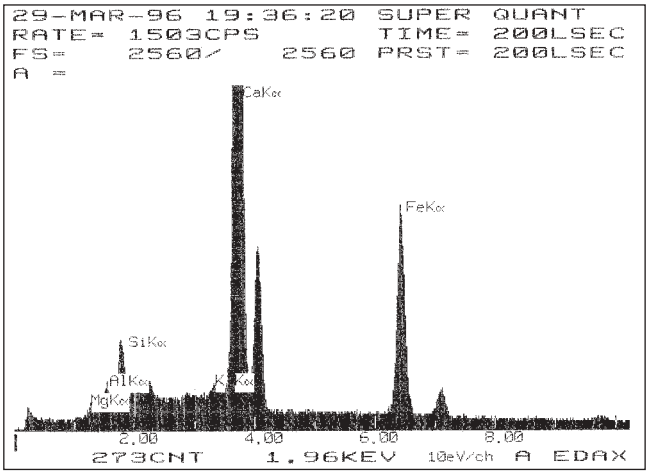
Calentada a 300ºC.



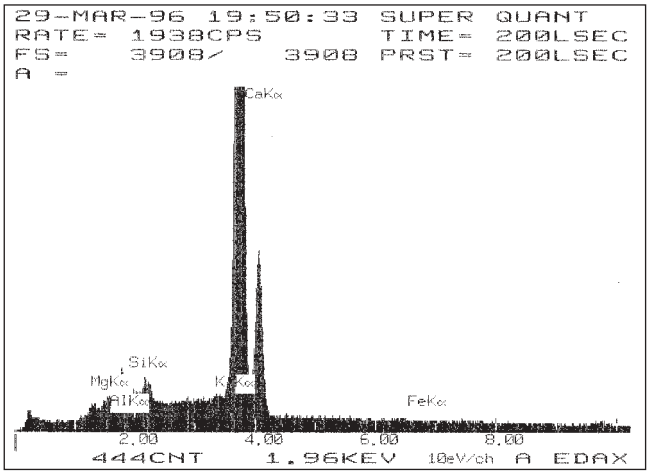
Calentada a 500ºC.



Calentada a 600ºC.

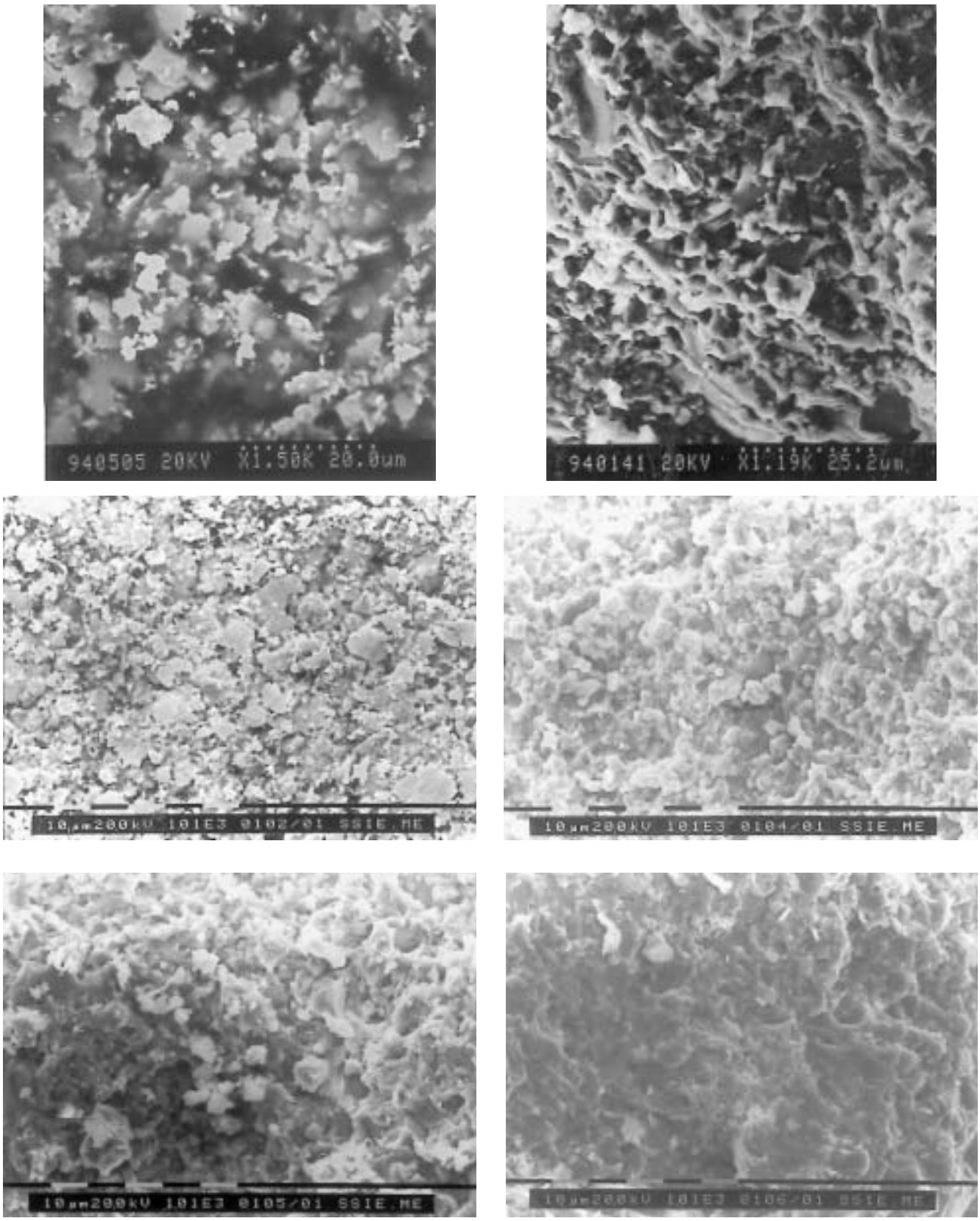


Calentada a 700ºC.

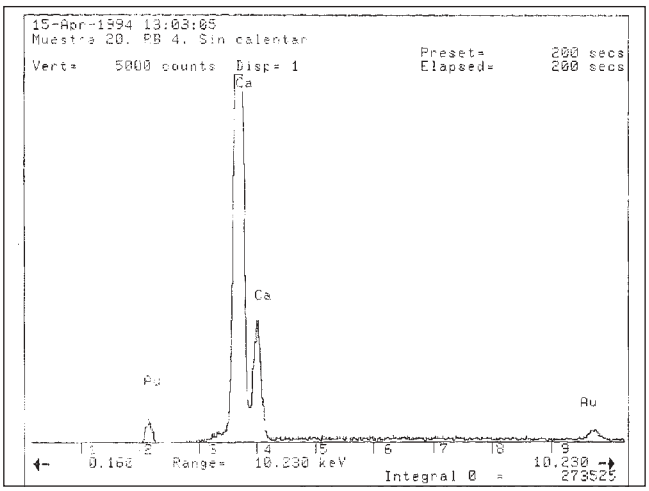


Calentada a 700ºC.

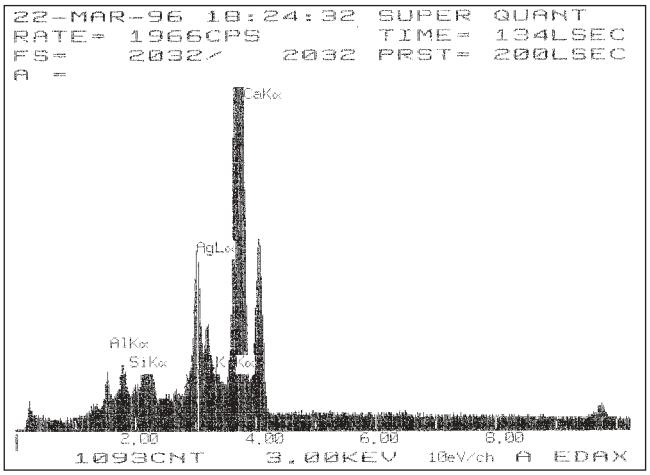
Muestra 130: Experimental. Mufla.



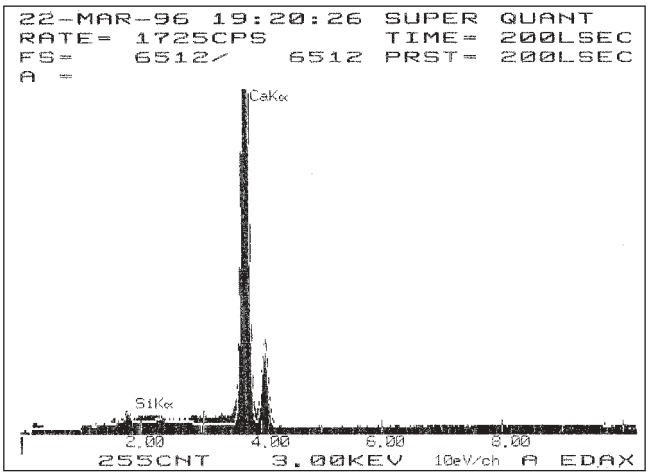
Muestra 137: Experimental. Mufla.
Arriba: sin calentar. Centro: 300ºC y 500ºC. Abajo: 600154ºC y 700ºC.



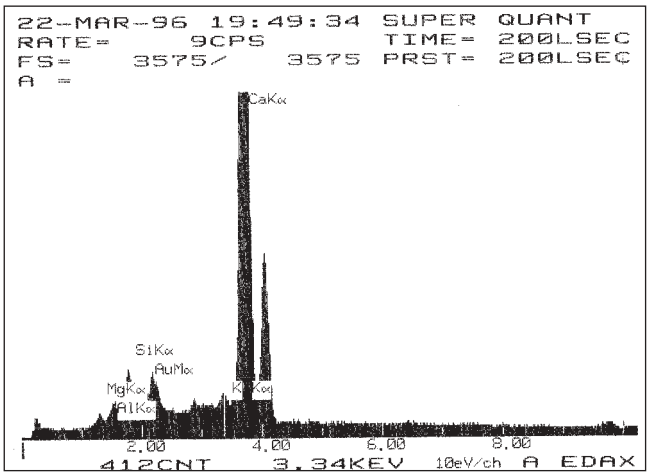
Sin calentar.



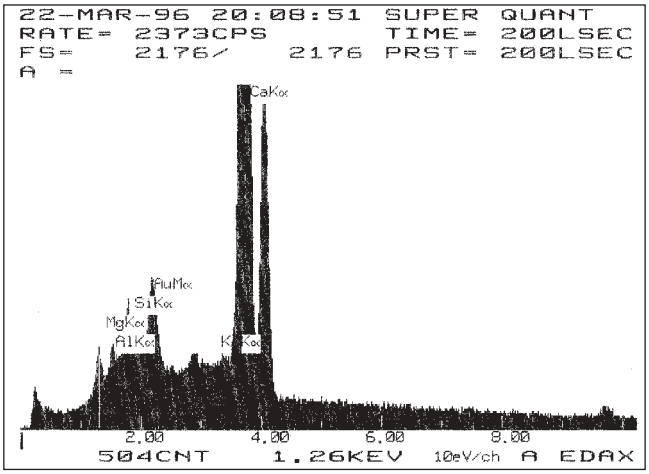
Calentada a 300ºC.



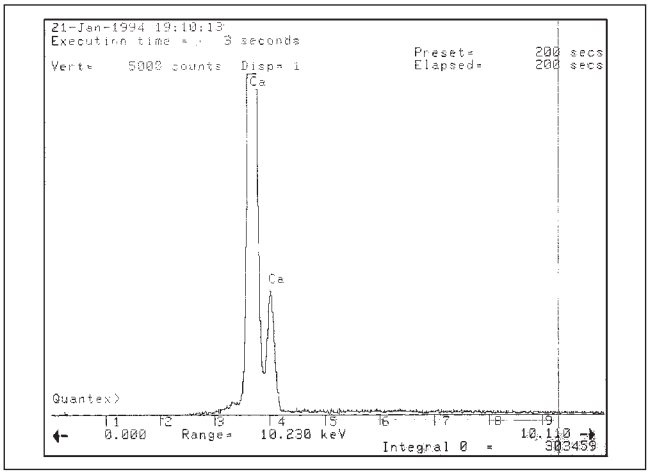
Calentada a 500ºC.



Calentada a 600ºC.

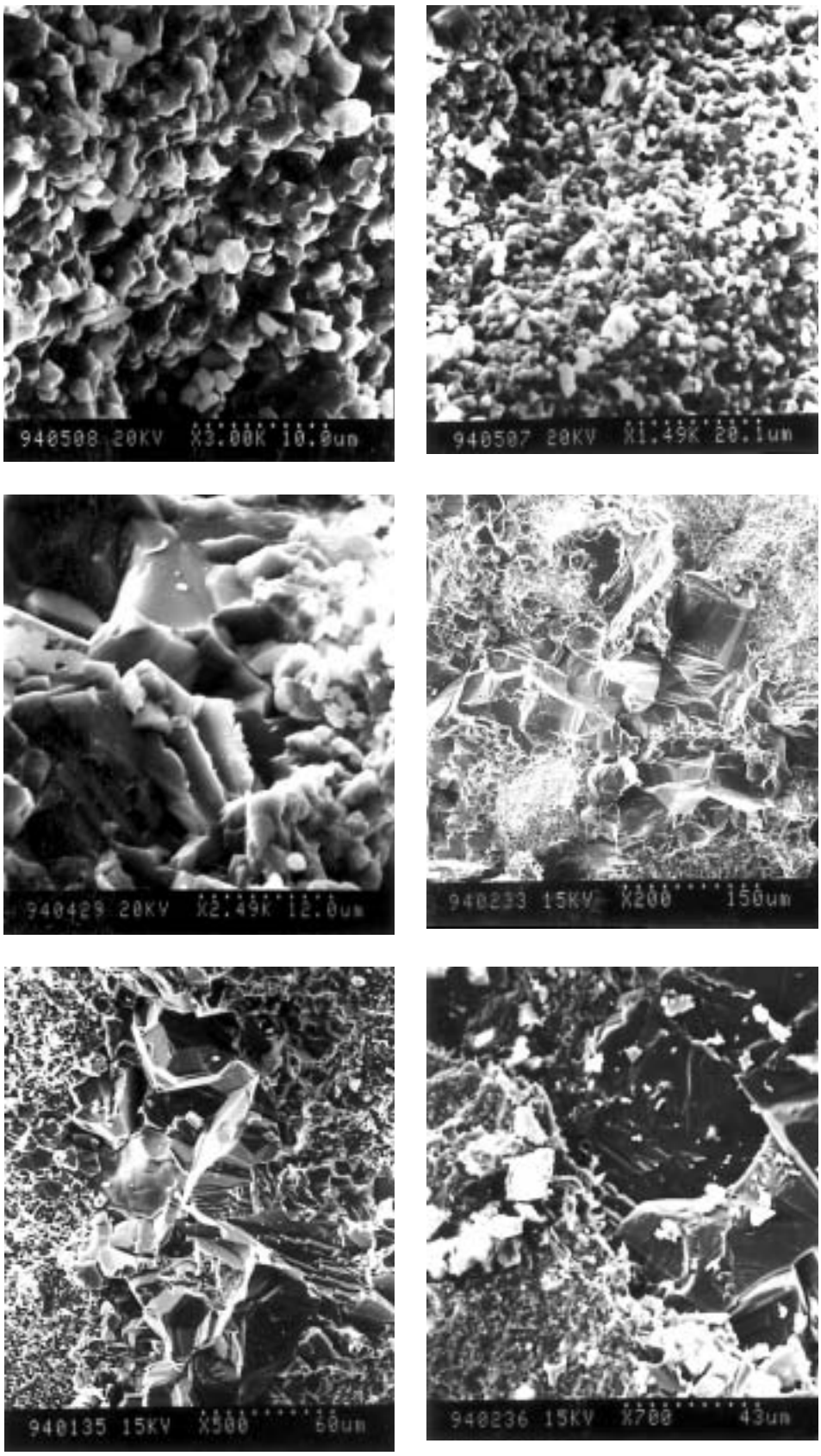


Calentada a 700ºC.

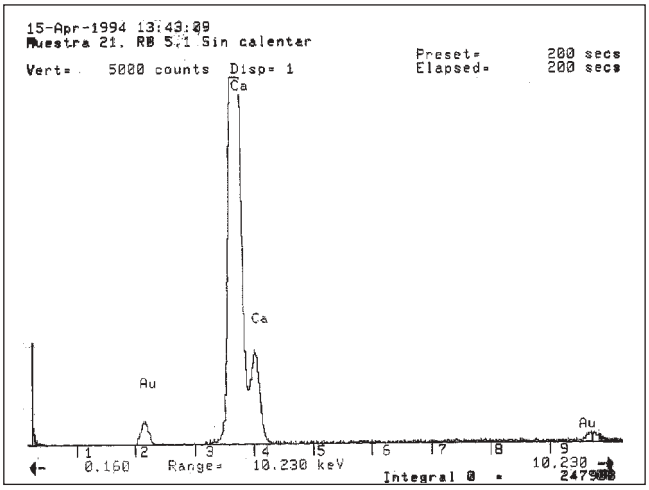


Calentada a 700ºC.

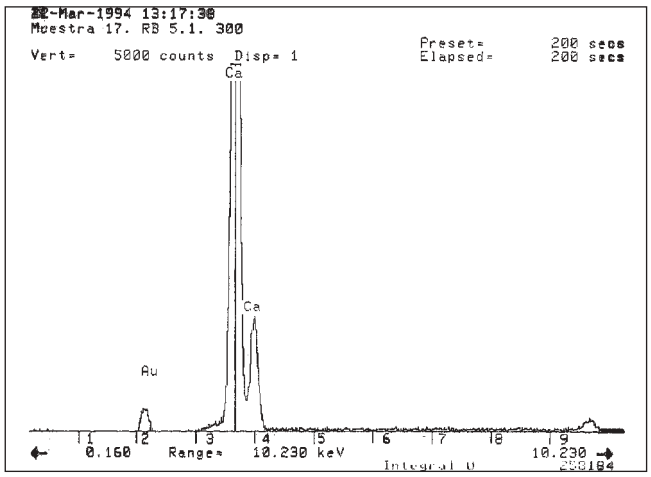
Muestra 137: Experimental. Mufla.



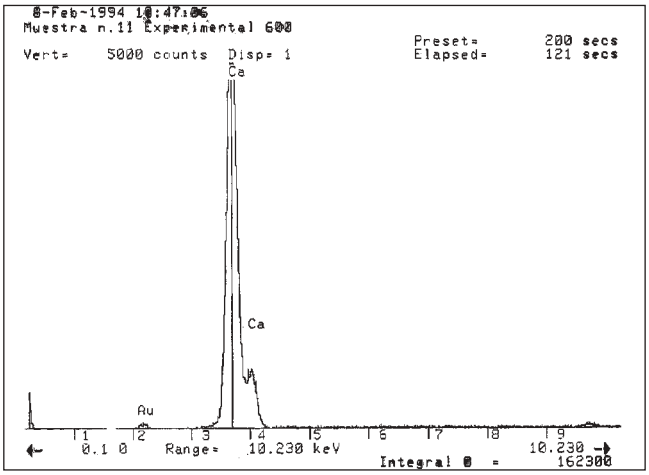
Muestra 145: Experimental. Mufla.
Arriba: sin calentar. Centro: 300ºC y 600ºC. Abajo: 700ºC y varios calentamientos.



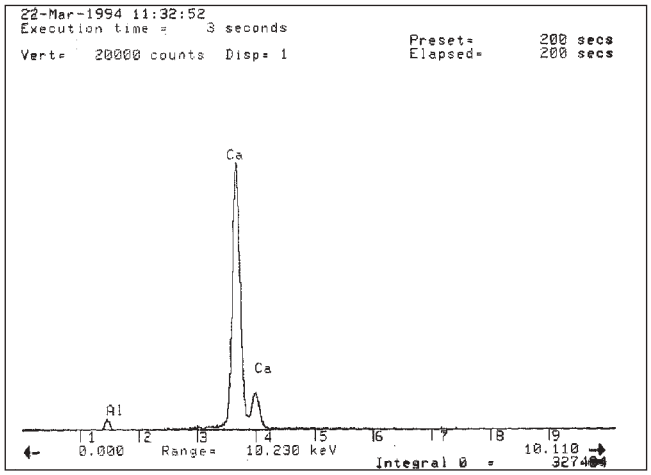
Sin calentar.



Calentada a 300ºC.

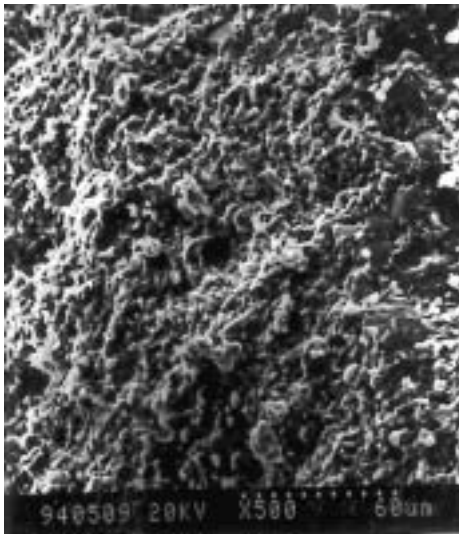


Calentada a 600ºC.

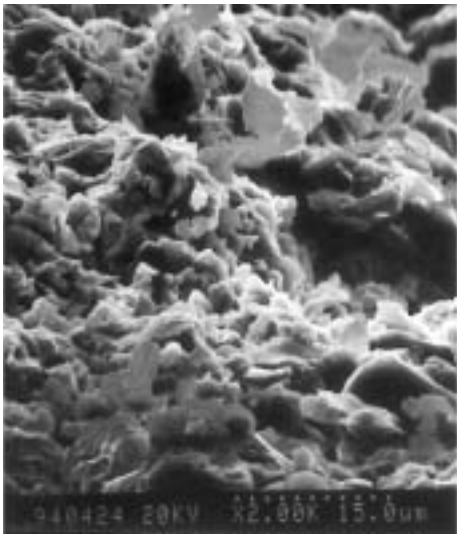


Calentada a 700ºC.

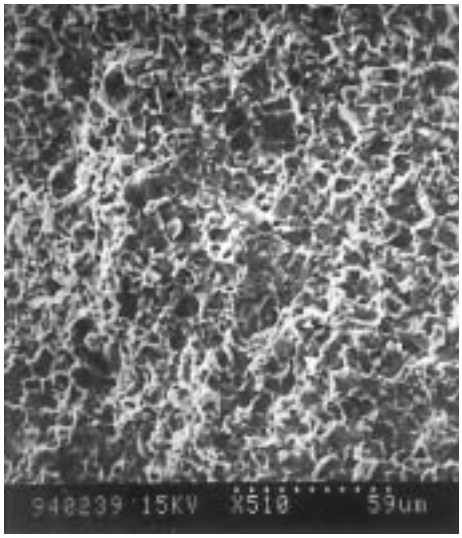
Muestra 145: Experimental. Mufla.



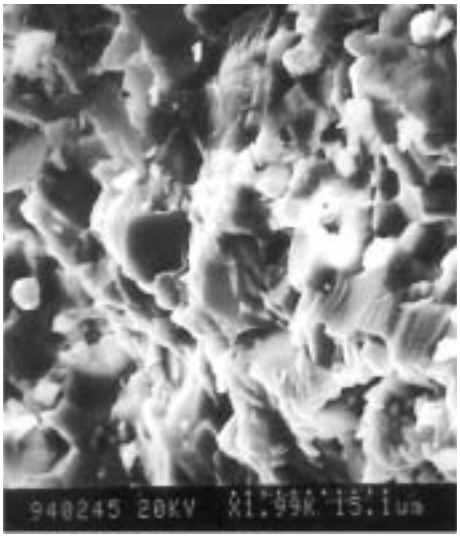
Sin calentar.



Calentada a 300ºC.

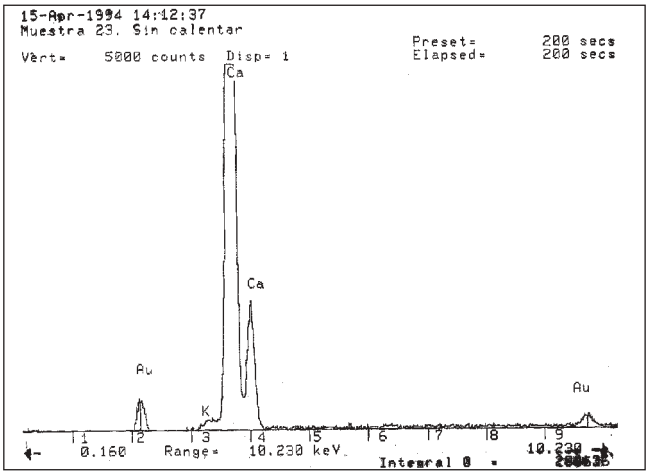


Calentada a 450ºC.

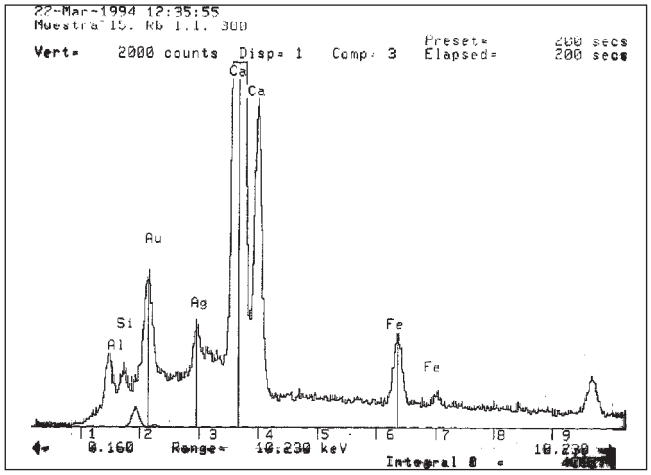


Varios calentamientos.

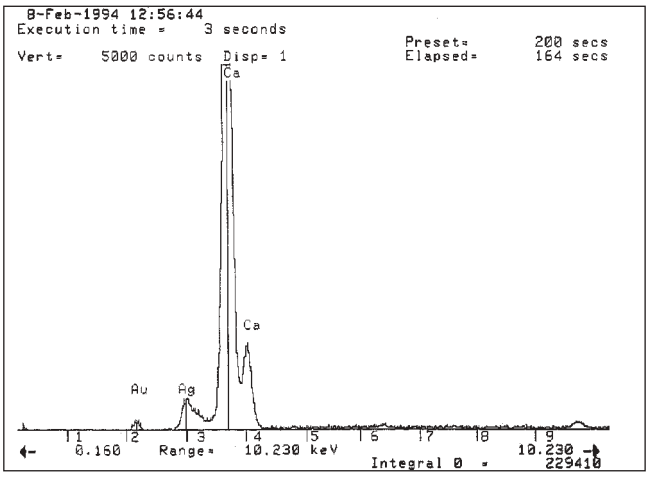
Muestra 100: Experimental. Mufla.



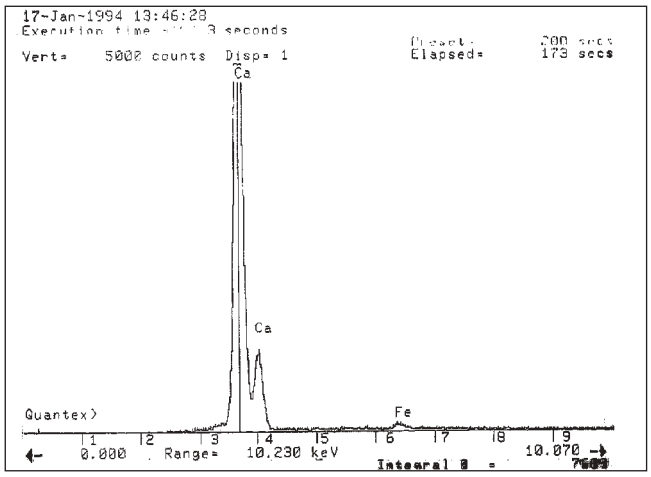
Sin calentar.



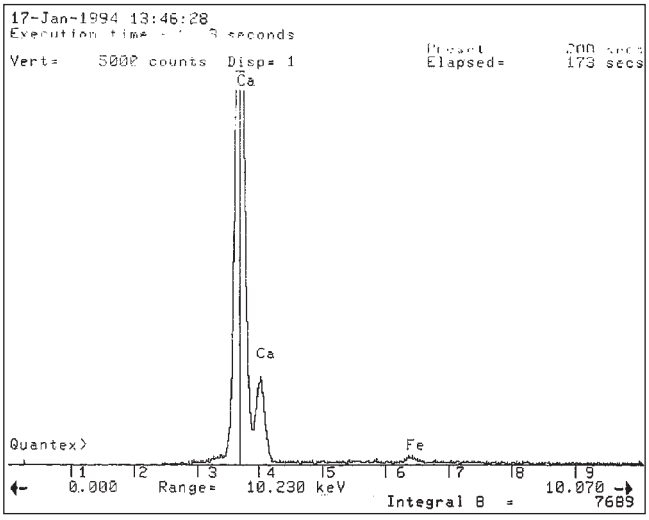
Calentada a 300ºC.



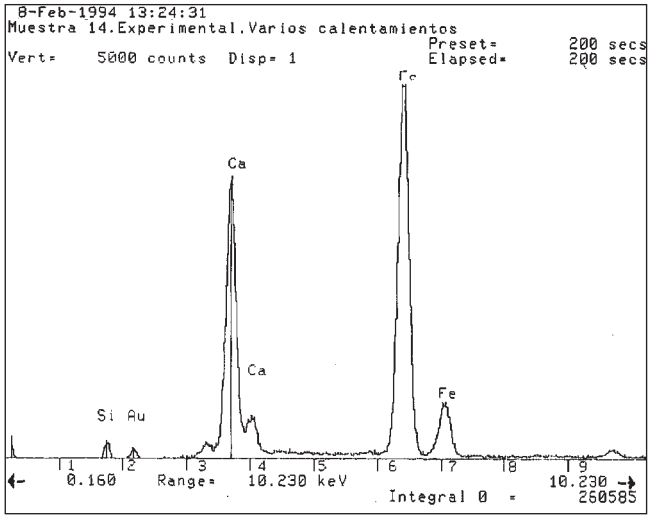
Calentada a 450ºC.



Calentada a 700ºC.



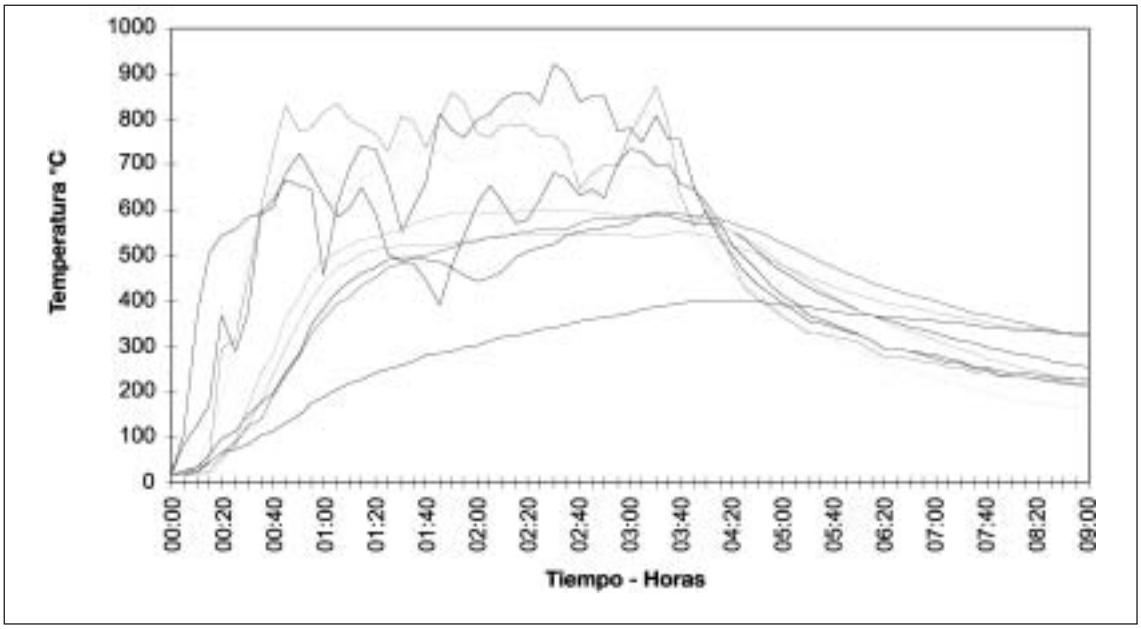
Calentada a 600ºC.



Calentada a 700ºC.

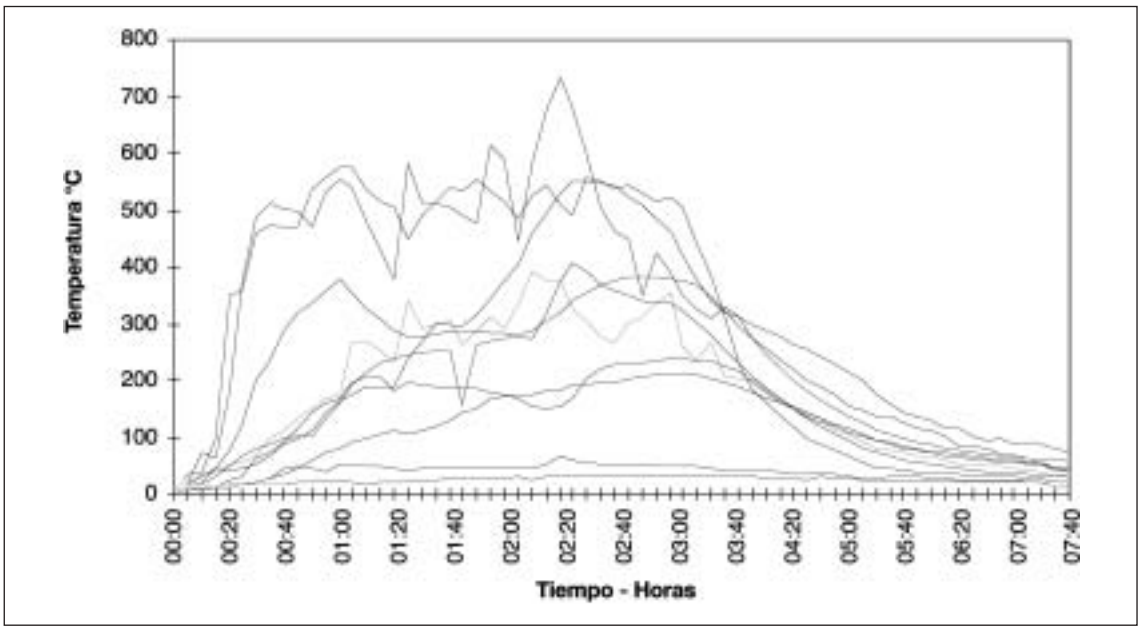
Muestra 100: Experimental. Mufla.

GRÁFICOS EXPERIENCIAS



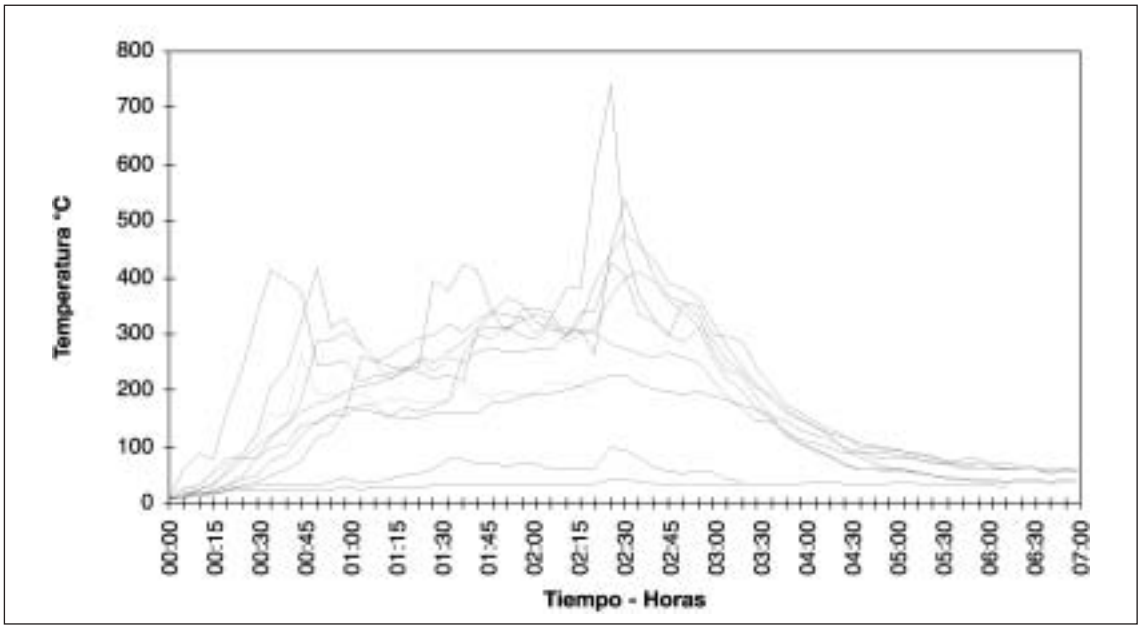
Experiencia 1. Ratlla del Bubo.

Hogar plano con borde de rocas calizas. Combustible: 55 Kg. de algarrobo (*Cerotonia silicua*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 9 horas.



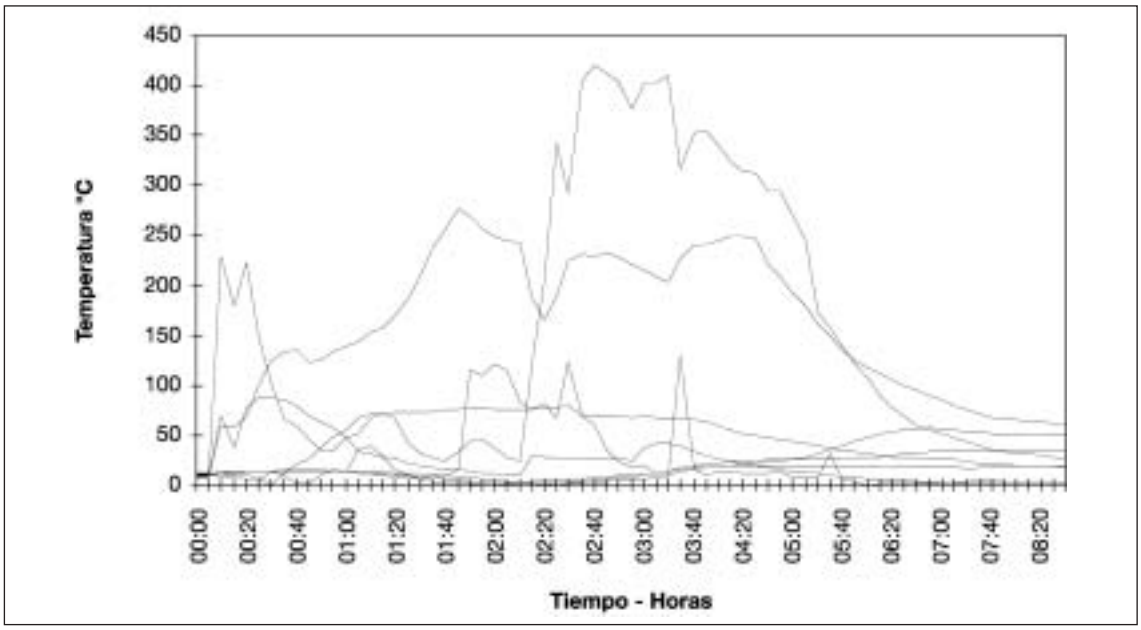
Experiencia 2. Ratlla del Bubo.

Hogar plano con borde de rocas calizas. Combustible: 42 Kg. de pino (*Pinus halepensis*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración: 7'50 horas.



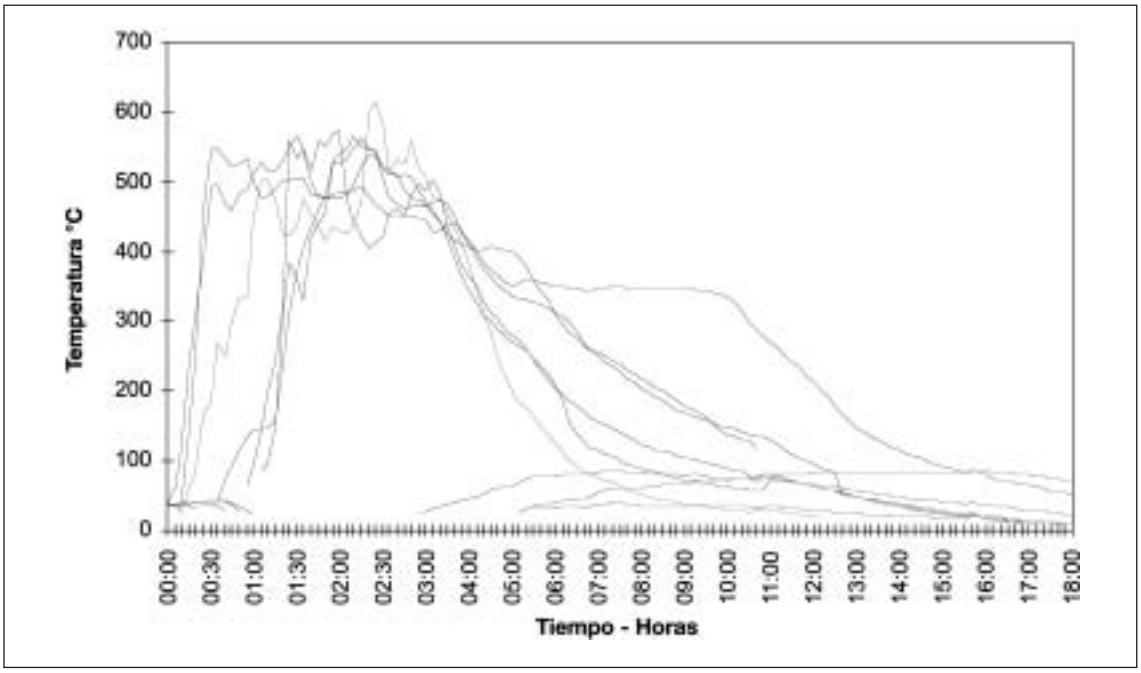
Experiencia 3. Ratlla del Bubo.

Hogar plano con borde de rocas calizas. Combustible: 51 Kg. de enebro (*Juniperus oxicedrus*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 9 horas.

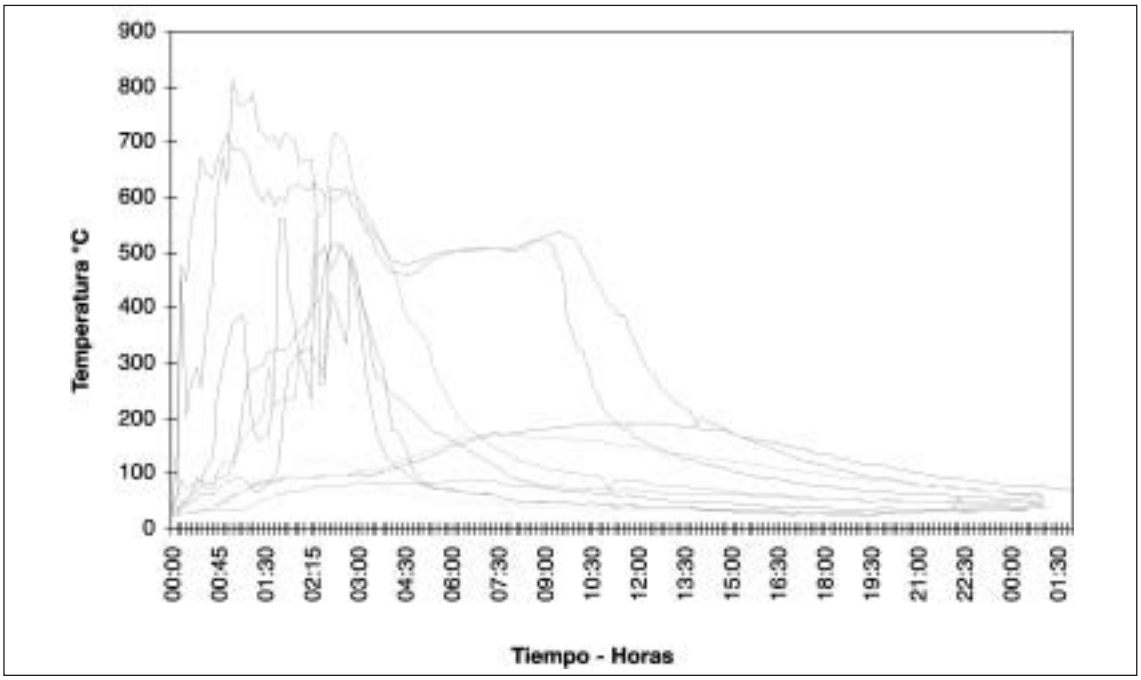


Experiencia 4. Cova Beneito.

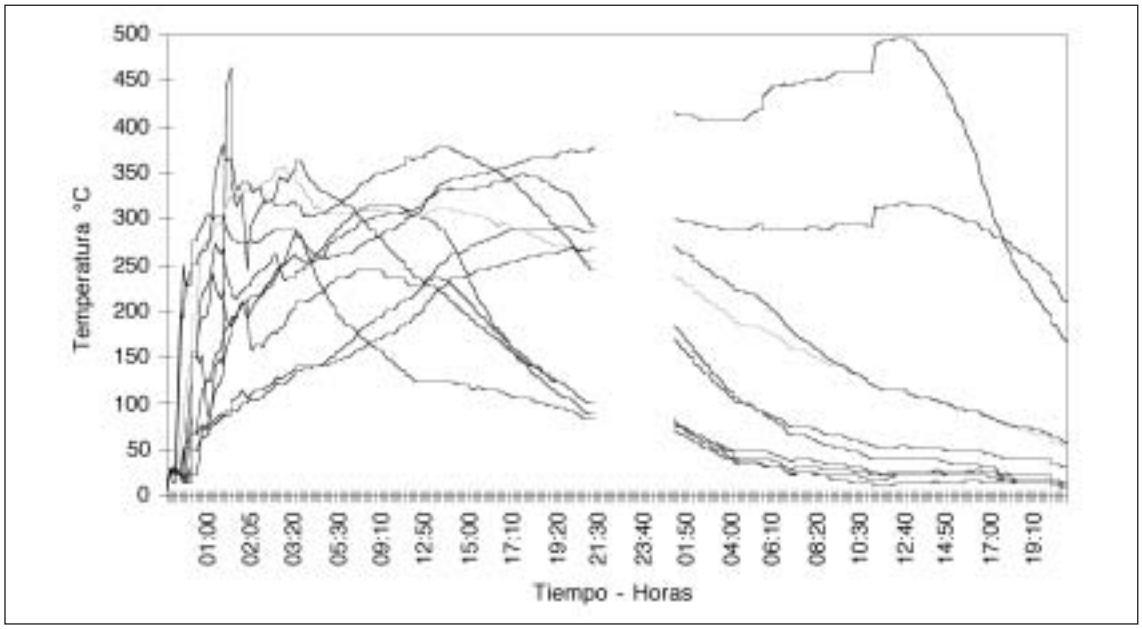
Hogar plano sin borde. Combustible: 21'5 Kg. de encina (*Quercus ilex)*
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración: 8:40 horas



Experiencia 5. Salt 1.
Hogar plano sin borde. Combustible: 17 Kg. de pino (*Pinus halepensis).*
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración: 18 horas.

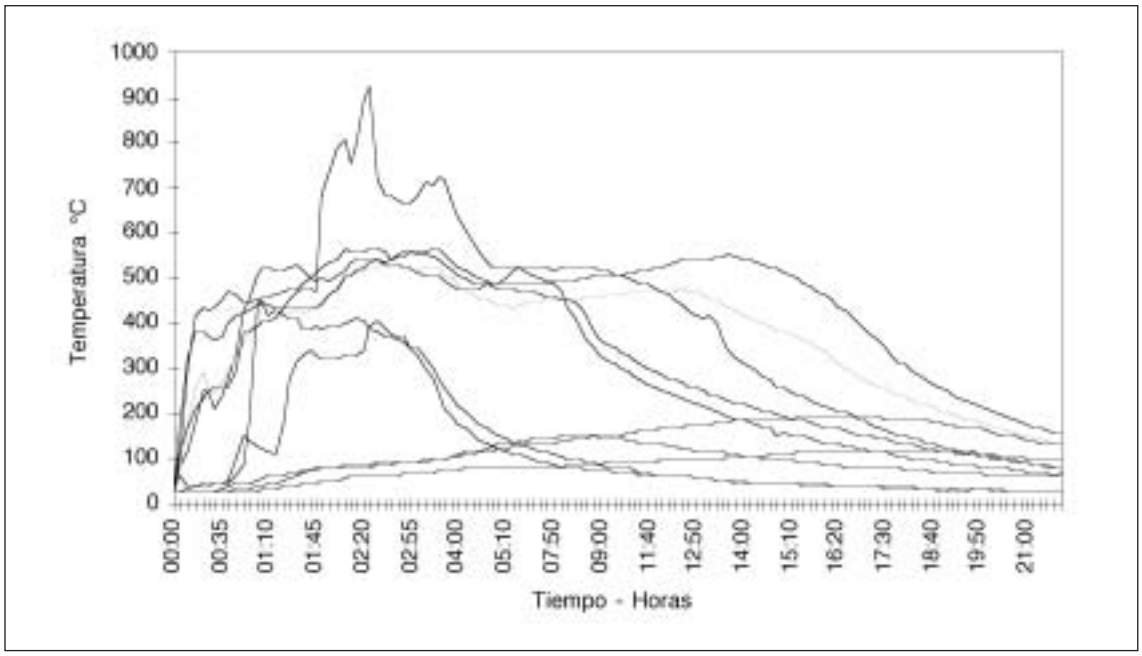


Experiencia 6. Salt 2.
Hogar con borde de rocas calizas. Combustible: 23’5 Kg. de pino (*Pinus halepensis*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración: 26:10 horas.



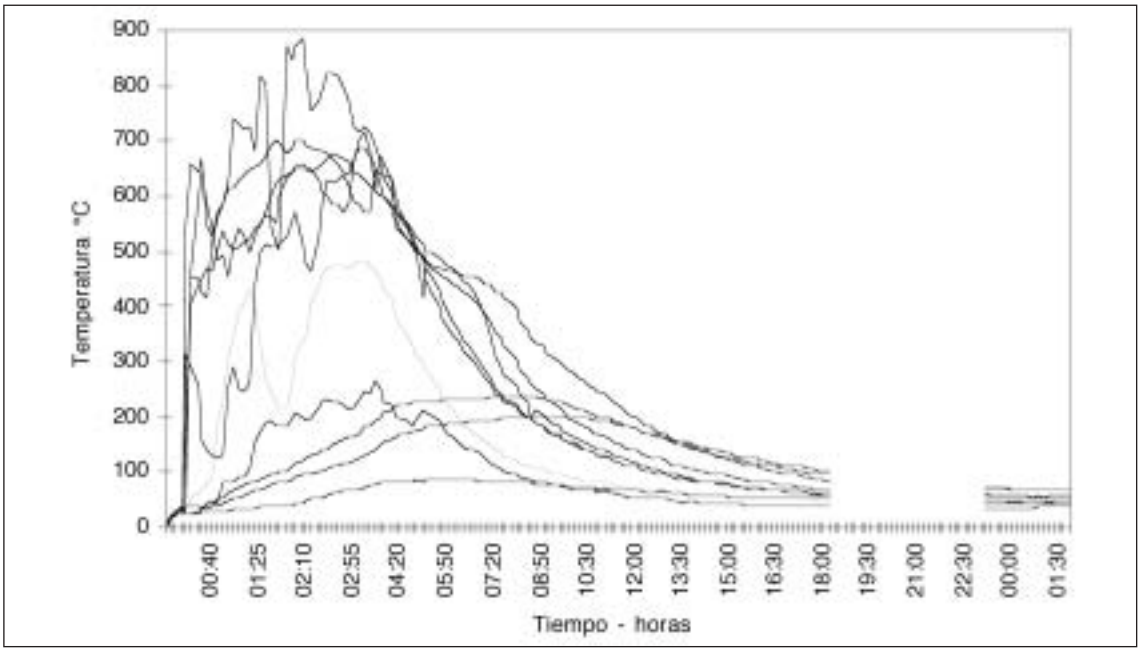
Experiencia 7. Guinea 1.

Hogar plano sobre suelo volcánico. Combustible: 26'5 Kg. de calcosa o vinagrera (*Rumex lunaria*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 44:40 horas.



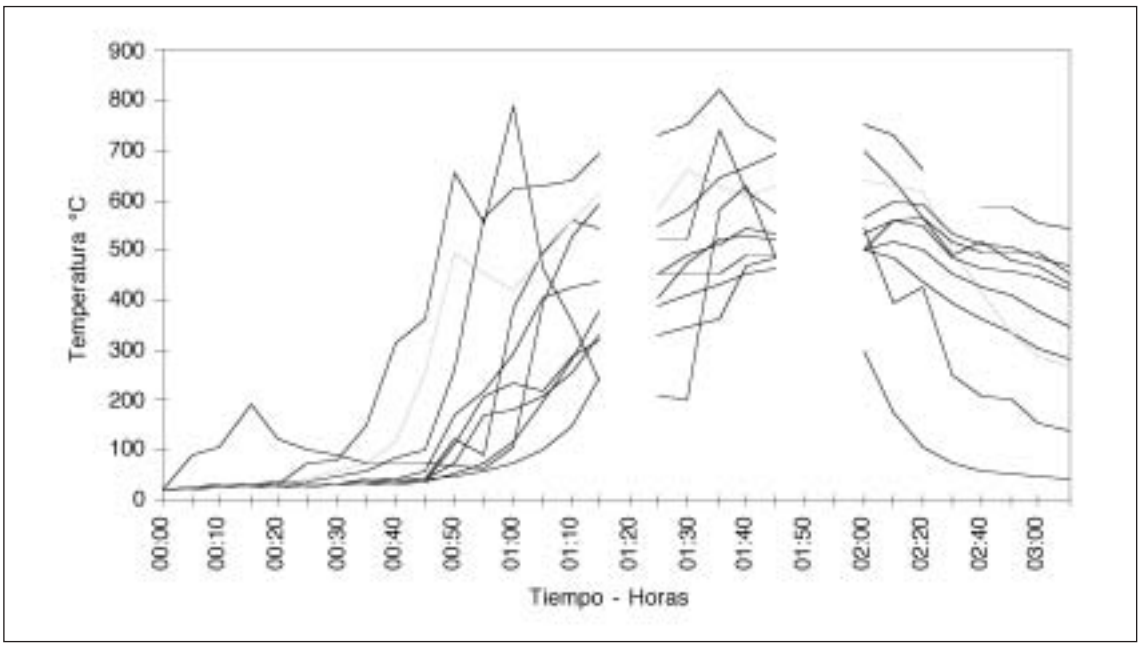
Experiencia 8. Guinea 2.

Hogar plano sobre suelo volcánico. Combustible: 29 Kg. de sabina (*Juniperus phoenicae*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 21:50 horas.



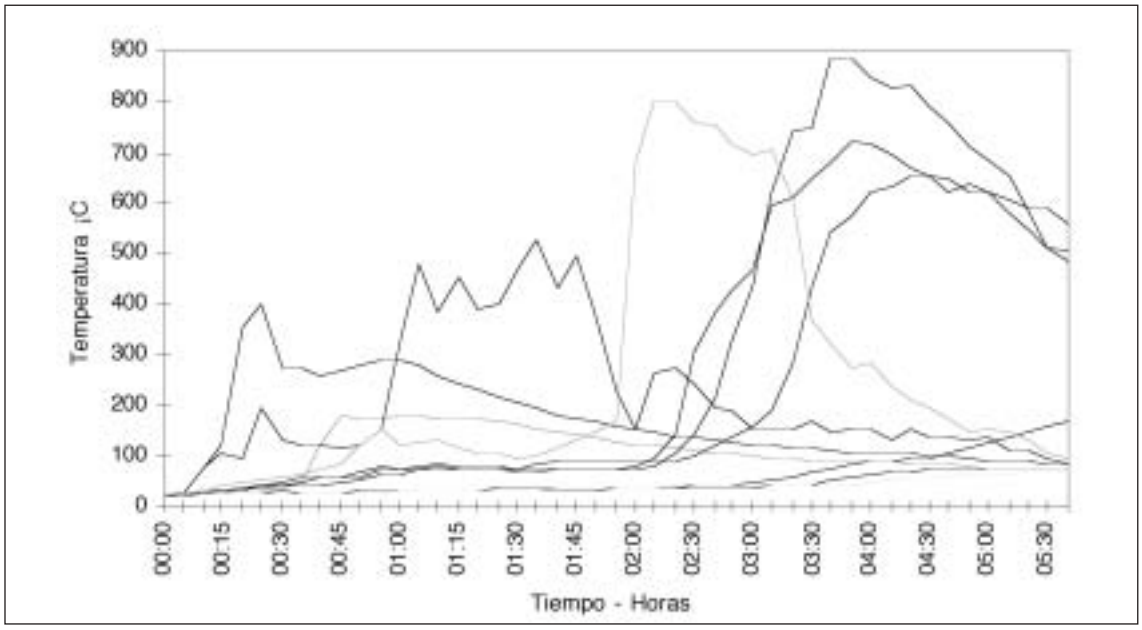
Experiencia 9. Guinea 3.

Hogar plano sobre suelo volcánico. Combustible: 25 Kg. de brezo (*Erica arborea*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 25:50 horas.



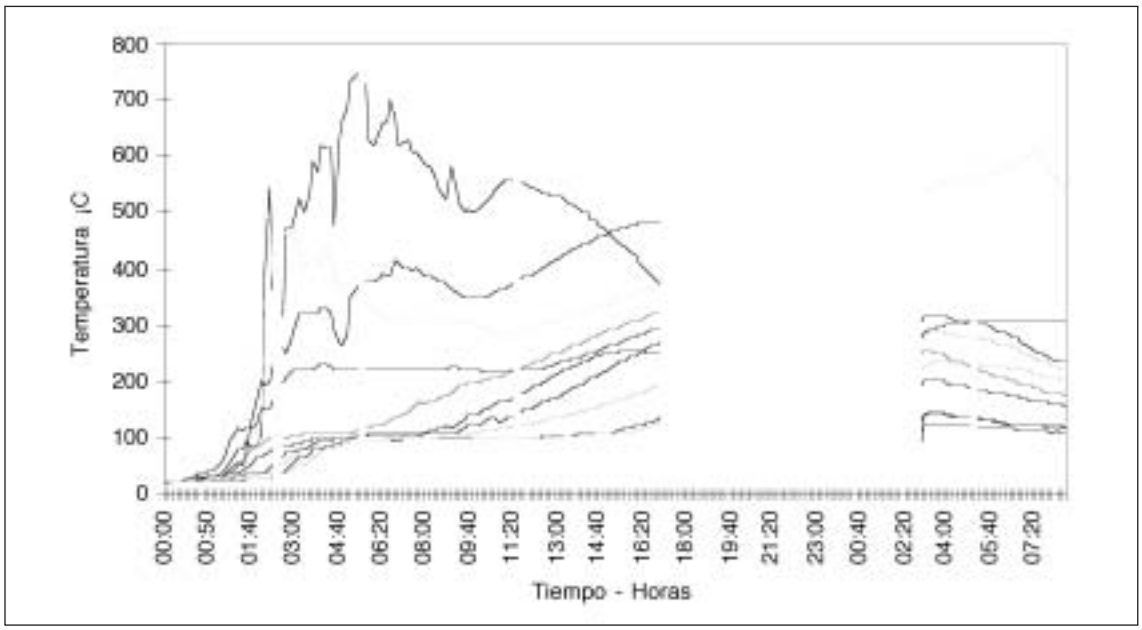
Experiencia 10. Alfar 1.

Hogar en cubeta para cocción de cerámica. Combustible: 21 Kg. de laurisilva.
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 3 horas.



Experiencia 11. Alfar 2.

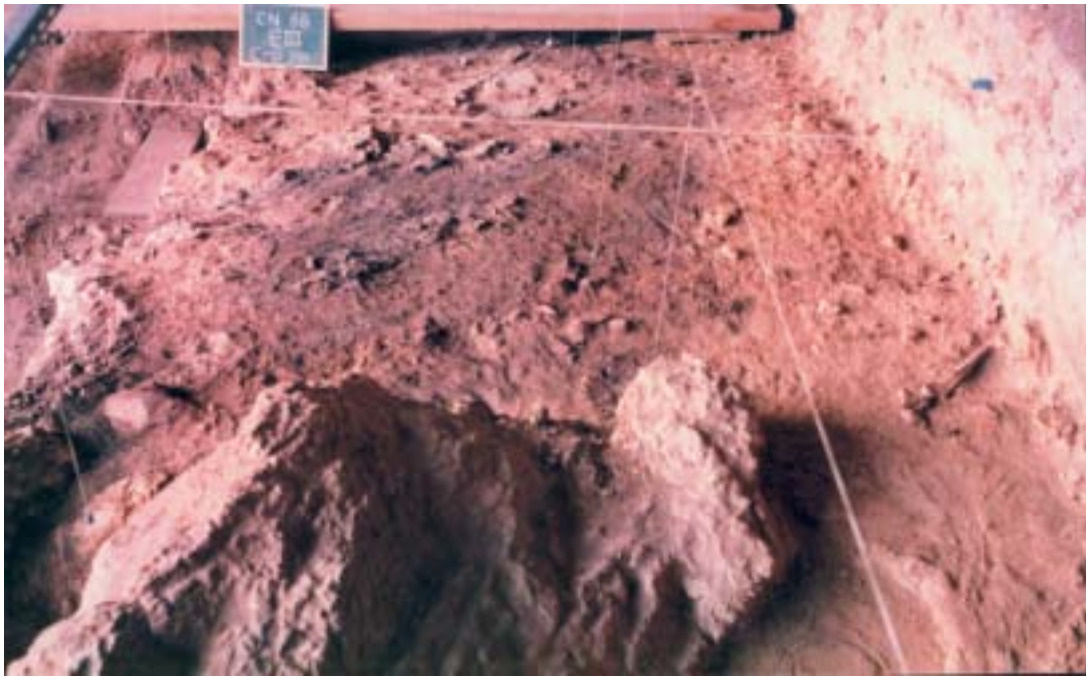
Hogar carbonera para cocción de cerámica. Combustible: 17 Kg. de brezo (*Erica arborea*).
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 5:40 horas.



Experiencia 12. Alfar 3.

Hogar en cubeta para cocción de cerámica. Combustible: 99 Kg. de laurisilva.
Tiempo de encendido: 3 horas. Duración controlada: 32:30 horas.

LÁMINAS



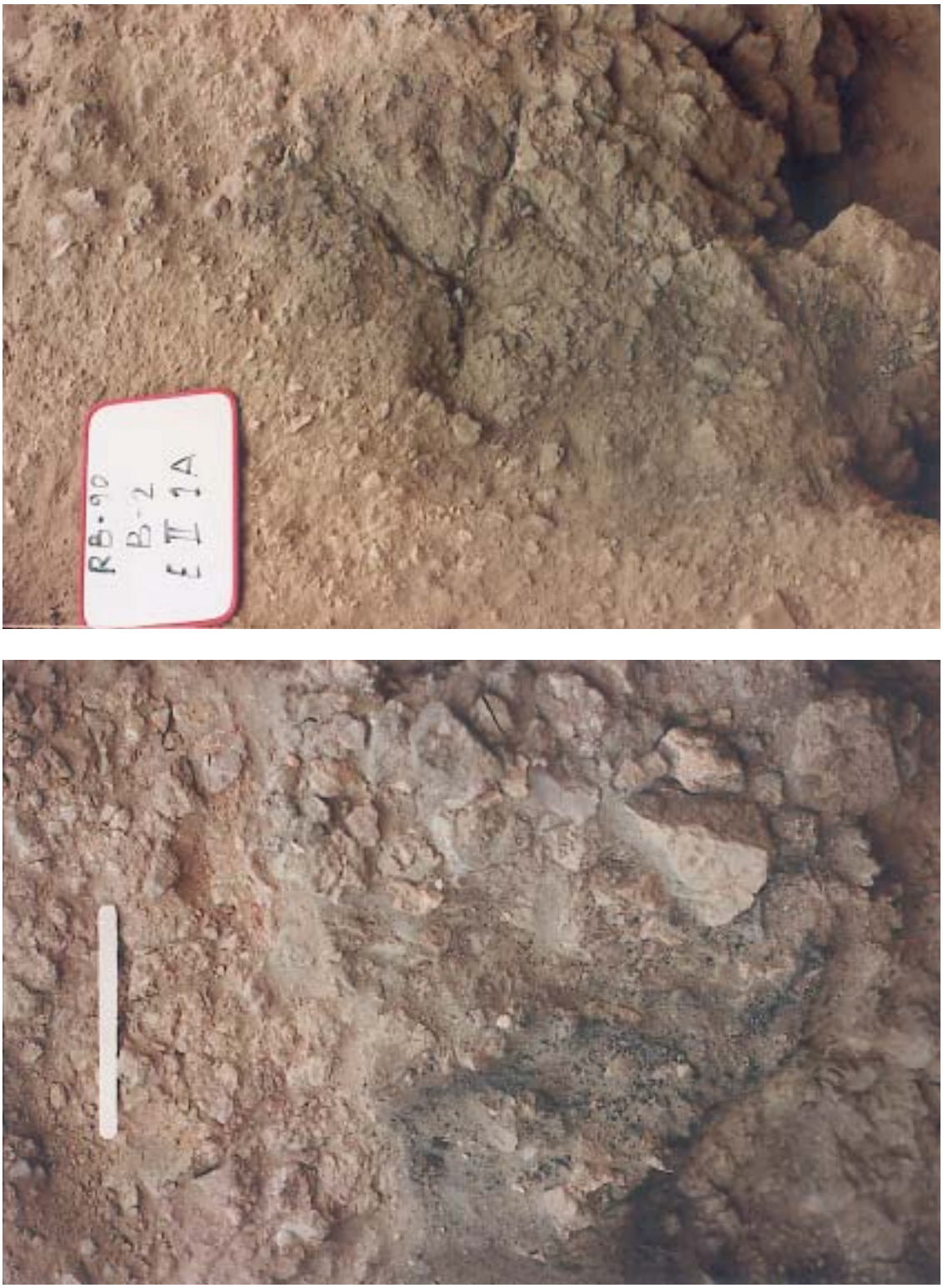
Lám. 1. Cova Negra. Sector Oeste.

Lám. 2. Cova Negra. Sector Norte. Estrato IV nivel 2.

Lám. 3. Cova Negra. Sector Norte. Estrato IV nivel 3.

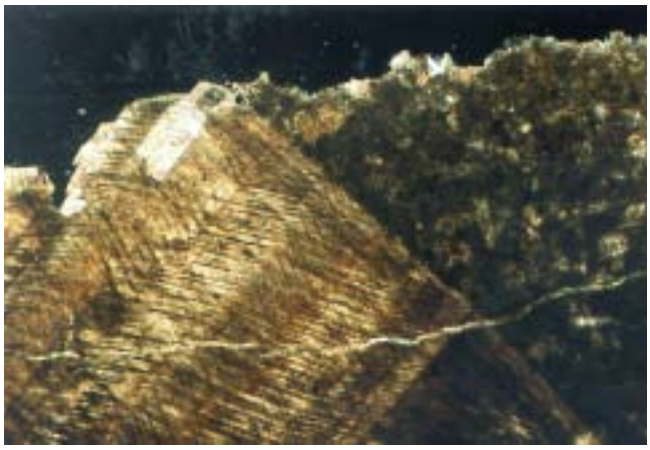
Lám. 4. Cova Negra. Sector Norte. Estrato V nivel 1.

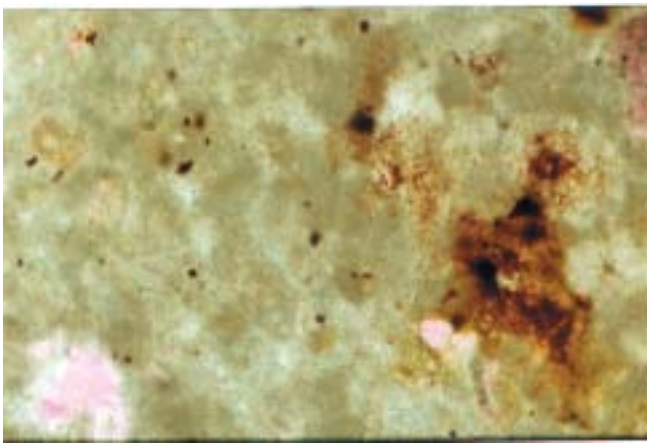
Lám. 5. Cova Negra. Sector Norte. Estrato V nivel 5.



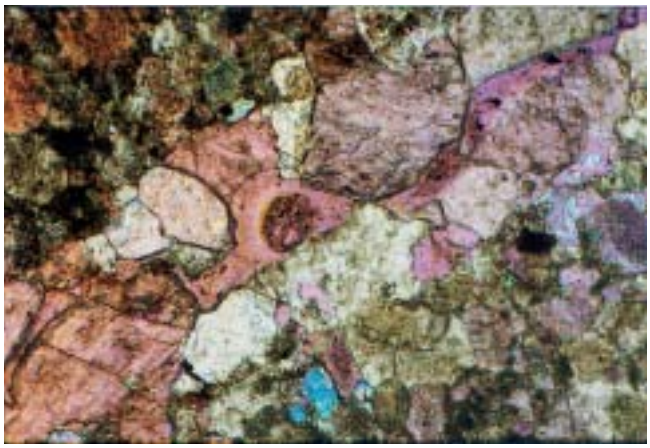
Lám. 6. Ratlla del Bubo. Estrato II nivel 1.

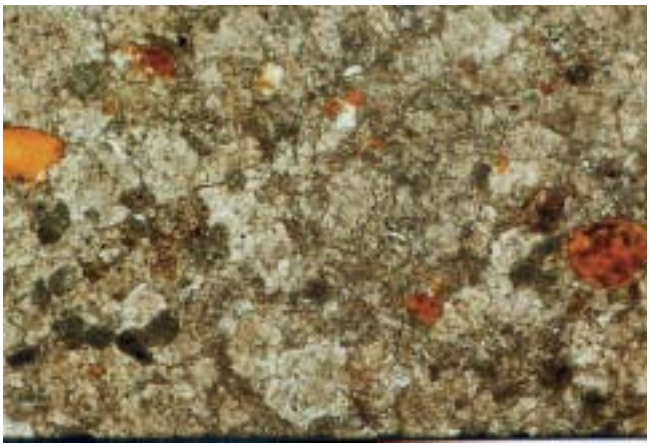
Lám. 7. Ratlla del Bubo. Estrato III-IV.





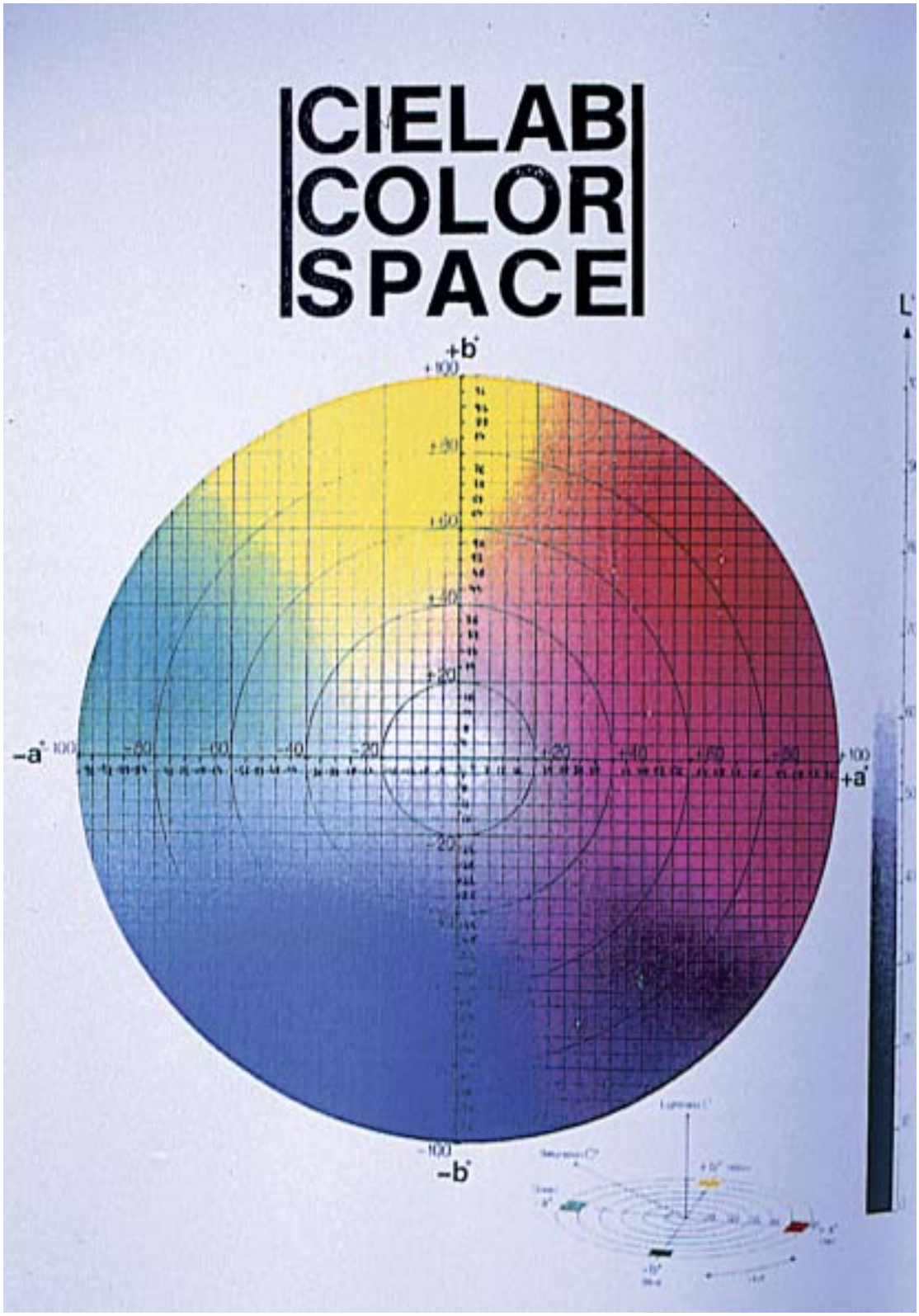
Muestra 256 calentada a 500ºC al aire libre. Muestra desintegración de los carbonatos. Óxidos de hierro.





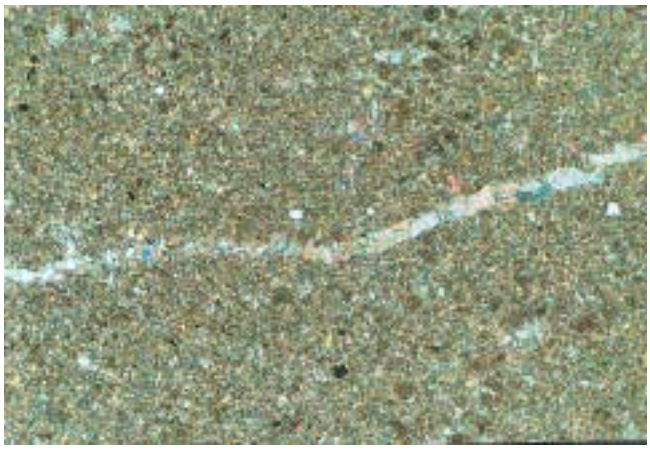
Muestra 255 calentada a 500ºC. Nótese la coloración amarillenta de los óxidos de hierro.

Lám. 8. Microscopio petrográfico.

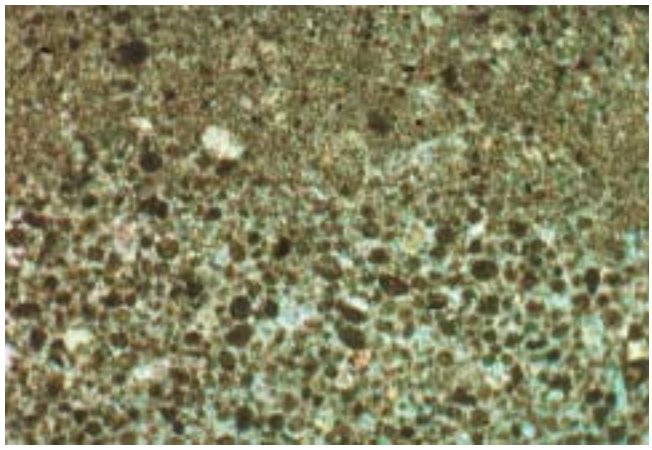


Lám. 9. Espacio de color CIELAB.

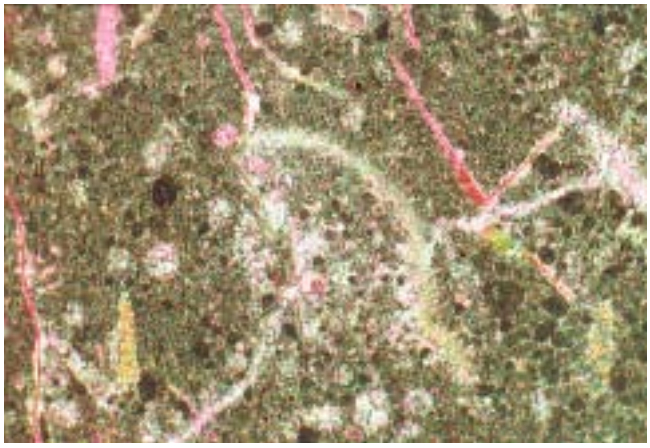
Lám. 10. Hogar experimental. En la imagen superior se observa como quedó el hogar cuando se apagó. En el medio ha transcurrido un año y en la imagen inferior han pasado tres años.



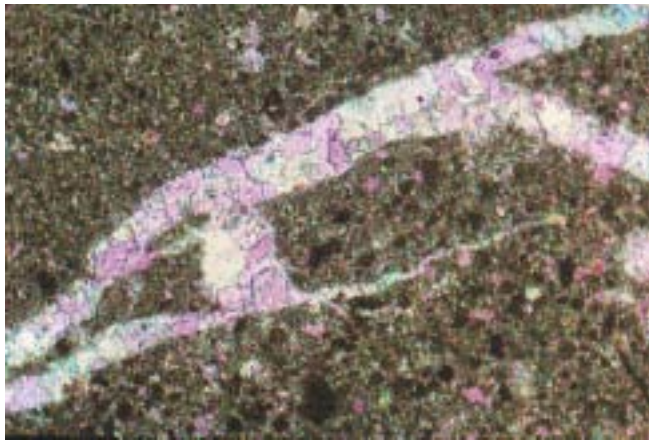
Muestra sin calentar. Pellets y oolitos.



Calentada a 300º. Pellets y oolitos.



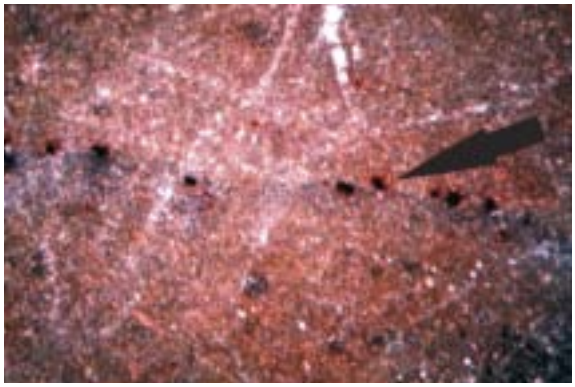
Calentada a 500ºC. Oscurecimiento de los pellets.



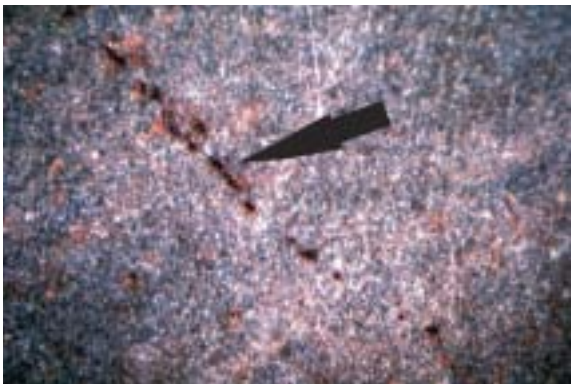
Calentada a 600ºC. Oscurecimiento de los pellets.

Lám. 11. Microscopio petrográfico.

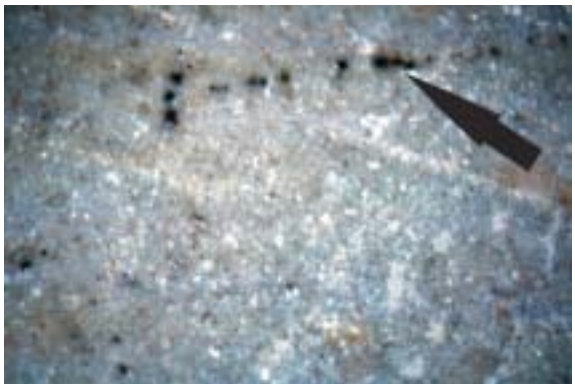
Sin calentar.



Calentada a 300ºC.

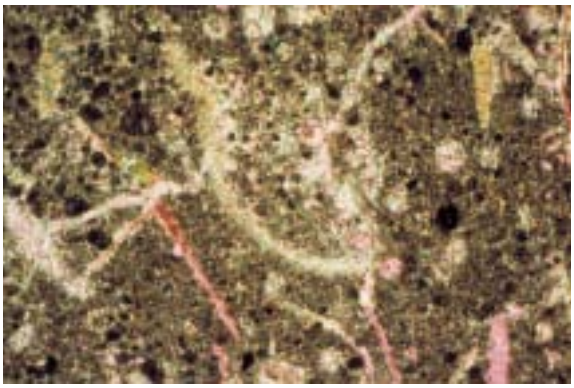


Calentada a 600ºC.

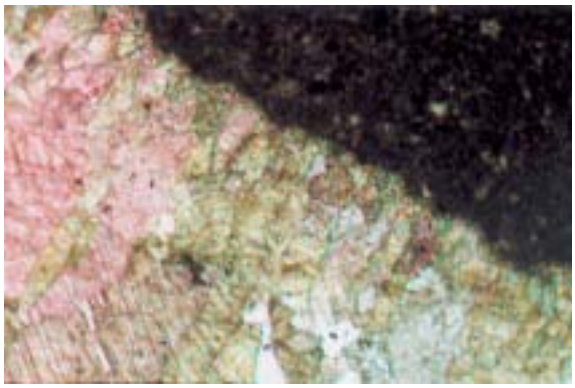


Calentada a 700ºC.

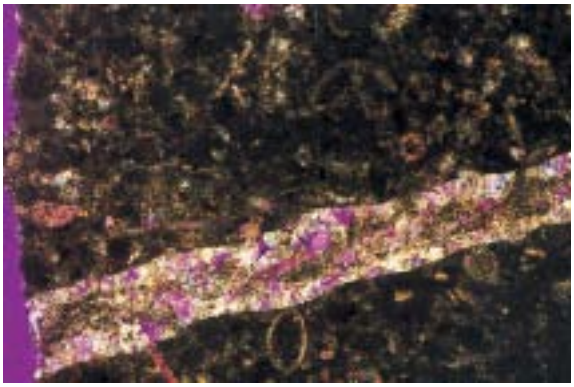
Lupa binocular. Calentamiento en mufla. Cambios en el aspecto de los óxidos de hierro.



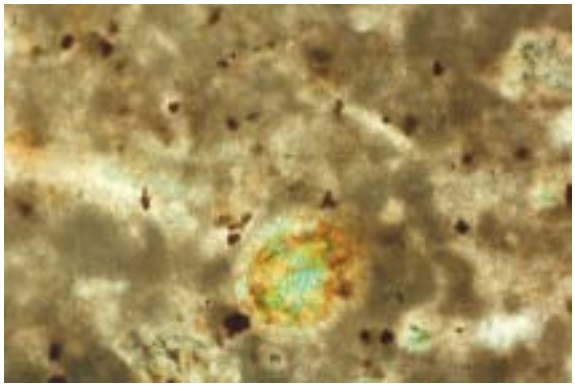
Calentada a 500ºC.



Calentada a 500ºC.



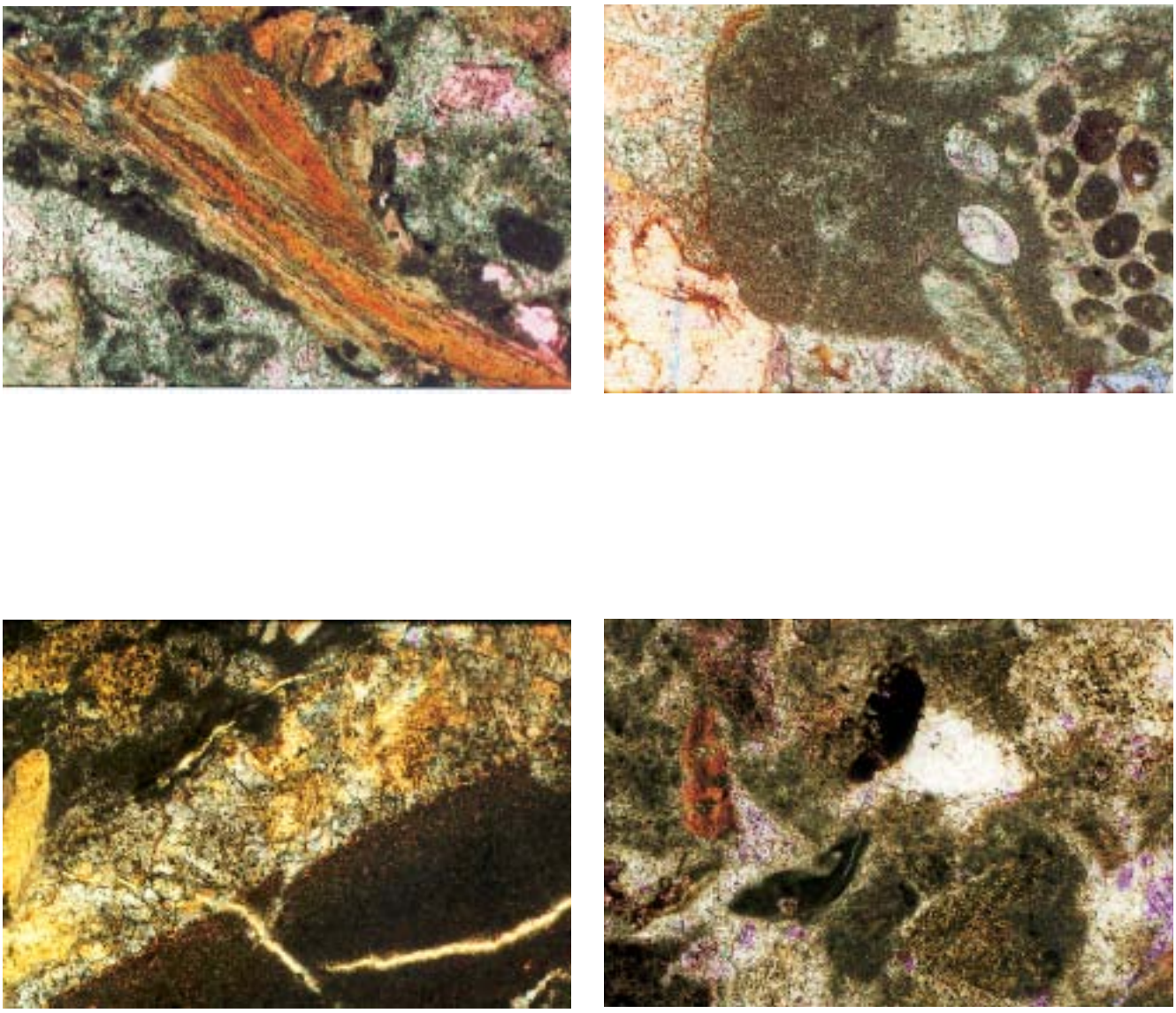
Calentada a 700ºC.



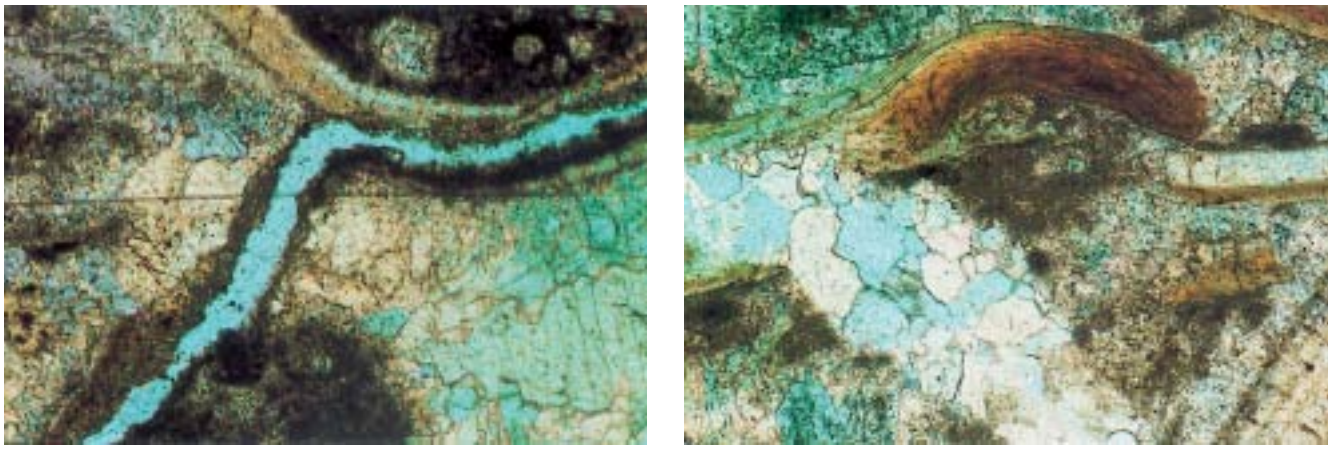
Calentada a 700ºC. Óxidos de hierro

Microscopio petrográfico. Calentamiento en mufla. Cambios en el aspecto de los óxidos de hierro.
Lám. 12.

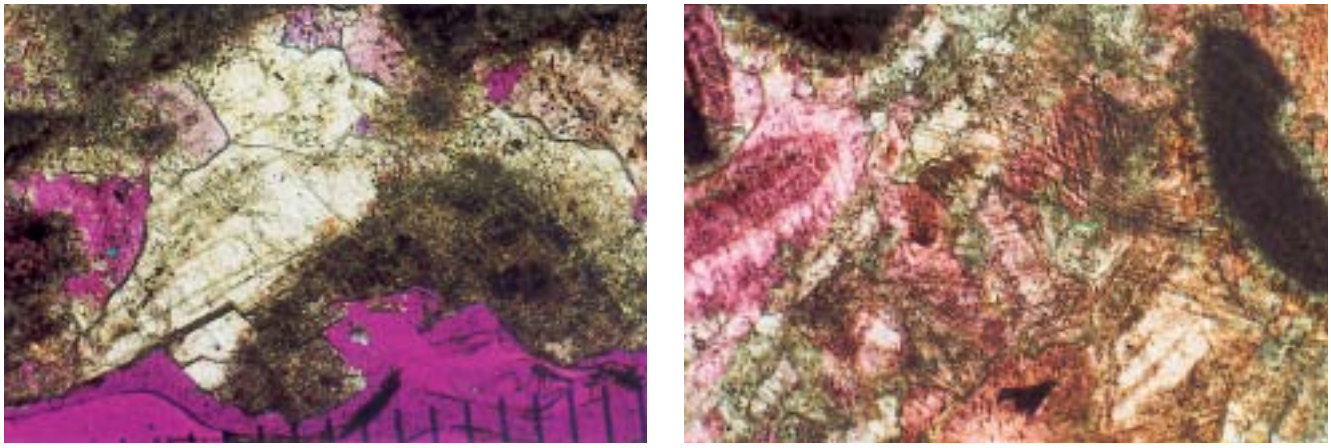
Lám. 13. Ratlla del Bubo. Estructura de Combustión del Nivel II. Arriba 1987 y abajo 1990.



Lám. 14. Microscopio petrográfico. Muestra arqueológica. Pellets oscurecidos por calentamiento.



Muestra arqueológica. Fractura por calentamiento.



Muestra arqueológica. Desintegración de carbonatos a causa del calentamiento.

Lám. 15. Microscopio petrográfico.

Encendido. 10 sondas pirométricas tipo K.

Fase de enfriamiento.

Después de levantar las rocas.

Perímetro de las manchas una vez levantados los carbones y las cenizas.

Lám. 16. Hoguera experimental.