

Aproximación desde la química orgánica al estudio de los hogares del yacimiento del Paleolítico medio de El Salt (Alicante, España)

AINARA SISTIAGA GUTIÉRREZ*; RAMIRO MARCH**;
CRISTO M. HERNÁNDEZ GÓMEZ*; BERTILA GALVÁN SANTOS*

Presentamos un estudio preliminar de los lípidos contenidos en los sedimentos de las estructuras de combustión conservadas en el yacimiento del Paleolítico medio de El Salt para reconstruir sus historias respectivas. Estos análisis favorecen la comprensión del funcionamiento de los fuegos prehistóricos mediante la información que se deriva de la determinación de los compuestos orgánicos, así como de su asociación con otros elementos termoalterados.

Palabras clave: Evidencias de combustión. Materia orgánica. Neandertales. Análisis lipídicos. Biomarcadores.

Presentem un estudi preliminar dels lípids continguts en els sediments de les estructures de combustió conservades al jaciment del Paleolític Mitjà del Salt, per a reconstruir-ne les històries respectives. Aquestes anàlisis afavoreixen la comprensió del funcionament dels focs prehistòrics mitjançant la informació que es deriva de la determinació dels compostos orgànics, així com de la seua associació amb altres elements termoalterats.

Paraules clau: Evidències de combustió. Matèria orgànica. Neandertals. Anàlisis lipídiques. Biomarcadors.

An approach from organic chemistry to the study of the hearths of the Middle Palaeolithic archaeological site at El Salt (Alcoi, Alicante, Spain)

We present a preliminary chemical study of lipids isolated from sedimentary samples from the Middle Palaeolithic fireplaces of El Salt archaeological site. This enables us to contemplate a certain number of elements that are used for the reconstruction of the respective histories of the combustion structures studied. The lipidic analysis allows us to define the function of prehistoric combustion structures through the examination of preserved organic compounds and their association with burnt remains.

Key words: Evidences of combustion. Organic matter. Neanderthal. Lipidic analysis. Biomarkers.

I. INTRODUCCIÓN

Para muchos el fuego nos hizo humanos, nos permitió cocinar los alimentos y de este modo transformar culturalmente el sustento crudo en cocinado. Como el lenguaje o el pensamiento simbólico, la cocción es una práctica típicamente humana que nos desmarca de la naturaleza (Lévi-Strauss, 1965).

La domesticación del fuego supuso una revolución en las vidas de los primeros homínidos, quienes poco a poco le fueron confiriendo un papel mayor. Ello se refleja en los numerosos yacimientos, principalmente del Paleolítico medio, donde las evidencias de combustión constituyen uno

de los principales testimonios de la vida cotidiana de los neandertales, pudiéndose reconocer habitats complejos cuyo espacio se estructura en torno a los hogares. Destacan los yacimientos de Kebara en Israel (Goldberg *et al.*, 2000; Bar-Yosef *et al.*, 2008), La Combette o Roc de Marsal en Francia (Jaubert y Delagnes, 2007). En el ámbito peninsular ibérico El Castillo (Uzquiano, 2006), Axlor (Ríos *et al.*, 2003; Ríos, 2005), El Esquilleu (Jordá *et al.*, 2008; Carrión *et al.*, 2003), y principalmente, el Abric Romaní (Allue *et al.*, 1998; Carbonell, 2002; Carbonell y Vaquero, 1998; Vallverdú, 2002; Vallverdú *et al.*, 2010; Vaquero *et al.*, 2001), Roca dels Bous (Casanova *et al.*, 2009; Mora *et al.*, 2008), así como el conjunto de Gibraltar (Barton, 2000; Finlayson *et al.*, 2000; 2007) y Bajondillo (Cortés, 2007). En la región alicantina sobresalen sitios como Bolomor (Fernández, 2003; 2007; Fernández *et al.*, 1994; 1997; Sañudo y Fernández, 2007), Cova Negra (Soler, 1996); Beneito (Doménech, 1995; Fumanal y Carrión, 1992), Abric del Pastor (Galván *et al.*, 2007-2008) y, sobre todo, El Salt (Galván, 1992; Galván *et al.*, 2001; 2006a; 2006b; Fumanal *et al.*, 1997).

En la actualidad, el estudio de los hogares ha recibido un gran impulso gracias a la incorporación de la micromorfología

* Dpto. de Prehistoria, Arqueología, Antropología e Hª Antigua de la ULL. Grupo de Investigación: *Sociedades Cazadoras-Recolectoras Paleolíticas*.

Proyecto I+D+I (HAR2008-06117/HIST): Territorio neandertal. Caracterización de las primeras sociedades cazadoras-recolectoras en los valles alcoyanos (Alicante, España). (MICINN-FEDER).

ainarasistiaga@gmail.com

** UMR6566-CNRS, Univ. de Rennes 1.

Recibido: 24-05-2011. Aceptado: 23-06-2011

gía de suelos (Berna y Goldberg, 2007; Goldberg y Berna, 2010; Goldberg *et al.*, 2009; Karkanas *et al.*, 2002; 2007; Courty *et al.*, 2010) y los métodos físico-químicos en el análisis de los restos de combustión (Buonasera, 2005; Cañabate y Sánchez, 1997; March *et al.*, 1989; 1993; 2006; March y Soler, 1999; Rottländer, 1983; Rottländer *et al.*, 1979). Asimismo, la arqueología comienza a otorgarle un tratamiento mucho más específico, apropiado a la complejidad e importancia del registro. Las descripciones precisas de estructuras o los remontajes y análisis de rocas termoalteradas (Speth *et al.*, 2011; Buonasera, 2005; Dorta *et al.*, 2010; Carbonell y Castro-Curel, 1992; Pastó *et al.*, 2000; Vaquero y Pastó, 2001; Vallverdú *et al.*, 2010) son cada día más frecuentes y la idea de que los restos de un hogar arqueológico son el resultado de una estructura que ha evolucionado a lo largo de su vida útil y después de su abandono, está ampliamente aceptada. Sin embargo, nuestro conocimiento sobre la aplicación de la energía térmica se encuentra todavía en sus inicios, y nos enfrentamos a una casi ausencia de útiles metodológicos.

Las estructuras de combustión se revelan como uno de los componentes más importantes del registro arqueológico de El Salt y desempeñan un papel esencial como elementos estructuradores del espacio (Dorta, 2009; Dorta *et al.*, 2010; Gómez *et al.*, 2009; 2010; Marrero, 2010; Sistiaga, 2008; 2010). Además, el estudio de sus relaciones estratigráficas ha permitido desarrollar una aproximación a los problemas de la identificación de palimpsestos arqueológicos, puesto que la aplicación de una metodología específica de excavación de estas estructuras ha puesto en evidencia la sucesión en el espacio de una secuencia de episodios térmicos. Probablemente estos hogares tuvieron funciones múltiples que iban desde la iluminación a la estructuración del hábitat, ahora bien su funcionamiento concreto constituye un campo de investigación de gran interés.

Este estudio se inscribe en dicha línea y en él presentamos una primera aproximación desde la química orgánica, al análisis integral de los sedimentos procedentes de cuatro estructuras de combustión y otras dos unidades sedimentarias aisladas, relacionadas con la realización de fuegos, pero no organizadas como hogares, documentadas en la UE X de El Salt. Este trabajo preliminar, en el que se identifican los lípidos contenidos en las muestras sedimentarias analizadas, pretende mejorar la lectura del funcionamiento de las estructuras de combustión y de las actividades que en ellas y en torno a ellas se desarrollaron, así como su significación en lo que concierne a la comprensión de las técnicas culinarias empleadas y, desde una perspectiva más amplia, a la organización espacial de algunas de las ocupaciones humanas del mencionado yacimiento.

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y METODOLOGÍA

En el yacimiento de El Salt se han excavado una serie de hogares que cumplen una función fundamental como estructuradores de áreas de actividad, localizados en distintas zonas del yacimiento, aunque se concentran principalmente en las proximidades de la pared del abrigo. Mayoritariamen-

te presentan una sucesión de capas con coherencia térmica: cenizas, área negra y área marrón o marrón rojiza que reproducen algunos datos experimentales (Lucquin *et al.*, 2006; Lucquin 2007; March 1995a; 1996; March y Soler, 1999; March *et al.*, 1993; 2008; Soler, 1996; 2003). Normalmente se trata de estructuras simples, realizadas directamente sobre el suelo, si bien su tamaño original fluctúa entre las hogueras de pequeño tamaño (inferior a los 30 cm de diámetro) y las grandes estructuras de más de 1 m de diámetro. Se parte de la hipótesis de que esta variabilidad responde a cuestiones de índole funcional que deben ser investigadas, más allá de una mera correlación mecánica forma-función.

Para la realización de este trabajo se ha puesto en práctica un proceso de investigación articulado en cuatro fases. La primera tiene lugar en el terreno y consiste en la excavación y muestreo de las estructuras de combustión, siguiendo una metodología específica (March y Soler, 2003), en la que se individualizaron las distintas facies sedimentarias que conforman la estructura. La segunda, realizada en el Laboratoire d'Archéosciences de l'Université de Rennes1, UMR656 del CNRS "Centre de Recherches en Archéologie Archéosciences et Histoire", consistió en el procesado de las muestras arqueológicas según el protocolo derivado de la química orgánica para la obtención y procesado de los extractos analizables. En el tercer estadio, se interpretaron los datos a partir de los estudios de la respuesta química de los lípidos a la temperatura. Y por último, se abordó la lectura histórica de la información obtenida.

La materia orgánica conservada en las estructuras de combustión puede contribuir a definir mejor los aspectos relacionados con la tecnología del fuego y el funcionamiento de las hogueras, así como sus respectivos usos. En los casos en que esta conservación sea la adecuada, se podrá determinar la naturaleza animal o vegetal de los cuerpos grasos depositados en las estructuras; e incluso, en ocasiones, el análisis de ciertas moléculas o las ratios establecidas entre las familias de los compuestos posibilitarán precisar su origen en el seno de una familia de plantas o animales concreta. Estos datos contribuyen de manera muy significativa a la comprensión y reconstrucción de la historia de las respectivas estructuras. El estudio de tres compuestos orgánicos principales: los ácidos grasos, los n-alcenos y los esteroides, permitirá acceder a este tipo de aproximaciones.

Los ácidos grasos

Son un grupo importante de compuestos orgánicos lipídicos, presentes de manera natural bajo una forma libre, o bien esterificados en moléculas más complejas. Tienen una estructura simple, compuesta de una cadena de carbonos de tamaño variable, asociada a una función ácida carboxílica, o bien a dos funciones (ácido dicarboxílico). La cadena es generalmente lineal, con un número par de carbonos. Estos ácidos grasos lineales constituyen las moléculas lipídicas que encontramos con más regularidad en los extractos orgánicos de origen arqueológico (Charters *et al.*, 1997; Evershed *et al.*, 1992; Lucquin, 2007; Lucquin *et*

al., 2006; March, 1999; March y Soler, 1999; Regert *et al.*, 1998; 2002; Rotländer, 1983). Su tamaño es variable (de 2 a 80 carbonos). En este trabajo la longitud de las cadenas consideradas fluctúa en un intervalo $C_{13,0}$ - $C_{34,0}$ ($C_{n,x}$, donde n = número de carbonos y x = número de insaturaciones). Si bien estos ácidos son considerados de cadena larga o muy larga (superiores a $C_{20,0}$), vamos a utilizar la terminología ya empleada por nuestro equipo en investigaciones precedentes (March, 1995b; Lucquin, 2007) según la cual, los ácidos comprendidos entre $C_{13,0}$ y $C_{20,0}$ serán denominados ácidos grasos de cadena corta y aquellos superiores a $C_{20,0}$ ácidos grasos de cadena larga.

Los ácidos grasos serán saturados (SFA, saturated fatty acids) o insaturados, dependiendo de que la cadena tenga o no dobles enlaces, respectivamente. Entre los insaturados se distinguen los monoinsaturados (MUFA, monounsaturated fatty acids) cuando contengan un único doble enlace, y poliinsaturados (PUFA, polyunsaturated fatty acids) cuando posean varios, separados por un único grupo metileno. Los ácidos grasos saturados de cadenas superiores a $C_{10,0}$ no parecen sensibles a la degradación y son mucho más estables químicamente que sus homólogos insaturados. Las proporciones de los ácidos grasos saturados son muy buenos indicadores del origen animal y/o vegetal de las muestras, debido a su estabilidad.

El contenido en ácidos grasos saturados e insaturados de las muestras arqueológicas es uno de los criterios utilizados para la determinación de la naturaleza de la materia orgánica, siguiendo un protocolo analítico con distintas etapas.

La primera consiste en una comparación directa con distribuciones de ácidos grasos de productos de referencia (March, 1995b; 1999; March *et al.*, 1989; March y Lucquin, 2006; Nakano, 1989a; 1989b; Rotländer, 1985; 1991; Rotländer y Schlichterle, 1979). Este tipo de comparaciones se realiza con cada muestra y necesita de numerosos patrones referenciales y de un buen conocimiento del contexto medioambiental y arqueológico de la muestra, que permita precisar la lectura realizada. Además, algunos ácidos grasos particulares son estimados como buenos biomarcadores. Asimismo hemos empleado diferentes relaciones e índices que nos han permitido obtener una visión más sintética de las muestras y de los referenciales.

Uno de los índices utilizados para los ácidos grasos es el *carbon preference index* (CPI). El CPI permite evaluar la maduración de la materia orgánica, estudiando la proporción entre los ácidos grasos saturados de cadena larga que tienen un número de carbonos pares e impares (fig. 1, ecuación 2). Utilizado inicialmente en estudios de química del petróleo y en biogeoquímica (Bray y Evans, 1961; Cooper y Bray, 1963). En arqueología lo encontramos asociado al estudio de sedimentos o al de actividades ligadas al empleo del fuego (Lucquin *et al.*, 2007; March, 1999; Pepe y Dizabo, 1990). Cuanto más cercano a 1 es el CPI mayor será el grado de degradación de la muestra (Pepe y Dizabo, 1990). Esta degradación puede obedecer a dos orígenes, el primero provocado por una pérdida natural de materia orgánica a lo

largo del tiempo, y el segundo, por los efectos de actividades antrópicas, particularmente las culinarias o de combustión (March, 1995b; 1996; March y Soler, 1999; March *et al.*, 2008).

$\text{CPI (alcanos)} = 1/2 \left[\frac{\frac{n}{\Sigma \text{impares}}}{\frac{21}{n-1}} + \frac{\frac{n}{\Sigma \text{pares}}}{\frac{21}{n+1}} \right]$	$\frac{n}{\Sigma \text{impares}} = \frac{21}{n-1}$ $\frac{n}{\Sigma \text{pares}} = \frac{21}{n+1}$
$\text{CPI (ácidos)} = 1/2 \left[\frac{\frac{n}{\Sigma \text{pares}}}{\frac{22}{n-1}} + \frac{\frac{n}{\Sigma \text{impares}}}{\frac{22}{n+1}} \right]$	$\frac{n}{\Sigma \text{pares}} = \frac{22}{n-1}$ $\frac{n}{\Sigma \text{impares}} = \frac{22}{n+1}$

Figura 1. Fórmula del cálculo del CPI ácidos grasos y alcanos, n = número máximo de carbonos observado (Cooper & Bray 1963).

Hidrocarburos: Los n-alcanos

Los n-alcanos son cadenas alifáticas simples de hidrocarburos saturados (C_nH_{2n+2} , abreviado C_n). De naturaleza hidrofóbica, están ampliamente presentes en el dominio vegetal donde juegan un papel esencial en la hidratación de las plantas.

Contrariamente a los ácidos grasos, la presencia de alcanos no ha sido muy utilizada en el dominio de la arqueología. Su uso es conocido en la identificación de los betunes (Ali *et al.*, 2006; Connan *et al.*, 1999; 2004), pero en el campo de la alimentación no está muy extendido. No obstante, su presencia en sedimentos y en hogares ha sido objeto de algunos estudios (March, 1995b; 1999; March *et al.*, 1989; 2006; March & Wunsch, 2003; March y Lucquin, 2006; March y Soler, 1999; Pepe y Dizabo, 1989; 1990).

El perfil obtenido difiere notablemente según el grado de alteración de los productos, provocando variaciones en las muestras según procedan de suelo no termoalterado, de los estratos carbonosos o de las cenizas de las estructuras de combustión. Los alcanos, aunque presentes en cantidades escasas, aparecen sistemáticamente al separarse la fracción ácida de la neutra y aún más cuando esta última es dividida en cuatro subfracciones. Su número, así como la diversidad de los perfiles existentes aportan una información complementaria en relación con los ácidos grasos.

Los alcanos sufren reacciones de maduración que les conducen a la pérdida de un CH_2 en la cadena alquila. El empleo del *Carbon preferente index* (CPI) para los alcanos permite juzgar la intensidad de la maduración (Bray y Evans, 1961; Cooper y Bray, 1963) (fig. 1, ecuación 1).

La influencia de las técnicas de cocción sobre la degradación de los n-alcenos va a ser significativa y provoca cambios importantes en su perfil, favoreciendo la aparición de cadenas cortas ligadas a la alteración de los ácidos grasos durante la cocción.

Los esteroides y los terpenos

Los terpenos están definidos como hidrocarburos formados por varias unidades 2-metil-1,3-butadieno (C₅H₈). Éstas son las moléculas más frecuentes en la literatura arqueológica. Los esteroides y sus derivados esteroidales son una forma particular de estos terpenos. Dichas moléculas, de manera general, están consideradas como excelentes biomarcadores. Una de las características que define a un biomarcador es la conservación de sus rasgos estructurales indicativos de la fuente biogénica original durante su diagénesis (Peters y Moldowan, 1993).

El colesterol es un indicador de productos de origen animal, mientras que los vegetales presentan una gran diversidad de esteroides y terpenos, que con frecuencia aparecen en las muestras de origen arqueológico, ya sea fruto de desechos alimentarios (Evershed, 1993; Evershed *et al.*, 1997a; 1992; Heron *et al.*, 1991; March, 1995a; 1995b; 1999; March *et al.*, 1989; 2003; March y Lucquin, 2006; March y Soler, 1999; Pepe y Dizabo, 1989; 1990; Regert *et al.*, 2003a), de residuos de combustión (March, 1995a; 1995b; 1999; March *et al.*, 1989; March y Lucquin, 2006; March y Soler, 1999; March y Wünsch, 2003), de degradaciones postdeposicionales o bacterianas (Evershed y Connolly, 1994; Evershed

et al., 1992; March, 1999; March *et al.*, 2003), o de breas o resinas vegetales (Aveling y Heron, 1999; Binder *et al.*, 1990; Charters *et al.*, 1993; Koller *et al.*, 2001; Lucquin *et al.*, 2007; Pollard y Heron, 1996; Regert, 1996; 1998; Regert *et al.*, 2003a; 2003b; Regert y Rolando, 2002; Urem-Kotsou *et al.*, 2002), o de materia fecal (Bull *et al.*, 1999a; 1999b; 1999c; 2000; 2002; Evershed *et al.*, 1997a; 1997b; Bethell *et al.*, 1994; Pepe y Dizabo, 1989; 1990; Grimalt *et al.*, 1990; van Geel *et al.*, 2008; Birk *et al.*, 2011).

2.1. PROCEDIMIENTO

La toma de muestras

De cada uno de los hogares y otros testimonios de combustión analizados se toman una serie de muestras siguiendo las apreciaciones macroscópicas observadas en el proceso de la excavación, esencialmente el color, la textura y la posición de los sedimentos termoalterados con respecto al resto (tabla 1). El muestreo ha sido realizado siguiendo el protocolo establecido por March (March y Soler, 1999). Para evitar cualquier tipo de contaminación, el material de muestreo (cucharas y útiles de dentista) fue esterilizado y los sedimentos extraídos se conservaron en papel de aluminio.

Extracción y separación de la materia orgánica

La materia orgánica conservada en las muestras es extraída con una mezcla de cloroformo metanol (2:1), proporcional a su peso (300 ml: 150 ml por 120 g de sedimento), mediante ultrasonificación en dos etapas de 90 minutos, a 40°C, respectivamente.

MUESTRA	CUADR.	UE	LEVANT.	AFA	DESCRIPCIÓN	PESO gr.
Estructura de combustión nº 28 (EC3Y3X7)						
28MB	Y3	X	7	5	Sedimento blanco	50,39
28B	Y3	X	7	5	Área gris	9,17
28ST	Y3	X	7	5	Área negra-marrón	93,30
Estructura de combustión nº 27 (EC1Z3X7)						
27B	Z3	X	7	4	Área blanca	32
27N	Z3	X	7	4	Área negra	40
27ST	Z3	X	7	4	Área marrón-roja	114
Estructura de combustión nº 19 (EC1Z4X6)						
19B	Z4	X	6	3	Área blanca	55,14
19N	Z4	X	6	3	Área negra	64,47
19ST	Z4	X	6	3	Suelo termoalterado	65,45
19SN	Z4	X	6	3	Suelo natural	83,31
Estructura de combustión nº 14 (EC1Z4Y4X2)						
14B	Z4/Y4	X	2	2	Área blanca	50,45
14N	Z4/Y4	X	2	2	Área negra	48
MUESTREO DE ÁREAS NO ESTRUCTURADAS COMO HOGARES						
15(Z3Z4X2B-3)	Z3/Z4	X	2	2	Área de cenizas	84,67
16 (Z3Z4X2N-0)	Z3/Z4	X	2	2	Área negra	98,24

Tabla 1. Tabla de muestras estudiadas en este trabajo.

El extracto obtenido se separa en dos fracciones: una con los ácidos orgánicos y otra, con las moléculas neutras, según el método McCarthy y Duthie (1962), utilizando una columna de sílice impregnada de una mezcla de isopropanol-hidróxido de potasio.

De la fracción ácida se obtienen los esteres metílicos al ser tratada durante media hora a 80°C de temperatura, con 1,5 ml de una mezcla de ácido clorhídrico concentrado en metanol. Por su parte, de la neutra se extraen cuatro semi-fracciones, por cromatografía líquida, mediante elución, con una mezcla heptano/éter de polaridad creciente (1/0, 3/1, 1/1, 0/1). La primera semi-fracción contiene los hidrocarburos, la segunda los aldehídos y cetonas, la tercera los alcoholes y las lactonas, y la última al ser la limpieza de la columna, normalmente no contiene moléculas

Las cinco fracciones obtenidas son analizadas por cromatografía en fase gaseosa (GC-FID) y cromatografía en fase gaseosa acoplada a un espectrómetro de masas (GC-MS). La identificación de las diferentes moléculas se realiza teniendo en cuenta su tiempo de retención, comparando con patrones estándar de moléculas orgánicas (ácidos grasos, alcanos, esteroides), considerando su fragmentación en la espectrometría de masa, y por último, estableciendo la comparación con bibliotecas de espectros de masa (Nist, NBS75K y Wiley). No se han utilizado estándares internos para evitar cualquier tipo de contaminación, ya que los extractos orgánicos utilizados, debido a su origen arqueológico, no son replicables.

La cuantificación se realiza a partir de la dilución de las diferentes fracciones en un volumen conocido (con un error estimado en 2,435 % para la fracción ácida y 1,88 % para la neutra). Las áreas de cromatografía (GC-FID) son transformadas en concentración másica ($\mu\text{g/g}$ de muestra) según una curva de corrección establecida en función de diferentes estándares de ácidos grasos y n-alcanos, o según el estándar de masa molecular más cercano en el caso de los esteroides.

Cromatografía en fase gaseosa

Para esto se ha empleado un cromatógrafo Hewlett Packard (HP 6890 serie) equipado de un detector FID, a una temperatura de 250°C y de una columna capilar HP-5 (-5%-metil fenil polisiloxano-, 0,25mm de diámetro interno, 30m de largo y 0,25 μm de espesor de fase). Se utiliza el Helio como gas portador (1 ml/min). La muestra se introduce a través de un inyector splitless a una temperatura de 250°C.

Se han empleado diferentes programas de temperaturas para el análisis de las muestras. En el primero, utilizado para todas las fracciones, la temperatura del horno pasa, a un incremento de 4°C/min, desde los 40°C hasta los 300°C, manteniéndose así durante 30 minutos. Para la fracción ácida y la primera semifracción neutra, se pasa de 100°C a 300°C, a razón de 10°C/min y se mantiene a la máxima temperatura durante 10 minutos. Para las restantes fracciones neutras, se pasa de 100°C a 380°C, a un incremento de 10°C/min, seguido de 280°C a 300°C, a 4°C/min, estabilizándose a 300°C durante 10 minutos.

Cromatografía en fase gaseosa acoplada a la espectrometría de masa

Se utiliza un aparato Hewlett Packard (HP 6890 acoplado a un HP 5973 detector selectivo de masa cuadrupolar) equipado de una columna capilar DB5-ms apolar (5%-metil fenil polisiloxano, 0,25mm de diámetro interno, 30m de largo y 0,25 μm de espesor de fase). La cromatografía se realiza en las mismas condiciones que el análisis en GC. Las condiciones de trabajo fueron fuente de iones a 250°C, energía del electrón 70eV, la corriente de emisión a 1mA y una detección múltiple de iones con una gama de 40 a 800 unidades de masa atómica.

3. RESULTADOS

3.1. ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN 28 (EC 28)

3.1.1. Descripción y muestreo

La EC 28 forma parte de la AFA 5 y seguramente se integraba en otra de dimensiones más grandes, puesto que en el momento de su excavación disponía de dos áreas negras separadas por problemas de conservación (lám. Ia). En este trabajo se han analizado únicamente las muestras procedentes de una parte de la estructura, así como un sedimento limoso de tonalidad blanquecina, interpretado en campo como dispersión de cenizas y asociado a este hogar por su proximidad física. Del área blanca se estudió una muestra de 9,17 gr de peso (28B); del suelo termoalterado, otra de 93,30 gr (28ST) y finalmente, del sedimento blanquecino anexo, una muestra de 50,39 gr (28MB).

3.1.2. Contenido lipídico

A) Los ácidos grasos :

La concentración en ácidos grasos varía de manera bastante importante entre las diferentes muestras de la estructura (lám. Ib). En 28B es significativamente más abundante (2,52 $\mu\text{g/g}$) que en las otras dos (28ST: 0,61 $\mu\text{g/g}$ y 28MB: 0,77 $\mu\text{g/g}$). Estos ácidos grasos presentan distribuciones muy próximas entre sí. Los de cadena corta son mayoritarios, 95,71% en 28B, 81,50% en 28ST y 85,28% en 28MB. Las tres muestras tienen una distribución unimodal, con un dominio del ácido palmítico ($\text{C}_{16:0}$) en 28ST y 28MB, seguido por el ácido esteárico ($\text{C}_{18:0}$), mientras que en la muestra 28B es a la inversa.

Se ha observado recientemente, en calentamientos experimentales de sedimentos naturales, que el ácido esteárico (C_{18}) aumenta con la acción de la temperatura, de modo que sus cantidades deberían ser mayores en aquellas muestras que han sido más expuestas a la acción del calor. Sin embargo, aunque las dos áreas blancas de esta estructura (28B y 28MB) cuentan con valores elevados de C_{18} , el índice de correlación con el CPI de los alcanos y de los ácidos, cercano a valores negativos, indica que ambas variables son independientes; es decir, el origen del ácido esteárico no es resultado aquí de la acción térmica (lám. Id).

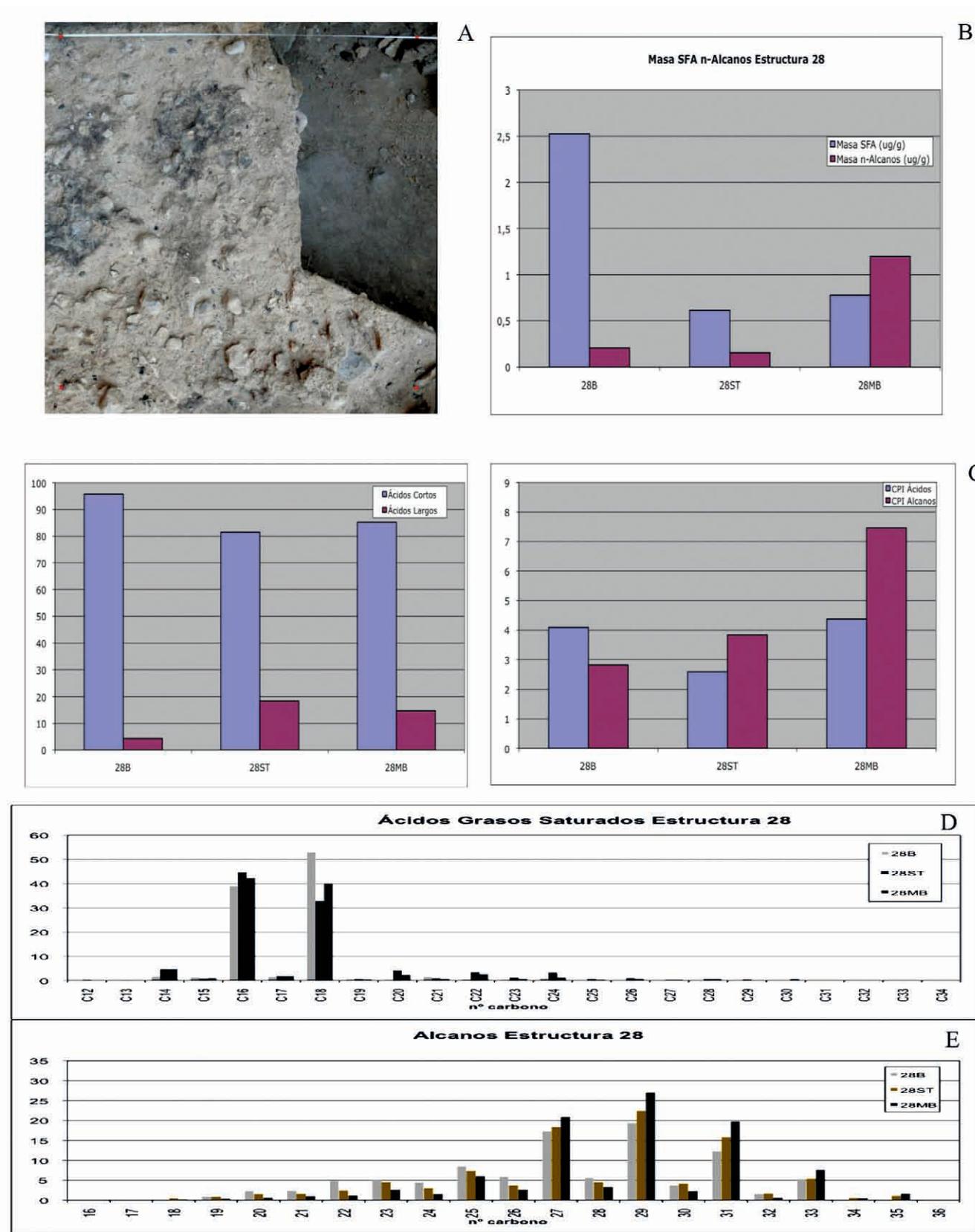


Lámina I. a: Imagen de las dos estructuras de combustión separadas por los limos anaranjados. b: Peso en ug/g de los ácidos grasos y los alcanos. c: Concentración de las muestras en ácidos grasos de cadena corta y larga; y sus valores de CPI ácidos y alcanos. d: Distribución de los ácidos grasos de la estructura 28. e: Distribución de los alcanos de la estructura 28.

El CPI de las muestras 28B y 28MB es relativamente alto (en torno a 4) dada su supuesta termoalteración. El suelo termoalterado presenta una degradación mucho más importante de los ácidos grasos cortos, con un CPI de 2,59. La relación $C_{16:0}/C_{18:0}$ es relativamente homogénea, con valores muy bajos entre 0,66 a 1,22. Los ácidos grasos de cadena larga no están representados en ninguna de las 3 muestras (lám. Ic).

Por su parte, los ácidos grasos insaturados están conservados en todas las muestras, con una importante presencia de $C_{18:1}$ y de $C_{16:1}$ y cantidades más reducidas de $C_{18:2}$.

B) Los hidrocarburos:

La concentración en alcanos de las muestras 28B y 28ST es reducida: 0,20 ug/g y 0,15 ug/g, en cada caso, sobre todo si se compara con la cantidad extraída en 28MB (lám. Ib). Las cantidades de ácidos grasos en las dos primeras (28B y 28ST) parecen indicar un origen mayoritariamente animal, pero en la muestra 28MB el predominio de los alcanos frente a los ácidos grasos, se debe probablemente a la aportación principal de un componente vegetal.

Cuanto más próximo a 1 sea el CPI de la muestra, más fuerte será su degradación, por el contrario, si es superior a 4 se considera como un indicador de buena conservación. En este caso el CPI es muy alto, con valores próximos a 4 para 28B y 28ST. En cuanto a la muestra 28MB la degradación sufrida es aún menor, puesto que el valor de su CPI alcanos, superior a 7, está cercano al de los suelos actuales (lám. Ic).

Si bien la distribución de alcanos pudiera parecer homogénea, con más de un 95% de los de cadena larga, la realidad es que no resulta del todo idéntica. Ciertamente, la EC 28 presenta una distribución dominada por el nonacosano (C_{29}), sin embargo es llamativa la aparición de alcanos de cadena corta en la muestra 28B (lám. Ie). No puede hablarse de bimodalidad, pero se da una distribución más plana de los alcanos en la muestra citada (28B). Si se hace una correlación de alcanos pares e impares se constata que la diferencia es mucho menor en esta muestra. Este fenómeno es característico de las cenizas en las que se ha observado una importante degradación de los alcanos largos, acompañada de un incremento de los de cadena corta, con una bimodalidad centrada en torno al C_{21} (March, 1995b; March *et al.*, 2003; March y Lucquin, 2006; March y Soler, 1999). Las distribuciones de alcanos registradas en esta estructura deben ser asociadas con los procedentes de vegetales.

C) Esteroles :

La cantidad de esteroides en las muestras de EC 28 es relativamente restringida. El área cenicienta (28B) no contiene ningún tipo de esteroide. El suelo termoalterado sólo tiene una reducida concentración de colesterol (7,9 ug/g) y trazas de su 5α -stanone correspondiente: colestanona (5α -colestan-3-one). La mancha blanca (28MB) presenta trazas de coprostanol y colesterol.

3.2. ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN 27 (EC 27)

3.2.1. Descripción y muestreo

Esta estructura pertenece a la AFA 5. Se caracteriza por una morfología de tendencia circular con un diámetro de 28 cm y se trata de uno de los hogares más pequeños exhumados hasta el momento en El Salt (lám. IIa). Su máxima potencia sedimentaria está entre 5 y 7 cm. A pesar de su reducida dimensión, se reconoce la secuencia térmica que ha podido ser descrita para otros casos de mayor tamaño: un área blanca de poco espesor (1 ó 2 cm), un área negra (6 cm), y un sedimento marrón-rojizo, que contiene gran cantidad de carbones en los que se aprecia *de visu* la estructura original de la madera. Se tomaron tres muestras: la 27B en el área blanca, de 32 gr, la 27N, en la zona negra, de 40 gr, y finalmente la 27 ST, de 114 gr, en el suelo termoalterado marrón rojizo.

3.2.2. Contenido lipídico

A) Ácidos grasos:

Las concentraciones en ácidos grasos son casi idénticas en las muestras 27B y 27ST, mientras que 27N registra una excepcional concentración de estos ácidos cifrada en 3,52 ug/g (lám. IIb). En general, la conservación es bastante buena, con valores de CPI cercanos a 4 (lám. IIc).

Los ácidos grasos de EC 27 tienen una distribución casi idéntica en cada una de las muestras, con un dominio claro del ácido palmítico (C_{16}), seguido por el esteárico (C_{18}) (lám. IIId). Igualmente, se documenta una presencia mayoritaria de ácidos grasos de cadena corta, sobre todo en las capas blanca y negra, donde supera el 90% (lám. IIc).

Los ácidos grasos insaturados $C_{18:1}$ y $C_{16:1}$, seguidos en menor proporción por $C_{18:2}$, están documentados en todas las muestras, detectándose un aumento de su concentración con la profundidad de las muestras.

B) Hidrocarburos:

EC 27 presenta una distribución de alcanos similar a la anterior, con un predominio de los largos, centrado en C_{29} y seguido de C_{27} (lám. IIc). La distribución de alcanos cortos de la muestra 27N es diferente, con una bimodalidad a partir de C_{25} , lo que provoca la reducción de la correlación alcanos pares e impares, más elevada en las otras dos muestras (lám. IIe).

El CPI alcanos pone de manifiesta una alteración más evidente del área negra (27N) mientras que el área blanca y el suelo termoalterado no parecen reflejar una degradación muy significativa (lám. IIc).

C) Esteroides:

Al igual que EC 28 los esteroides han desaparecido prácticamente de las muestras, salvo en el suelo termoalterado (27ST) que contiene trazas de colesterol.

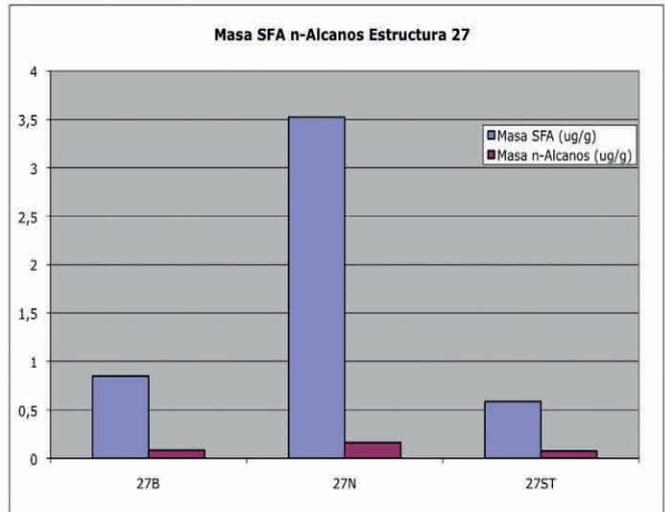
3.3. ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN 19 (EC 19)

3.3.1. Descripción y muestreo

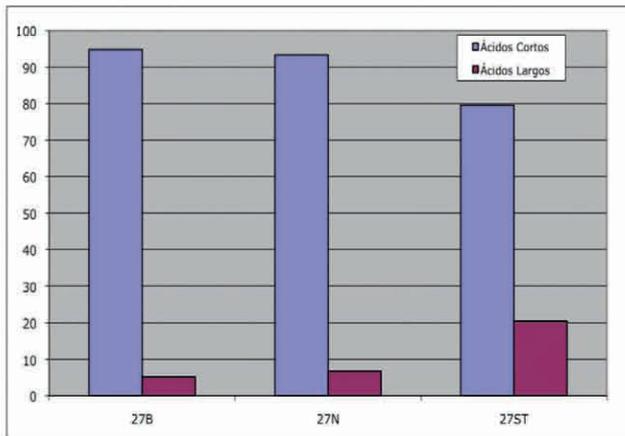
Esta estructura, integrada en la AFA 3, se caracteriza por



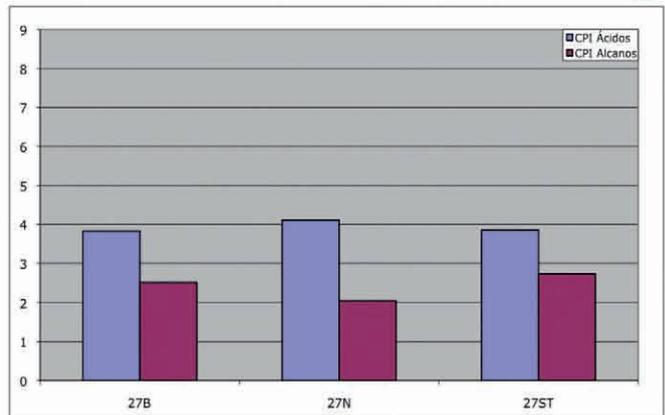
A



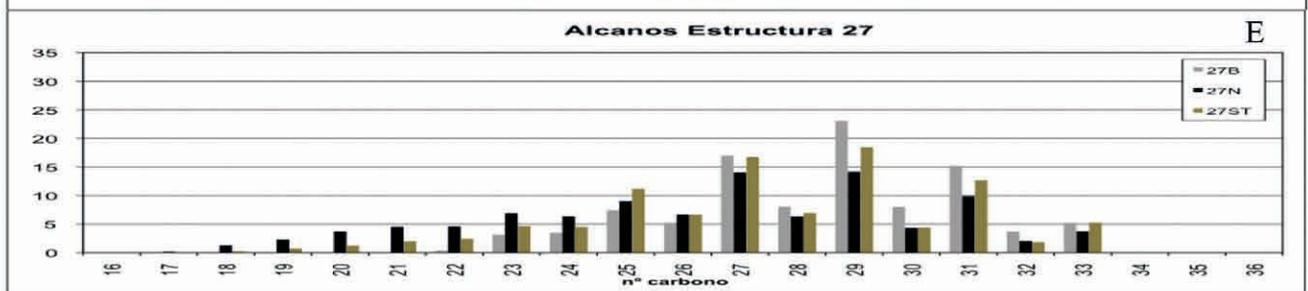
B



C



D



E

Lámina II. a: Foto de la estructura número 27. En rojo, límite del área negra; en amarillo, límite del área cenicienta. b: Peso en ug/g de los ácidos grasos y los alcanos. c: Concentración de las muestras en ácidos grasos de cadena corta y larga; y sus valores de CPI ácidos y alcanos. d: Distribución de los ácidos grasos de la estructura 27. e: Distribución de los alcanos de la estructura 27.

su morfología ovalada de unos 40 cm de diámetro y un espesor máximo en torno a los 7 cm. A ella se adosa un área de dispersión de sedimentos de color negro. Se encuentra afectada parcialmente por una bioturbación que la atraviesa prácticamente y la divide en dos (lám. IIIa).

Su secuencia microestratigráfica está compuesta por un área blanca circular que ocupa la posición central de la estructura, sobre la que se apoyan algunos fragmentos de travertino; un área negra que contiene abundantes restos de carbón muy bien conservados, así como placas de travertino quemadas sin presencia de fracturas *in situ*; y un suelo termoalterado subyacente rojizo.

En esta estructura se tomaron cuatro muestras: la 19B de 55,14 gr, en el área blanca; la 19N, de 64,47 gr en la negra; 65,45 gr de suelo termoalterado marrón rojizo (19 ST) y, finalmente 83,31 gr., de suelo natural (19 SN).

3.3.2. Contenido lipídico

A) Ácidos grasos:

Las concentraciones de ácidos grasos en la EC 19 varían sensiblemente. Para 19B se ha obtenido 5,58 ug/g de SFA, un contenido excepcional en materia orgánica, que la sitúa como la muestra con valores más altos de todo el estudio. Los restantes sedimentos termoalterados de este hogar disponen de cantidades menores: 0,37 ug/g de SFA para 19N y 0,26 para 19ST. La concentración de ácidos grasos en 19SN es de 1,40 ug/g (lám. IIIb).

La EC 19 presenta un dominio generalizado de los ácidos de cadena corta, aunque decrecen conforme se profundiza en el muestreo. Resulta llamativo que las proporciones entre ácidos cortos y largos sean casi las mismas en las dos muestras supuestamente menos termoalteradas (ST y SN) (lám. IIIc). Sin embargo, las distribuciones en cada una presentan diferencias significativas. En las muestras 19B, 19ST y 19SN domina el ácido C₁₆, seguido por el C₁₈ con proporciones diferentes entre ellos. El área negra (19N) tiene unos valores de C₁₈ muy altos, mientras que 19SN disfruta de unos niveles más importantes de C₁₄ que las restantes muestras de la estructura (lám. IIId).

El CPI ácidos grasos es semejante en todas las muestras (lám. IIIc), siendo el área blanca la más alterada y la negra la menos degradada. En esta estructura únicamente 19B tiene una buena conservación de C_{18:1}, C_{16:1} y C_{18:2}.

B) Hidrocarburos:

La EC 19 presenta dos muestras (19B y 19N) con una degradación muy importante de los alcanos. El suelo marrón tiene un CPI alcanos relativamente alto (>4), mostrando valores bastante elevados para un sedimento sometido directamente a la acción del calor. Al observar el mismo suelo sin la acción del calor (muestra 19SN) vemos que el CPI es superior a 7, es decir, con niveles de conservación equivalentes a los registrados para suelos actuales sin ningún tipo de alteración (lám. IIIc).

La distribución de los alcanos de esta estructura indica en todas sus capas un dominio del nonacosano (C₂₉), seguido por el heptacosano (C₂₇) y el hentriacontano (C₃₁) (lám. IIIe). Cabe destacar que las tres muestras producto del proceso de combustión (B, N y ST) poseen un perfil con C₂₇ como segundo alcano mayoritario, en el que el peso de los alcanos cortos y pares es mucho más importante (sobre todo en las dos primeras), dando como resultado una distribución más plana. Sin embargo la muestra de limo amarillo sin alterar (SN) tiene un perfil más largo, con C₃₁ como segundo alcano mayoritario.

C) Esteroles:

Las muestras de EC 19 no contienen esteroides, sólo la no termoalterada de limo amarillo (19SN), tomada como referencia, presenta cantidades significativas de moléculas esteroidales.

El contenido de la fracción esteroles de la muestra 19SN es diverso. El universo vegetal está representado por el sitosterol (47,1 ug/g) y el stigmasterol (13 ug/g). El colesterol (73,4 ug/g) y el colesterol (en trazas) son esteroides representativos del mundo animal. La presencia de heces está documentada por un predominio claro de dos esteroides, 5β-stigmasterol (64,9 ug/g) y coprostanol (632,1 ug/g) (fig. 2). Asimismo la presencia de coprostanone (5β-cholestan-3-one) confirma este resultado (Orok E. Oyo-Ita *et al.*, 2010).

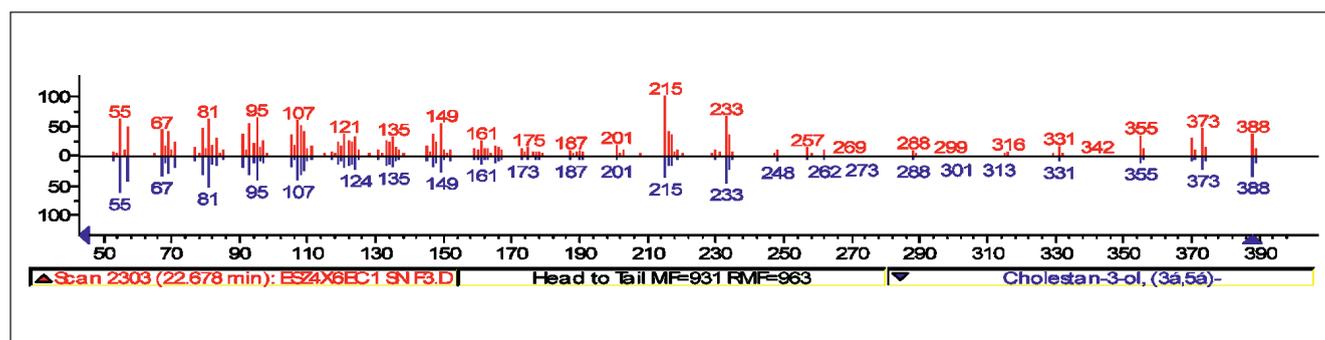


Figura 2. Fragmentación de la molécula hallada en la muestra en rojo, en azul fragmentación de coprostanol.

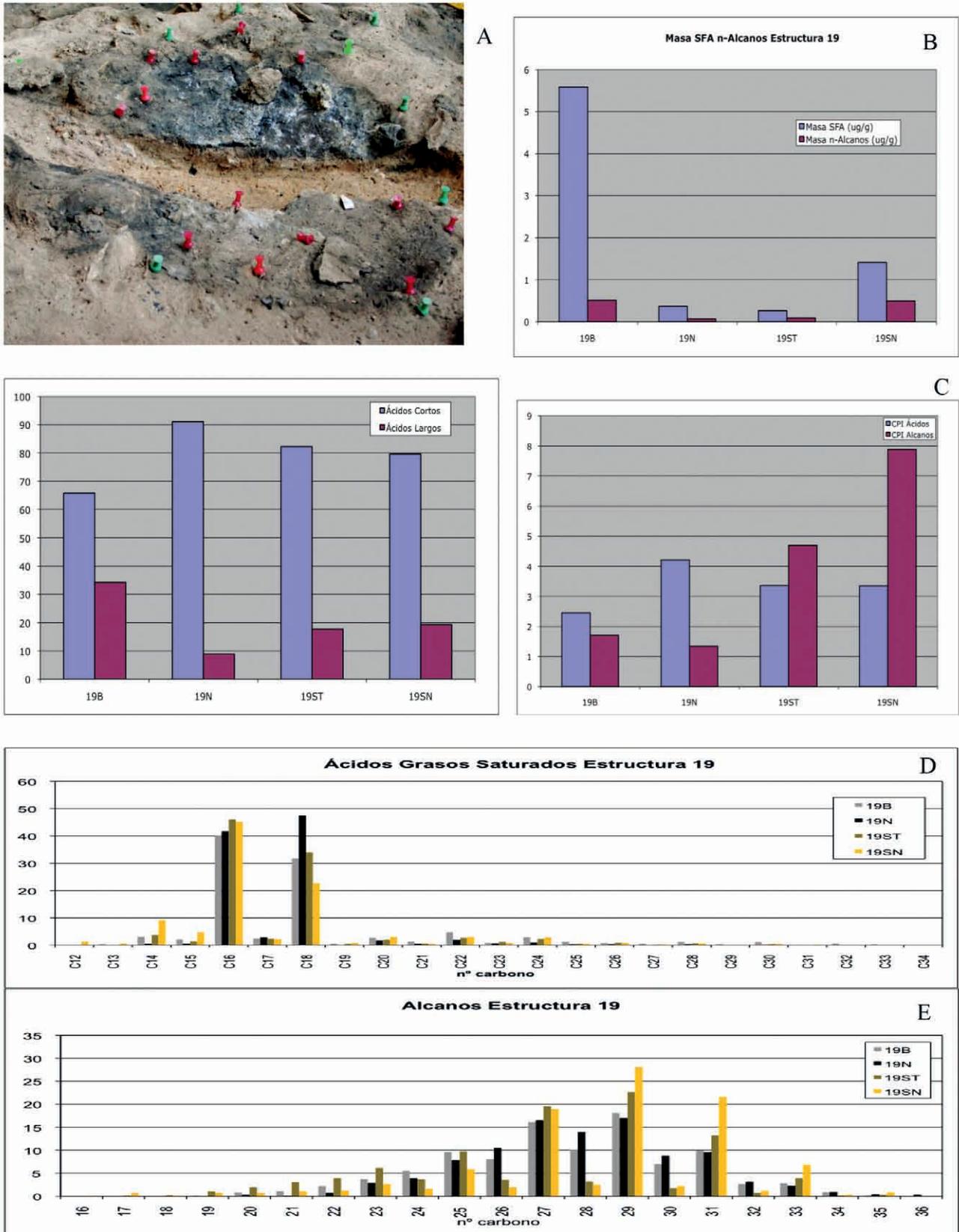


Lámina III. a: Imagen de la estructura número 19 donde se puede apreciar la potencia sedimentaria y su microestatigrafía. b: Peso en ug/g de los ácidos grasos y los alcanos. c: Concentración de las muestras en ácidos grasos de cadena corta y larga; y sus valores de CPI ácidos y alcanos. d: Distribución de los ácidos grasos de la estructura 19. e: Distribución de los alcanos de la estructura 19.

3.4. ESTRUCTURA DE COMBUSTIÓN 14 (EC 14) Y UNIDADES SEDIMENTARIAS 15 Y 16

3.4.1. Descripción y muestreo

Se trata de una estructura afectada por una madriguera que la atraviesa y por las antiguas excavaciones realizadas en 1960-61 por R. Martín y V. Pascual, que la corta en sentido longitudinal. Por ello ha resultado imposible reconocer su morfología y dimensiones originales, aunque sí se ha podido establecer la secuencia, identificando un área blanca, en la que se recogió una muestra de 50,45 gr (14B), que se apoya sobre otra negra, donde se muestrearon 48 gr de sedimento (14N) (lám. IVa). Esta estructura descansa directamente sobre una unidad de limos de aspecto ceniciento y 1 cm de espesor que hemos llamado US 15 y en la que se recogió una muestra de 86,67 gr. En sus proximidades se muestrearon 98,24 gr de una unidad sedimentaria de limos negros (US 16), con la misma posición estratigráfica que US 15. Como en aquella, su espesor medio es de 1 cm.

3.4.2. Contenido lipídico

A) Ácidos grasos:

Las concentraciones de ácidos grasos obtenidas tras la extracción de las muestras son muy reducidas, no llegan a 1 ug/g de SFA, si bien es cierto que la muestra del área negra contiene una cantidad mayor que la del área blanca. Las unidades sedimentarias 15 y 16 tampoco son muy ricas en ácidos grasos (lám. IVb).

Las dos muestras de la EC 14 y la US 15 presentan ácidos grasos de cadena corta mayoritarios, aunque la proporción de las cadenas largas es más importante en 14B y en la muestra US 16 (lám. IVc). Cabe remarcar los valores idénticos de 14N y US 15, lo que puede estar indicando una migración vertical de los lípidos.

El CPI ácidos grasos es bastante bajo en las muestras de EC 14, pero está relativamente bien conservado en las unidades sedimentarias 15 y 16 (lám. IVc).

Las distribuciones de ácidos grasos son bastante variadas. La muestra 14B tiene un perfil dominado por C_{16} , seguido de C_{18} como la US 16, pero también resulta destacable en ella la concentración de C_{14} , así como la presencia de ácidos grasos largos en cantidades significativas. Por el contrario, las muestras 14N y US 15 tienen un perfil idéntico en el que predomina el C_{18} , seguido del C_{16} y con muy poca representación del resto de los ácidos grasos (lám. IVd).

Los ácidos grasos insaturados $C_{18:1}$ y $C_{18:2}$ están muy bien reconocidos en todas las muestras salvo la US 15 en el que casi no se conservan. El $C_{16:1}$ sólo aparece en la US 16.

B) Hidrocarburos:

La conservación de los alcanos de las muestras 14B, 14N y US 15, es muy baja, con valores por debajo de 2 (lám. IVc). La US 16 no manifiesta una degradación de los alcanos tan evidente. Su distribución ofrece un perfil relativamente homogéneo, con ligeras diferencias, en el que se observa una cierta bimodalidad en todas sus muestras (lám. IVe).

C) Esteroles:

La US 16 presenta un dominio del β -sitosterol (12,20 ug/g) seguido del colesterol (9,7 ug/g) y del coprostanol (5,8 ug/g). Asimismo se han detectado trazas de Stigmasterol, Campesterol, Cholestanol, Cholestanone y Coprostanone. El resto de muestras del conjunto no contiene esteroles.

4. DISCUSIÓN

4.1. UNA LECTURA INTEGRADA DEL ANÁLISIS QUÍMICO

4.1.1. La Estructura de combustión 28

Interpretar la historia particular de esta estructura no resulta sencillo puesto que sólo disponemos de dos capas procedentes de ella y una unidad sedimentaria aislada que no puede asociarse tan directamente.

El dominio de los ácidos grasos cortos en todas las muestras parece indicar un aporte animal mayoritario de los lípidos, aunque se debe ser cauto ya que, si bien una presencia de ácidos grasos de cadena larga indica una contribución importante de elementos de origen vegetal de tipo continental, un contenido mayoritario en los de cadena corta, como ocurre aquí, puede tener origen en diversos procesos, tanto de naturaleza vegetal como animal.

Parece que el CPI ácidos grasos no responde a una cuestión de degradación térmica. Cabe remarcar que este es el caso de todas las muestras analizadas en El Salt, así como en otros yacimientos paleolíticos (Lucquin, 2007; March, 1995a; 1995b; March y Soler, 1999; March *et al.*, 2008). No se observa una recurrencia entre los sedimentos que deberían estar más termoalterados (cenizas) y el CPI ácidos grasos. Estos valores tienen su origen principalmente en las bajas concentraciones en ácidos saturados de cadena larga y de origen vegetal. Esto podría hallarse en relación con el señalado origen animal de las muestras, mientras que los alcanos reflejarían mejor la huella vegetal. La fluctuación del CPI alcanos es más representativa de la degradación, ya que los ácidos conservan valores más constantes, independientemente del estado de alteración térmica de la muestra.

Aunque el colesterol y su estanol derivado, el colestanol, están presentes también en el universo vegetal, su presencia es mucho más importante en los productos de origen animal. La relativa buena conservación de colestanol de la muestra 28ST puede confirmar la hipótesis del origen animal de las muestras de la EC 28.

Por el contrario, en 28MB se observa un contenido mayor en alcanos que en ácidos grasos, así como una presencia importante de ácidos grasos de cadena larga debido, probablemente, a un aporte significativo de productos vegetales.

Parece que esta estructura de combustión no estuvo sometida a altas temperaturas, según puede deducirse de la buena conservación de los ácidos grasos insaturados, del reducido grado de degradación de los alcanos y de los ácidos grasos que refleja el CPI. Sin embargo puede observarse una alteración diferencial de las muestras. La 28B está bastante

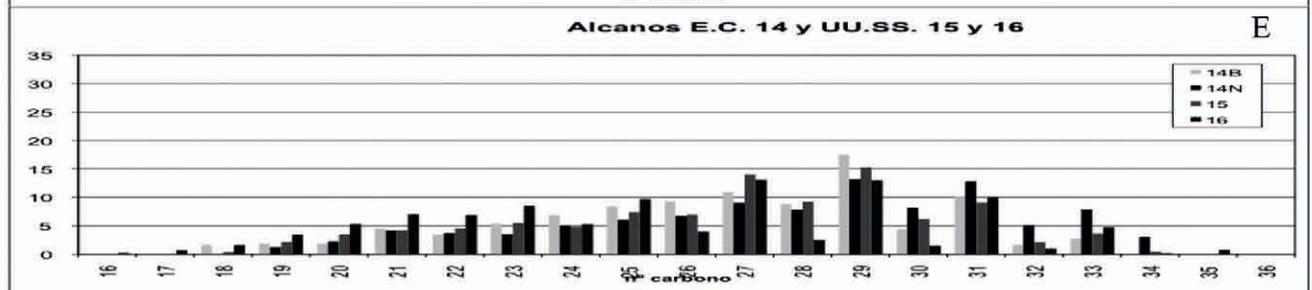
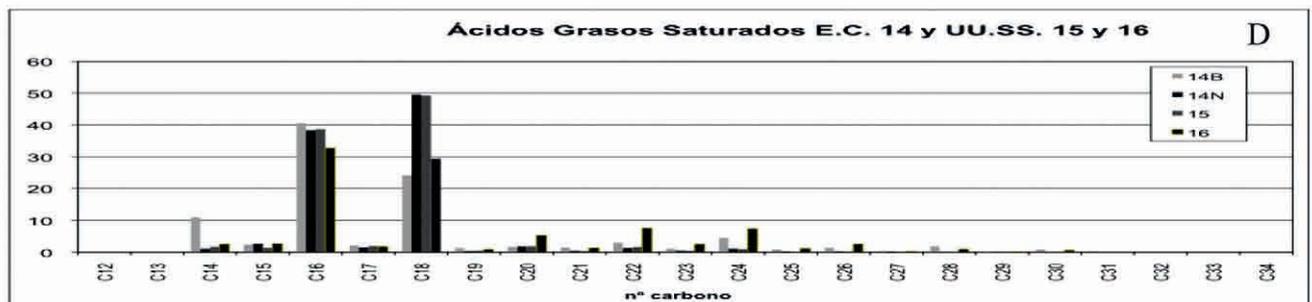
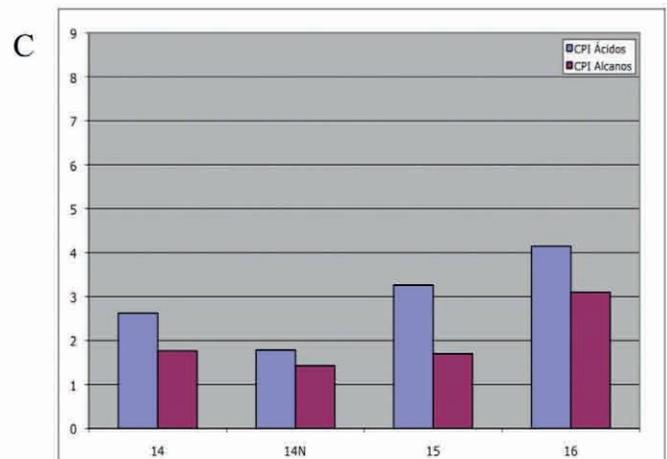
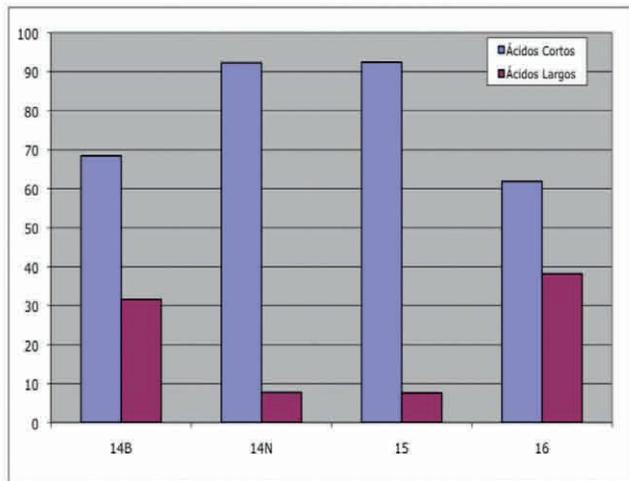
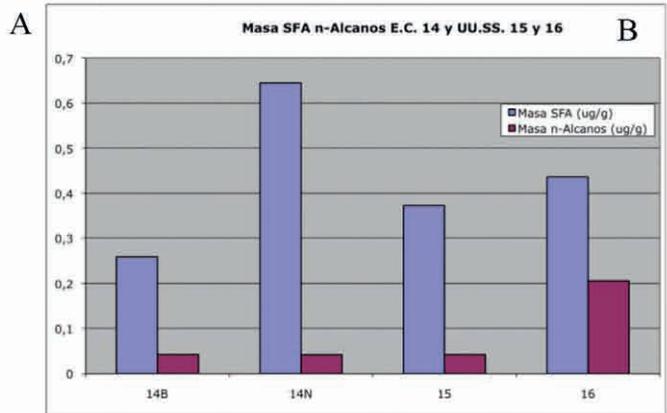
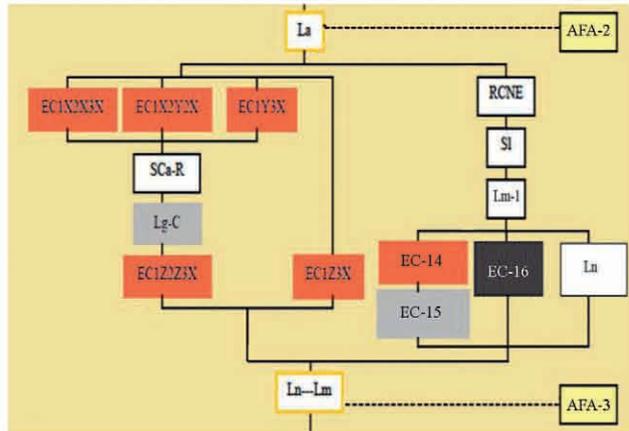


Lámina IV. a: Posición en la matriz de la estructura número 14. b: Peso en ug/g de los ácidos grasos y los alcanos. c: Concentración de las muestras en ácidos grasos de cadena corta y larga; y sus valores de CPI ácidos y alcanos. d: Distribución de los ácidos grasos de la estructura 19 y las UU.SS. 15 y 16. e: Distribución de los alcanos de las muestras.

alterada, con una distribución de sus alcanos de tendencia unimodal, ausencia de esteroides, así como escasa conservación de los alcanos al juzgar por el valor del CPI y elevado índice de C_{18} . Ambos son indicativos de la acción del calor sobre la muestra.

La muestra 28MB no parece haber estado expuesta al calor, ya que presenta unos niveles de CPI alcanos muy altos, incompatibles con una degradación por temperatura, así como una ausencia clara de alcanos pares. Asimismo se documenta una buena conservación de los esteroides que, como hemos visto, suelen desaparecer con la termoalteración.

A modo de conclusión podemos afirmar que el aporte animal es mayoritario en las muestras procedentes de la estructura y que éstas sí denotan una termoalteración sobre todo del área de cenizas, aunque no a altas temperaturas, por lo que la vigencia y el aporte de combustible no debieron ser muy importantes. Este fenómeno también fue observado en el estudio de los sílex termoalterados de esta estructura que no parecían sometidos a temperaturas superiores a 400°C (Dorta *et al.*, 2010). La cantidad de ácidos grasos conservada en la muestra 28B también refleja un aporte de grasas animales dominadas por el ácido esteárico (C_{18}), que no se constata en el suelo de apoyo, por lo que, o tienen un origen posterior al uso de la estructura, o la huella que observamos en el suelo termoalterado procede de otro aporte animal diferente, y por lo tanto, no tiene el mismo origen que la muestra 28B.

Por su parte, la muestra 28MB, a pesar de que macroscópicamente había sido interpretada como restos de ceniza, tiene una signatura química que no refleja ningún tipo de degradación térmica, lo que nos induce a pensar que no es fruto de un proceso de combustión, o existe un aporte de materia orgánica importante posterior que cubre su signatura primaria.

4.1.2. La Estructura de combustión 27

Manifiesta unos niveles de termoalteración bastante bajos, salvo en el caso de la unidad negra (27N) en la que tres criterios –los niveles de degradación de los alcanos, la ausencia de esteroides y la distribución con tendencia bimodal– sustentan un grado de degradación térmica mucho mayor que en el resto de las unidades. El alto contenido en ácidos grasos de esta muestra (3,52 ug/g) no está en concordancia con las otras dos de la estructura, en las que no llega a 1 ug/g. Si bien la importancia de los ácidos de cadena corta, así como la presencia en el suelo termoalterado de colesterol en estado de trazas testimonian un aporte animal. A pesar de todo, una función culinaria para esta estructura no puede ser afirmada fehacientemente.

Cabe remarcar que la muestra 27ST tiene una presencia vegetal significativa, documentada en la importancia de las cadenas largas de ácidos grasos saturados.

4.1.3. Estructura de combustión 19

Las muestras procedentes de esta estructura evidencian un marcado origen animal, documentado por la importante presencia de ácidos saturados de cadena corta, si bien debe

señalarse que existe también un aporte diferencial reflejado en el área negra, cuyo perfil de ácidos grasos está dominado por el esteárico (C_{18}), mientras que en el resto de las muestras es el palmítico (C_{16}) el ácido mayoritario. Del mismo modo, se observa que la cantidad de ácidos grasos cortos decrece cuanto más profundo es el muestreo.

Las muestras 19B y 19N tienen un grado de termoalteración muy elevado, indicado por su reducido CPI, así como por una distribución de los alcanos bastante plana, también constatada, aunque en menor grado, en el suelo en el que se apoyan. La ausencia de esteroides en las tres capas de la estructura vendría a confirmar esta termoalteración. El valor de CPI alcanos del suelo termoalterado podría parecer bastante alto, pero si se compara con el mismo sedimento sin alterar vemos que comparte casi la misma signatura, ahora bien el CPI es mucho más bajo que en el caso del suelo natural, lo cual confirmaría la termoalteración aunque a temperaturas más reducidas, probablemente asociada a una degradación más moderada, como la documentada en los procesos de carbonización.

La muestra de limo amarillo tomada como referente del mismo suelo en el que se apoya la estructura, pero sin termoalterar, tiene un contenido de origen vegetal identificado por la presencia importante de esteroides de origen vegetal (sobre todo β -sitosterol) y de alcanos largos dominados por C_{29} y C_{31} . La posición secundaria del hentriacontano (C_{31}) y el alto contenido en β -sitosterol han sido documentados en los análisis referenciales de líquenes formados en el propio yacimiento (March *et al.*, 2008), así como en las experimentaciones de Lucquin sobre vegetales con alto contenido en hojas (formación del C_{31} en las cutículas de los vegetales foliáceos de tipo continental) (Lucquin, 2007).

En esta muestra también se encuentra representado el universo animal marcado por una proporción importante de los ácidos grasos de cadena corta dominados por el C_{16} , así como por un contenido en Colestanol significativo. Si bien es probable que estos valores tengan su origen en los elevados niveles de coprostanol y 5β -stigmastanol que debemos interpretar como indicadores de heces fecales. Si aplicamos la ratio propuesta por Bull *et al.* (2002), (coprostanol + epicoprostanol: 5β -stigmastanol+ epi- 5β -stigmastanol), el resultado obtenido es superior a 1 (9,73959) por lo que, con bastante probabilidad, los esteroides identificados procedan de heces fecales humanas, puesto que el registro arqueológico excluye la posible identificación con heces porcinas. La presencia en la muestra de coprostanone (43,6 ug/g) es coherente con esta hipótesis (Orok E. Oyo-Ita *et al.*, 2010).

Diversos autores han registrado la presencia de colestanol en las heces humanas (e.j., Bull *et al.*, 1999a; Keller y Jahreis, 2004; Vikaskumar *et al.*, 2010) lo cual vendría a confirmar el origen fecal de dicho esteroide.

4.1.4. Estructura de combustión 14 y Unidades sedimentarias 15 y 16

El componente animal en la EC 14 está representado por el predominio de los ácidos grasos de cadena corta, aunque

probablemente existan varios aportes diferenciados indicados por el ácido palmítico (C₁₆) en la unidad cenicienta de esta estructura, y por el esteárico (C₁₈), en el área carbonosa 14N, así como en el estrato grisáceo sobre el que se apoya.

La concentración en ácidos grasos del área cenicienta (14B) (5,58 ug/g) es la más alta de todos los sedimentos muestreados y no tiene una coherencia con la muestra inferior (14N), ya que ésta sólo contiene 0,37 ug/g de SFA. Si ambas hubieran sido originadas en un mismo episodio térmico deberían poseer una signatura parecida, alterada por la temperatura. Esta diferencia puede deberse a una aportación posterior de materia orgánica, así como a un segundo encendido sobre la capa cenicienta con un aporte de combustible bastante somero, lo cual daría como resultado una capa de cenizas en la que predominaría una signatura asociada al último uso y otra capa negra asociada al primer encendido. Estas diferencias no son imputables a las zonas de muestreo, ya que el área conservada es tan reducida que todo el sedimento excavado fue usado para el análisis.

El perfil ácidos grasos de las muestras 14N y US 15 (área negra y suelo ceniciento inferior) es idéntico, lo cual probablemente sea resultado de una migración vertical del alto contenido en lípidos del área negra.

La unidad sedimentaria de aspecto carbonoso (US 16) contiene algunos esteroides de origen animal dominante, como el colesterol (9,7 ug/g), así como su derivado intestinal, el coprostanol (no se documenta el 5β-stigmastanol en esta muestra), si bien el esteroide dominante parece ser vegetal.

La termoalteración de las muestras es muy alta, la más importante de todo el estudio, como lo indica su distribución bimodal bastante plana. Asimismo los niveles de CPI alcanos revelan un alto grado de degradación con índices inferiores a 2 en todas las muestras salvo en la unidad sedimentaria 16 en la que, a pesar de tener una bimodalidad muy marcada (probablemente la más representativa de todo el conjunto estudiado), su CPI indica una alteración térmica moderada. Esta contradicción debe interpretarse como un aporte de materia orgánica posterior, probablemente vegetal, manifiesta en la presencia de esteroides vegetales dominantes (12, 2017 ug/g de β-sitosterol).

4.2. ¿CÓMO SE COMPORTAN LAS DISTINTAS FACIES SEDIMENTARIAS DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN?

Las áreas blancas, interpretadas como cenizas, no parecen responder a un patrón determinado y no siempre son las más termoalteradas. Como ya se ha señalado, puede responder a la exposición de esta capa a procesos de origen diverso, tanto antrópicos como tafonómicos, que tienen lugar después de su apagado o en un segundo uso de la estructura. Tales fenómenos explicarían los altos contenidos en ácidos grasos de las muestras cenicientas de las estructuras 28 y 19, así como las diferencias en los perfiles de ácidos grasos. Debe destacarse que en estudios más recientes sobre un conjunto de muestras más amplio, procedentes de la AFA 5, sí

se ha documentado lo que en los trabajos experimentales ha sido denominado como un perfil asociado a cenizas, principalmente de conífera, hecho que estaría en concordancia con un estudio antracológico preliminar realizado por E. Grau (com. per.) en el que sólo se han identificado carbones de *pinus nigra*.

Las áreas negras, por el contrario, manifiestan una serie de rasgos que en los casos en los que están presentes se repiten. En todas las muestras estudiadas son las áreas más degradadas, mostrando valores siempre en torno a 2. A menudo, su contenido en ácidos grasos es dominante con respecto al resto de las muestras de la estructura. Probablemente el área negra está proporcionando un indicio de la signatura original del hogar no transformada por usos o des-usos posteriores al encendido original.

Los suelos termoalterados de tonalidad marrón-rojiza, en general, no presentan una degradación muy importante, como se traduce de sus valores de CPI alcanos relativamente elevados. Es probable que esto se deba a que las estructuras no alcanzaron temperaturas muy altas. Tal hecho ha sido confirmado por el estudio de las termoalteraciones en los sílex (Dorta *et al.*, 2010), indicativas de rangos térmicos que rara vez superaban los 400°C, quizás porque los fuegos se encendieron en ambientes fríos o por darse movimientos de brasas con poca energía calorífica, entre otras razones.

Como se ha mencionado anteriormente, a pesar del valor CPI del suelo termoalterado de la estructura 19, su marcada bimodalidad proporciona un perfil típico de sedimentos sometidos a la acción del calor, con una importancia de las cadenas cortas que puede tener relación con el procesamiento de productos de origen cárnico.

19B	2,453385269	1,705138039
19N	4,207521512	1,342107341
19ST	3,356038395	4,693580697
19SN	3,349780771	7,881747031
27B	3,828912966	2,510256669
27N	4,107340363	2,049431926
27ST	3,853107044	2,732538921
28B	4,092834189	2,819778761
28ST	2,593253603	3,832570349
28MB	4,374329729	7,465890856
14B	2,622594295	1,761705789
14N	1,783700534	1,422555675
US 15	3,259593687	1,697784063
US 16	4,14805343	3,100606583

Tabla 2. Valores de CPI de las muestras analizadas

En el caso de la unidad sedimentaria 15, que sirve de apoyo a la estructura 14, detectamos un alto grado de alteración térmica, producto de su origen ceniciento, pero también como consecuencia de la acción del calor emitido por la estructura que se construye encima.

4.3. LA FUNCIÓN CULINARIA DE LAS ESTRUCTURAS DE COMBUSTIÓN EN EL SALT

Si bien todas las muestras parecen tener un aporte animal no podemos afirmar que todas ellas hayan tenido una función culinaria. El reducido tamaño de las estructuras 28 y 27, así como el escaso grado de alteración de los suelos sobre los que se apoyan y la incoherencia del registro químico de las capas superiores con el suelo termoalterado, podrían indicar un posible uso como brasero más que como estructura destinada a una función de procesado de alimentos. La presencia de grasas animales puede ser fruto de un transporte de brasas llevado a cabo desde hogares de cocina y, por tanto, que ya contenían un aporte animal considerable. Éstas pudieron ser transportadas cuando su energía calorífica no era lo suficientemente potente como para dejar una impronta de termoalteración muy fuerte en el suelo sobre el que se depositaron.

Estudios etnográficos han documentado el uso de braseros con funciones diversas (calefacción, iluminación y/o cocina) aunque parece que no existe una relación directa entre la forma del hogar y su función (Galanidou, 2000). Cabe remarcar que en la misma zona del yacimiento se ha documentado reiteradamente la presencia de pequeñas estructuras de combustión que no suelen superar los 15 cm de diámetro, asociadas a estructuras de combustión mucho mayores.

En el Abric Romaní estudios recientes han planteado la hipótesis del uso de braseros vinculados a las áreas dormitorio (Vallverdú *et al.*, 2010). Estos focos de combustión tienen características similares a los documentados entre los hogares de mayor tamaño, y la pared del abrigo. Galanidou (2000) también registra la localización de estas áreas dormitorio entre los hogares y la pared.

Debido a la desaparición de gran parte de la estructura 14 y de la US 15 durante las excavaciones antiguas resulta complicado establecer una posible función puesto que sólo documentamos la impronta procedente de un área muy reducida. Esta estructura es la que, probablemente, alcanzó más temperatura y tiene un contenido animal muy marcado, así como una degradación térmica de la base del hogar (US 15) que sería coherente con un encendido *in situ*.

En lo que respecta a la unidad sedimentaria 16, su aspecto formal (pequeño tamaño, ausencia de cenizas y suelo termoalterado) y posición (asociada al hogar 14 en la misma zona que la estructura 27), así como el nivel de degradación por temperatura de la muestra y el aporte vegetal significativo permiten proponer su posible uso como brasero, en el que el aporte mayoritario de los lípidos es de carácter vegetal.

La estructura 19 ofrece unas características morfológicas que difieren del resto del registro. Durante su excavación se observó que la construcción del hogar se había realizado aprovechando un desnivel del terreno que daba lugar a una estructura de combustión cuya base tenía forma de cubeta. Este hecho, que podría ser fortuito, se repite con bastante frecuencia en los hogares documentados en El Salt.

Asimismo, el contenido en lípidos de origen animal, así como el perfil bimodal de los alcanos de todas sus muestras, salvo en el limo amarillo tomado como referencia, podrían confirmar la función culinaria de la estructura 19, aunque su vigencia y aporte de combustible no debieron ser muy importantes.

4.4. ¿ES POSIBLE DETERMINAR EL ORIGEN DE LA MATERIA ORGÁNICA?

La determinación del origen taxonómico de la materia orgánica se desarrolla en varias etapas. Un primer paso consiste en la discriminación del componente animal y vegetal de la muestra, o la mezcla de ambos y, en un segundo momento, si fuera posible, se procede a precisar estos orígenes. Como hemos visto el componente animal de las muestras estudiadas es mayoritario, así lo testifica la distribución de los ácidos grasos saturados y la presencia de esteroides de origen animal como el Colesterol o sus derivados.

El índice C_{16}/C_{18} (ácido palmítico / ácido esteárico) se ha utilizado para determinar el origen de las especies consumidas, índice que también utilizamos aunque considerando la relación ternaria con el $C_{14:0}$ (Barnard *et al.*, 2007; Bourgeois y Marquet, 1992; Kimpe *et al.*, 2004; Lucquin, 2007; Lucquin *et al.*, 2007; March, 1999; Marchbanks, 1989; Skibo, 1992; Spangenberg *et al.*, 2006), no obstante el registro zooarqueológico permite reducir el espectro faunístico potencial de consumo.

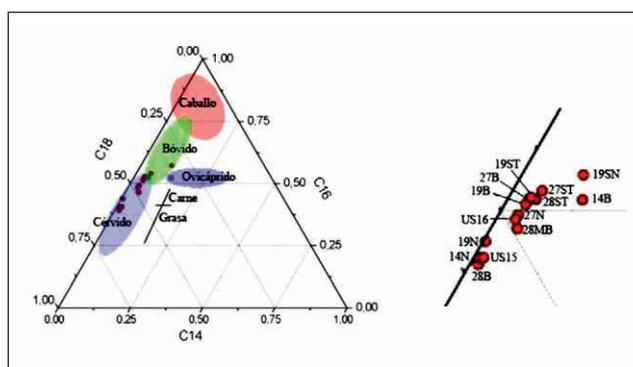


Figura 3. Diagrama ternario de la posición de las muestras con respecto a las muestras experimentales realizadas por A. Lucquin (2007) (elipses no estadísticas).

Según esta relación todas las muestras presentarían valores cercanos a los observados en múltiples experimentaciones para los cérvidos, aunque algunas tengan un contacto con los valores hallados para los bóvidos (fig. 3). Se detec-

tan dos grupos claros, probablemente asociados a aportes principales de grasa de ciervo en el caso de 28B, US15, 14N y 19N; y de las partes musculares o más cárnicas de estos mismos animales, en el caso de 28MB, 19B, 27B, 27N, 27ST, US 16, 19ST y 28ST. Sólo las muestras tomadas en el área cenicienta de la estructura 14 (14B) y el limo amarillo recogido como referente en la estructura 19 están alejados del resto con valores más cercanos a los documentados para la cabra y el bóvido, respectivamente. En el primer caso este valor viene dado por el alto contenido de la muestra en ácido myrístico, hecho muy poco documentado en El Salt. Con respecto a 19N, dado su alto contenido en vegetales, así como por la presencia de heces fecales, cuya posición en triángulo tripolar desconocemos, debemos ser cautos a la hora de pronunciarnos sobre un posible origen de la materia orgánica ya que, probablemente, estas variables influyan en los valores del ácido palmítico, esteárico y myrístico (C_{16}, C_{18}, C_{14}).

No obstante, se requiere cautela a la hora de establecer la relación taxonómica de la muestra puesto que para estos ácidos, aunque están presentes en la mayoría de productos naturales y en las muestras arqueológicas, el índice que se utiliza presenta una fuerte variabilidad natural en el seno del reino animal y vegetal, provocando un solapamiento de valores y haciendo necesario contrastarlo con otras informaciones. Además, a veces, es considerado como inadecuado, ya que estas dos moléculas pueden ser el resultado de la degradación de otras (Heron y Evershed, 1993; Reber y Evershed, 2004a; 2004b; Regert *et al.*, 1998).

A pesar de ello, y a falta de un estudio más amplio de las muestras de El Salt, interpretamos este análisis preliminar como un indicio del consumo de ciervo en las estructuras de combustión estudiadas, lo que no resulta discordante con el registro zooarqueológico.

En lo que respecta al universo vegetal, evidenciado por los fitoesteroles, así como por los alcanos y ácidos grasos de cadena larga, pueden realizarse las siguientes consideraciones. Todas las muestras poseen alcanos largos mayoritarios, dominados por el nonacosane (C_{29}), seguidos del heptacosane (C_{27}) y, en menor medida, del hentriacontane (C_{31}). De ello se desprende un ruido de fondo vegetal muy homogéneo que probablemente indique el uso preferencial de un sólo tipo de combustible. Los análisis antracológicos preliminares también discurren en este sentido ya que por el momento el único taxón reconocido es el *Pinus nigra*.

Sólo puede afirmarse un importante aporte vegetal en las muestras referenciales procedentes del limo amarillo de la estructura 19 y en su versión termoalterada (19ST), además de en la unidad sedimentaria 16 y en el sedimento aislado, de tonalidad blanca, de la estructura 28.

En el caso de la estructura 19, el contenido del sedimento externo debe corresponderse con un perfil vegetal asociado a aportes naturales (marcado por el hentriacontane como segundo alcano mayoritario), procedentes de vegetales con más contenido foliáceo, mientras que el de la estructura podría reflejar un aporte vegetal resultado de los residuos de

combustibles, poco degradados o no utilizados (heptacosane en posición secundaria).

Esta homogeneidad no se manifestó en el estudio previo con carácter aproximativo de los perfiles en el que la distribución de los alcanos de las muestras extraídas dieron como resultado un universo vegetal mucho más complejo y variado (March *et al.*, 2008).

Del mismo modo, recientes análisis sobre un conjunto más amplio de estructuras y sedimentos no termoalterados han revelado una presencia importante de hentriacontane en posición dominante o secundaria que deberíamos asociar a la presencia de ceras cuticulares de vegetales superiores.

5. CONCLUSIONES

La cuestión principal tratada en este trabajo se ha centrado en un problema de orden metodológico, relacionado con la investigación sobre el funcionamiento y la función de los hogares, si bien se enmarcaba en un problema más general sobre el conocimiento de los grupos neandertales. Esta cuestión se ha sustentado tradicionalmente en inferencias morfofuncionales derivadas de la interpretación, casi intuitiva, del registro arqueológico asociado a las estructuras de combustión.

Este estudio se inició para intentar dar respuesta a unas preguntas que han estado latentes de manera constante: ¿es posible identificar la función de las estructuras y la historia particular de cada una de ellas a partir del registro arqueológico? ¿Lo es en contextos paleolíticos en los que la conservación del registro está fuertemente condicionada por su antigüedad?

El análisis químico de las estructuras aquí presentadas nos ha permitido un primer acercamiento a los depósitos sedimentarios de El Salt. A pesar de que en contextos paleolíticos la acción del tiempo podría haber difuminado o hecho desaparecer el mensaje de origen, hemos constatado que la conservación de las estructuras de combustión de este yacimiento, así como de los lípidos que contienen, manifiestan un estado óptimo, lo que hace posible este estudio.

Se abre para El Salt un campo de posibilidades enorme, no sólo en lo que respecta a la función de las estructuras de combustión, sino también en relación con los procesos de formación y transformación del yacimiento, no exento de dificultades.

Los análisis efectuados han permitido reconocer la termoalteración de los sedimentos de El Salt, revelándose como una herramienta imprescindible en los contextos en los que la identificación de la coherencia térmica es confusa. Como hemos visto en el campo, nos enfrentamos a una serie de problemas asociados a la identificación de áreas negras aisladas, no vinculadas con los hogares a simple a vista, facies sedimentarias de tonalidad blanquecina que en principio se interpretan como cenizas por analogía macroscópica, o incluso suelos que podrían estar termoalterados, pero que no son visibles debido a desplazamientos o desaparición de

las capas superiores del hogar. Este método se ha mostrado muy útil en la identificación de los depósitos de origen térmico, primarios y secundarios (hogueras, braseros o restos de combustión no estructurados como hogares).

Una de las principales cuestiones que se planteaba es la determinación de la función de las estructuras de combustión, a partir del estudio químico de sus sedimentos. Aunque probablemente éstas tuvieron funciones múltiples, el aporte de lípidos de origen animal en todas ellas hace pensar que en un momento u otro se produjo un uso de tipo culinario, no obstante tal cuestión no significa, necesariamente, que la función principal fuera la cocción de alimentos. Creemos que éste es el caso de las estructuras 28, 27 y de la unidad sedimentaria 16, en la que reconocemos una presencia animal que parece no determinar su función, probablemente vinculada al mantenimiento de las brasas con motivación desconocida. En cualquier caso, la asociación entre dichas estructuras y otras de mayor entidad parece enfatizar su carácter subsidiario.

Con respecto al contenido lipídico general de las muestras, hemos podido diferenciar los aportes mayoritarios de origen animal, vegetal o fecal. El registro químico ha revelado que la presencia de lípidos de origen animal, sobre todo cérvido, es dominante. Esta afirmación encuentra un soporte en el registro zooarqueológico, en que el ciervo se perfila como principal especie consumida. Por el contrario, los restos de caballo también son muy numerosos, pero químicamente aún no han sido documentados. Tal problema puede estar relacionado con la modificación de los valores del ácido esteárico por la acción del calor, debido al uso de una técnica culinaria diferente o porque en los hogares estudiados no se haya consumido carne de caballo. Lo cierto es que esta cuestión se esboza como una de las grandes incógnitas de nuestro trabajo.

En este estudio se ha comprobado que la huella vegetal parece bastante restringida en el yacimiento y, además, se documenta un universo vegetal muy homogéneo. Este hecho también ha sido remarcado por los estudios antracológicos realizados por E. Grau en los que el *pinus nigra* se presenta como única especie. El muestreo referencial exhaustivo ha permitido discriminar entre la presencia natural de vegetales, representados por la parte foliácea, y los de aporte antrópico, usados como combustible, procedentes de coníferas, probablemente.

El uso de biomarcadores químicos se ha revelado esencial en la identificación del origen humano de la materia fecal. Este trabajo supone una primera aproximación a la gestión de los desechos en el espacio y la posible función de éstos como combustible.

La aplicación de la química orgánica al estudio de las estructuras de combustión se erige en una herramienta esencial, que asociada a los estudios interdisciplinares realizados en este yacimiento, puede ayudarnos a comprender mejor la relación de los neandertales con el fuego o en otros términos, el grado de dominio en el manejo y la gestión de la energía calorífica, tan importante en la historia de la humanidad.

El registro químico ha puesto en evidencia numerosos interrogantes que han quedado sin respuesta, como la ausencia del caballo o el significado del coprostanol en un contexto como El Salt. Es obvio que estas incógnitas por resolver hacen absolutamente necesarias la creación de un amplio corpus experimental de referencia, que permita entender mejor las dinámicas de funcionamiento de un registro arqueológico cada vez más complejo y rico en información.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la colaboración prestada por todo el equipo de investigación "Sociedades Cazadoras Recolectoras Paleolíticas" de la Universidad de la Laguna, sin cuya aportación este artículo no sería posible. Del mismo modo, agradecemos el apoyo ofrecido por el UMR6566 del CNRS "Centre de Recherches en Archéologie Archéosciences et Histoire" de la Universidad de Rennes 1, así como a la Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano, Conselleria de Cultura y Deporte (Generalitat Valenciana), y al Ayuntamiento de Alcoy. Por último queremos mostrar nuestra gratitud a Begoña Soler Mayor, por su experiencia y apoyo continuo. Este artículo forma parte de las investigaciones llevadas a cabo en el marco del proyecto *I+D+I HAR2008-06117/HIST: Territorio neandertal. Caracterización de las primeras sociedades cazadoras-recolectoras en los valles alcoyanos (Alicante, España)* (MICINN-FEDER).

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALI, T.; CONINGHAM R.; CONNAN, J.; GETHING, I.; ADAM, P.; DESSERT, D; HERON, C. (2006). Southern Asia's oldest incendiary missile? *Archaeometry*, 48 (4): 641-655.
- ALLUE, E.; PASTO, I.; VALLVERDU, J. (1998). Pyrotechnical evidences at Abric Romani, Middle Paleolithic site (Barcelona, Spain). *XIIIe congrès international de l'UISPP, Forli, Italie (8/14 septembre 1996)*: 355-362. A.B.A.C.O. Edizioni. Forli.
- AVELING, E. M.; HERON, C. (1999). Chewing tar in the early Holocene: an archaeological and ethnographic evaluation. *Antiquity*, 73: 579-584.
- BARTON, N. (2000). Mousterian hearths and shellfish: late Neanderthal activities on Gibraltar. En E. C. Stringer, R. N. Barton y J. C. Finlayson (Eds). *Neanderthals on the edge*: 210-220. Oxbow Books. Oxford.

- BAR-YOSEF, O.; MEIGNEN, L. (Eds.) (2008). *Kebara Cave, Mt. Carmel, Israel: The Middle and the Upper Paleolithic Archaeology: Pt. 1 (American School of Prehistoric Research Bulletins)*. 352 pp.
- BARNARD, H., AMBROSE, S. H.; BEEHR, D. E.; FORSTER, M. D.; LANEHART, R. E.; MALAINEY, M. E.; PARR, R. E.; RIDER, M.; SOLAZZO, C.; YOHE II, R. M. (2007). Mixed results of seven methods for organic residue analysis applied to one vessel with the residue of a known foodstuff. *Journal of Archaeological Science*, 34 (1): 28-37.
- BERNA, F.; GOLDBERG, P. (2007). Assessing Paleolithic pyrotechnology and associated hominin behavior in Israel. *Israel Journal of Earth Sciences*. Vol. 56: 107-121.
- BETHELL, P. H.; GOAD, L. J.; EVERSLED, R. P.; OTTAWAY, J. (1994). The study of molecular markers of human activity: the use of coprostanol in the soil as an indicator of human faecal material. *Journal of Archaeological Science*, 21: 619-32.
- BINDER, D.; BOURGEOIS, G. ; BENOIST, F.; VITRY, C. (1990). Identification de brai de bouleau (*Betula*) dans le Néolithique de Giribaldi (Nice, France) par spectrométrie de Masse. *Revue d'Archéométrie*, 14: 37-42.
- BIRK, J. J.; TEIXEIRA, W. E.; NEVES, E. G.; GLASER, B. (2011). Faeces deposition on Amazonian Anthrosols as assessed from 5 β -stanols. *Journal of Archaeological Science*. 38: 1209-1220.
- BOURGEOIS, G.; MARQUET, J. C. (1992). Des traces de graisses animales sur le site néolithique final du Petit Paulmy à Abilly (Indre-et-Loire). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 89 (2): 47-49.
- BRAY, E. E.; EVANS, E. D. (1961). Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 22: 2-15.
- BULL, I. D.; SIMPSON, I. A.; VAN BERGEN, P. F.; EVERSLED, R. P. (1999a). Muck'n' molecules: organic geochemical methods for detecting ancient manuring. *Antiquity*, 73: 86-96.
- BULL, I. D.; BETANCOURT, P. P.; EVERSLED, R. P. (1999b). Chemical evidence for a structured agricultural manuring regime on the island of Pseira, Crete during the Minoan Period. *Aegaeum*, 20: 69-74.
- BULL, I. D.; SIMPSON, I. A.; DOCKRILL, S. J.; EVERSLED, R. P. (1999c). Organic geochemical evidence for the origin of ancient anthropogenic soil deposits at Tofts Ness, Sanday, Orkney. *Organic Geochemistry*, 30: 535-556.
- BULL, I. D.; NOTT, C. J.; VAN BERGEN, P. F.; POULTON, P. R.; EVERSLED, R. P. (2000). Organic geo-chemical studies of soils from the Rothamsted Classical Experiments: V. The fate of lipids in different long-term experiments. *Organic Geochemistry*; 31: 389-408.
- BULL, I. D.; LOCKHEART, M. J.; ELHMMALI, M. M.; ROBERTS, D. J.; EVERSLED, R. P. (2002). The origin of faeces by means of biomarker detection. *Environment International*, 27: 647-654.
- BUONASERA, T. (2005). Fatty acid analysis of prehistoric burned rocks: a case study from central California. *Journal of Archaeological Science*, 32: 957-965.
- CAÑABATE GUERRERO, M. L.; SÁNCHEZ VIZCAÍNO, A. (1997). Identificación de grasas y ésteres de ceras en recipientes arqueológicos. *Caesaraugusta*, 73: 319-325.
- CARBONELL, E. (Coord.) (2002). *Abric Romani Nivell I: Models d'ocupació de curta durada de fa 46.000 anys a la Cinglera del Capellades (Capellades, Anoia, Barcelona)*. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona.
- CARBONELL, E.; CASTRO-CUREL, Z. (1992). Palaeolithic wooden artefacts from the Abric Romani (Capellades, Barcelona, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 19: 707-719.
- CARBONELL, E.; VAQUERO, M. (1998). Behavioral Complexity and Biocultural Change in Europe around forty thousand years ago. *Journal of Anthropological Research*, 54, n° 3: 373-397.
- CARRIÓN, E.; BAENA, J. (2003). La producción Quina del nivel XI de la Cueva del Esquilieu: una gestión especializada de la producción. *Trabajos de Prehistoria*, 60, n° 1: 35-52.
- CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; GOAD, L. J.; HERON, C.; BLINKHORN, P. (1993). Identification of an adhesive used to repair a roman jar. *Archaeometry*, 35: 91-101.
- CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; QUYÉ, A.; BLINKHORN, P. W.; REEVES, V. (1997). Simulation experiments for determining the use of ancient pottery vessels: the behaviour of epicuticular leaf wax during boiling of a leafy vegetable. *Journal of Archaeological Science*, 24: 1-7.
- CASANOVA, J.; MORA, R.; MARTÍNEZ, J.; DE LA TORRE, I. (2009). Diversidad y continuidad de los sistemas técnicos del Paleolítico Medio en los Pirineos sur-orientales. *Treballs d'Arqueologia*, 14: 27-63.
- CONNAN, J.; EVERSLED, R. P.; BIEK, L.; EGLINTON, G. (1999). Use and trade of bitumen in Antiquity and Prehistory: Molecular archaeology reveals secrets of past civilizations [and discussion]. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 354 (1379): 33-50.
- CONNAN, J.; NIEUWENHUYSE, O. P.; AS, A. V.; JACOBS, L. (2004). Bitumen in early ceramic art: bitumen painted ceramics from Late Neolithic Tell Sabi Abyad (Syria). *Archaeometry*, 46 (1): 115-124.
- COOPER, E.; BRAY, E. E. (1963). A postulated role of fatty acids in petroleum formation. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 27: 1113-1127.

- CORTÉS, M. (Ed.) (2007). *Cueva Bajondillo (Torremolinos). Secuencia cronocultural y Paleambiental del Cuaternario Reciente en la Bahía de Málaga*. Servicio de Publicaciones. Centro de Ediciones de la Diputación de Málaga.
- COURTY, M. A.; CARBONELL, E.; POCH, J. V.; BANERJEE, R. (2010). Microstratigraphic and multi-analytical evidence for advances Neanderthal pyrotechnology at Abric Romaní (Capellades, Spain) *Quaternary International* (2010) doi:10.1016/j.quaint.2010.10.031
- DOMÉNECH FAUS, E. M. (1995). El Paleolítico Superior inicial en la región central del Mediterráneo español: Cova Beneito (Muro, Alacant). *XXIII Congreso Nacional de Arqueología. Elche*: 31-36.
- DORTA PÉREZ, R. (2009). *La alteración térmica de los sílex de los valles alcoyanos (Alicante, España). Una aproximación desde la arqueología experimental en contextos del Paleolítico Medio*. Tercer Ciclo. Universidad de La Laguna.
- DORTA PÉREZ, R.; HERNÁNDEZ GÓMEZ, C. M.; MOLINA, J.; GALVÁN SANTOS, B. (2010). La alteración térmica en los sílex de los valles alcoyanos (Alicante, España). Una aproximación desde la arqueología experimental en contextos del Paleolítico Medio: El Salt. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 19: 33-64.
- EVERSHED, R. P. (1993). Biomolecular archaeology and lipids. *World Archaeology*, 25 (1): 74-93.
- EVERSHED, R. P.; HERON, C.; CHARTERS, S.; GOAD, L. J. (1992). The survival of food residues: new methods of analysis, interpretation and application. En A. M. Pollard (Ed.). *New developments in archaeological science*: 187-208. Proceedings of the british academy (Vol. 77). Oxford University Press.
- EVERSHED, R. P.; CONNOLLY, R. C. (1994). Post-mortem transformations of sterols in bog body tissues. *Journal of Archaeological Science*, 21 (5): 577-583.
- EVERSHED, R. P.; BETHELL, P. H. (1997a). Application of multimolecular biomarker techniques to the identification of faecal material in archaeological soils and sediments. *ACS Symposium Series*, 625: 157-172.
- EVERSHED, R. P.; BETHELL, P. H.; REYNOLDS, P. J.; WALSH, N. J. (1997b). 5 β -stigmastanol and related 5 β -stanols as biomarkers of manuring: analysis of modern experimental material and assessment of the archaeological potential. *Journal of Archaeological Science*, 24: 485-495.
- FERNÁNDEZ PERIS, J. (2003). Cova del Bolomor (La Valldigna, Valencia). Un registro paleoclimático y arqueológico en un medio kárstico. *Boletín Sedeck*, 4: 34-47. Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.
- FERNÁNDEZ PERIS, J. (2007). *La Cova del Bolomor (Tavernes de la Valldigna, Valencia). Las industrias líticas del Pleistoceno medio en el ámbito del Mediterráneo peninsular*. Serie de Trabajos Varios del SIP, 108. Valencia. 462 pp.
- FERNÁNDEZ, J.; GUILLÉN, P.; FUMANAL, M. P.; MARTÍNEZ, R. (1994). Cova de Bolomor (Tavernes de la Valldigna, Valencia) primeros datos de una secuencia del Pleistoceno medio. *Saguntum-PLAV*, 27: 9-38.
- FERNÁNDEZ, J.; GUILLÉN, P.; MARTINEZ, R. (1997). *Cova del Bolomor. Los primeros habitantes de las tierras valencianas*. Museu de Prehistòria. Diputació de València. 61 pp.
- FINLAYSON, J. C.; BARTON, R. N.; GILES, F.; FINLAYSON, G.; FA, D.; CURRANT, A. P.; STRINGER, C. B. (2000). Human occupation of Gibraltar during Oxygen Isotope Stages 2 and 3 and a comment on the late survival of Neanderthals in the Southern Iberian Peninsula. En V. Oliveira Jorge (Coord.) (2000). *3º Congreso de Arqueología Peninsular: UTAD, Vila Real, Portugal, setembro de 1999*, Vol. 2 (Paleolítico da Península Ibérica): 277-292.
- FINLAYSON, J. C.; BARTON, R. N.; STRINGER, C. B. (2007). The Gibraltar Neanderthals and their extinction. En J. Zilhão, T. Aubry y A. Faustino Carvalho (Eds). *Les premiers hommes modernes de la Péninsule Ibérique: Actes du Colloque de la Commission VIII de l'UISPP. Trabalhos de Arqueologia*, 17: 117-122.
- FUMANAL, M. P.; CARRIÓN, J. S. (1992). El tránsito del Paleolítico medio-superior en la Cova de Beneito (Muro, Alicante). Avance del estudio estratigráfico y sedimentológico. *Actas del Congreso: Aragón/Litoral mediterráneo. Intercambios culturales durante la Prehistoria*: 107-116. Diputación de Zaragoza.
- FUMANAL, M. P.; VILLAVARDE, V. (1997). Quaternary deposits in caves and shelters in the central mediterranean area of Spain. Sedimentoclimatic and geoarchaeological implications. *L'Anthropologie*, XXXV/2: 109-118.
- GALANIDOU, N. (2000). Patterns in Caves: Foragers, Horticulturists, and the Use of Space. *Journal of Anthropological Archaeology*, 19: 243-275.
- GALVÁN, B. (1992). El Salt (Alcoy, Alicante): Estado actual de las investigaciones. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 1: 73-80.
- GALVÁN, B.; HERNÁNDEZ, C. M.; ALBERTO, V.; BARRO, A.; FRANCISCO, M^a. I.; RODRÍGUEZ, A. (2001). Las sociedades cazadoras-recolectoras neandertalianas en los Valles de Alcoi (Alicante, España). El Salt como un centro de intervención referencial. *Tabona*, 10: 7-33. Universidad de La Laguna.
- GALVÁN, B.; HERNÁNDEZ, C. M.; FRANCISCO, M^a. I.; RODRÍGUEZ, A. (2006a). Datos para la caracterización del Final del Musteriense en los valles de Alcoi. En V. Cabrera, F. Bernaldo de Quirós y J. M. Maillo (Eds.). *En el Centenario de la Cueva del Castillo: el ocaso de los Neandertales*: 129-141. UNED Cantabria.

- GALVÁN, B.; HERNÁNDEZ, C. M.; FRANCISCO, M^a. I. (2006b). Territorio y producción lítica en los valles de Alcoy (Alicante) durante el Paleolítico Medio. Aproximación al modo de vida de los neandertales en la montaña Alicantina. En G. Martínez Fernández, A. Morgado Rodríguez y J. A. Afonso Marrero (Coords.). *Sociedades Prehistóricas, Recursos abióticos y Territorio. Actas de la III^a Reunión de trabajo sobre aprovisionamiento de recursos abióticos en la Prehistoria, Loja, Granada*: 35-158.
- GALVÁN, B.; HERNÁNDEZ, C. M.; FRANCISCO, M^a. I. (2007-2008). Elementos líticos apuntados en el musteriense alcoyano. El Abric del Pastor (Alicante). *Veleia*: 24-25. Homenaje a Ignacio Barandiarán Maestu. Vol I: 367-383.
- GOLDBERG, P.; WEINER, S.; BAR-YOSEF, O.; MEIGNEN, L. (2000). Le feu au Paléolithique moyen: recherches sur les structures de combustion et le statut des foyers. L'exemple du Proche-Orient. *Paléorient*, vol. 26, n° 2: 2-22.
- GOLDBERG, P.; MILLER, C. E.; SCHIEGL, S.; LIGOUIS, B.; BERNA, F.; NICHOLAS, J.; CONARD, N. J.; WADLEY, L. (2009). Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1(2): 95-122.
- GOLDBERG, P.; BERNA, F. (2010). Micromorphology and context. *Quaternary International*, 214: 56-62.
- GÓMEZ DE LA RÚA, D.; MALLOL, C.; DORTA PÉREZ, R.; HERNÁNDEZ GÓMEZ, C. M.; GALVÁN, B. (2009). Micromorphological study of anthropogenic sediments from the mousterian site of El Salt (Alcoy, Spain): Preliminary results. Poster communication in *Archaeological Soil Micromorphology Workshop 2009, Paviglio (Italy)*.
- GÓMEZ DE LA RÚA, D.; MALLOL, C.; GALVÁN, B.; HERNÁNDEZ GÓMEZ, C. M. (2010). Una visión geoarqueológica general del yacimiento musteriense de El Salt (Alcoy, Alicante) a partir de la micromorfología de suelos. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 19: 19-32.
- GRIMALT, J. O.; FERNÁNDEZ, P.; BAYONA, J. M.; ALBAIGE, S. J. (1990). Assessment of fecal sterols and ketones as indicators of urban sewage inputs to coastal waters. *Environmental Science Technology*, 24: 357-363.
- HERON, C.; EVERSLED, R. P. (1993). The analysis of organic residues and the study of pottery use. En M. Schiffer (Ed.). *Archaeological Method and Theory* (Vol. 5): 247-284. University of Arizona Press.
- HERON, C.; EVERSLED, R. P.; GOAD, L. J.; DENHAM, V. (1991). New approaches to the analysis of organic residues from archaeological ceramics. En P. Budd, B. Chapman, C. Jackson, R. Janaway y B. Ottaway (Eds.). *Archaeological Sciences 1989: Proceedings of a Conference on Archaeological Sciences*: 332-339. Oxbow Monograph (Vol. 9). Oxbow Publications. Oxford.
- JAUBERT, J.; DELAGNES, A. (2007). De l'espace parcouru à l'espace habité au Paléolithique Moyen. En B. Vandermeersch y B. Maureille (Dir). *Les Néandertaliens. Biologies et cultures*: 263-281. Documents Préhistoriques, 23. Edition de CTHS. Paris.
- JORDÁ, F. J.; BAENA, J.; CARRAL, P.; GARCÍA-GUINEA, J.; CORRECHER, V.; YRAVEDRA, J. (2008). Procesos sedimentarios y diagenéticos en el registro arqueológico del yacimiento Pleistoceno de la Cueva de El Esquilieu (Picos de Europa, Norte de España). *Cuaternario y Geomorfología*, 22 (3-4): 31-46.
- KARKANAS, P.; RIGAUD, J. P.; SIMEK, J. F.; ALBERT, R. A.; S. WEINER (2002). Ash, bones and guano: a study of the minerals and phytoliths in the sediment of Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science*, 29: 721-732.
- KARKANAS, P.; SHAHACK-GROSS, R.; AYALON, A.; BARMATTHEWS, M.; BARKAI, R.; FRUMKIN, A.; GOPHER, A.; STINER, M. C. (2007). Evidence for habitual use of fire at the end of the Lower Paleolithic: Site-formation processes at Qesem Cave, Israel. *Journal of Human Evolution*, 53: 197-212.
- KELLER; JAHREIS (2004). Determination of underivatized sterols and bile acid trimethyl silyl ether methyl esters by gas chromatography-mass spectrometry-single ion monitoring in faeces. *Journal of Chromatography B*, 813: 199-207.
- KIMPE, K.; DRYBOOMS, C.; SCHREVEN, E.; JACOBS, P. A.; DEGEEST, R.; WAELKENS, M. (2004). Assessing the relationship between form and use of different kinds of pottery from the archaeological site Sagalassos (southwest Turkey) with lipid analysis. *Journal of Archaeological Science*, 31: 1503-1510.
- KOLLER, J.; BAUMER, U.; MANIA, D. (2001). High-tech in the Middle Palaeolithic: Neandertal-manufactured pitch identified. *European Journal of Archaeology*, 4 (3): 385-397.
- LÉVI-STRAUSS, C. (1965). Le triangle culinaire. *L'Arc*, 26: 19-29.
- LÉVI-STRAUSS, C. (1968) *L'origine des manières de table*. Mythologiques Vol. III. Plon. Paris.
- LUCQUIN, A. (2007). *Les Étude physico-chimique des méthodes de cuisson pré et protohistoriques*. Tesis de Doctorado. Université de Rennes I. Rennes.
- LUCQUIN, A.; MARCH, R. J.; CASSEN, S. (2007). Analysis of adhering organic residues of two "coupes-a-socles" from the Neolithic funerary site "La Hougue Bie" in Jersey: evidences of birch bark tar utilisation. *Journal of Archaeological Science*, 34: 704-710.
- MARCH, R. J. (1995a). L'étude des structures de combustion en archéologie. *Annales de la fondation Fyssen*, 10: 53-68.

- MARCH, R. J. (1995b). *Méthodes physiques et chimiques appliquées à l'étude des structures de combustion préhistoriques : l'approche par la chimie organique*. Thèse de Doctorat. Université de Paris I. Paris.
- MARCH, R. J. (1996). L'étude des structures de combustion préhistoriques : une approche interdisciplinaire. En O. Bar-Yosef, L. L. Cavalli-Sforza, R. J. March y M. Piperno (Eds.). *The lower and middle Palaeolithic. Colloquium IX :The study of human behaviour relation to fire in archeology : new data and methodologies for Understanding prehistoric fire structures, XIIIe congrès international de l'UISPP, Forli, Italie (8/14 septembre 1996)*: 251-275. A.B.A.C.O. Edizioni. Forli.
- MARCH, R. J. (1999). Chimie organique appliquée à l'étude des structures de combustion du site de Tunel I (Terre de Feu, Argentine). *Revue d'archéométrie*, 23: 127-156.
- MARCH, R. J.; BALDESSARI, A.; GROSS, E. G. (1989). Determinación de compuestos orgánicos en estructuras de combustión arqueológicas. En M. Olive y Y. Taborin (Eds.). *Nature et Fonction des foyers préhistoriques, Actes du colloque international de Nemours (1987)*: 47-58. APRAIF. Nemours.
- MARCH, R. J.; LARGEAU, C.; GUENOT, P. (2003). Les structures de combustion du bronze final du gisement Le Closeau (IFP et Parcelle Mairie) 2 : Leur Fonction. En M.-C. Frère-Sautot (Ed.). *Le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux (Actes du colloque Bourg-en-bresse 7 octobre 2000 Beaune 8 Octobre 2000)*: 177-198. Préhistoires (Vol. 9). Ed. Monique Mergoïl. Montagnac.
- MARCH, R. J.; DUMARÇAY, G.; LUCQUIN, A.; JOLY, D. (2006). Les activités liées à l'utilisation du feu. En P. Bodu, M. Julien, B. Valentin y G. Debout (Eds.). *Un dernier hiver à Pincevent : Les Magdaléniens du niveau IV0 (Pincevent, La Grande-Paroisse, Seine-et-Marne)*: 89-108. Gallia Préhistoire (Vol. 48). CNRS éditions. Paris.
- MARCH, R. J.; FERRERI, J. C.; GUEZ, C. (1993). Etude des foyers préhistoriques du Bassin parisien: l'approche expérimentale. *Actes des Journées archéologiques d'Île de France. Paléoenvironnement et actualités, Meaux, 16 et 17 mars 1991 Mémoires du Groupement Archéologique de Seine et Marne (Vol. 1)*: 87-97. Nemours.
- MARCH, R. J.; SOLER MAYOR, B. (1999). La structure de Combustion n° 1. En M. Julien y J.-L.Rieu (Eds.). *Occupations du Paléolithique supérieur dans le sud-est du Bassin parisien*: 102-125. D.A.F. (Vol. 44). Maison des Sc. de l'Homme. Paris.
- MARCH, R. J.; SOLER MAYOR, B. (2003). Recomendaciones de Ramiro Javier March y Begoña Soler para la correcta excavación de una estructura de combustión. En I. Domingo, H. Burke y I. C. Smith (Coord). *Manual de campo del arqueólogo*: 273-277. Editorial Ariel. Barcelona.
- MARCH, R. J.; WÜNSCH, G. (2003). Loupes et lentilles obscures: à propos de la fonction des structures de combustion. En M.-C. Frère-Sautot (Ed.). *Le feu domestique et ses structures au néolithique et aux âges des métaux (Actes du colloque Bourg-en-bresse 7 octobre 2000 Beaune 8 Octobre 2000)*: 311-318. Préhistoires (Vol. 9). Ed. Monique Mergoïl. Montagnac.
- MARCH, R. J.; LUCQUIN, A. (2006) (EP). Under cooking and firing: Chemical analysis of fat residues from experimental and archaeological data. En M. R. Iovino (Ed.). *XIVe Congrès U.I.S.P .P ., Liège 3-8 Septembre 2001 Section 1. Colloque The Significance of Experimentation for the Interpretation of the Archaeological Processes: Methods, Problems and Projects*. B.A.R.
- MARCH, R.; DORTA, R.; SISTIAGA, A.; GALVÁN, B.; HERNÁNDEZ, C. M. (2008). Tras el fuego de los neandertales. Química Orgánica aplicada a las estructuras de combustión del yacimiento musteriense de El salt (Alcoy, Alicante). *VII Congreso Ibérico de Arqueometría*. Madrid.
- MARCHBANKS, M. L. (1989). *Lipid analysis in archaeology: an initial study of ceramics and subsistence at the George C. Davis site*. Master of Arts. The University of Texas at Austin. Austin.
- MARRERO, E. (2010). *El Análisis espacial en el estudio de las secuencias de facies arqueosedimentarias en yacimientos del Paleolítico Medio (Alcoy, Alicante, España)*. DEA. Departamento de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua. Universidad de la Laguna. 195 pp.
- MCCARTHY, R. D.; DUTHIE, A. H. (1962). A rapid quantitative method for the separation of free fatty acids from other lipids. *Journal of Lipid Research*, 3: 117-119.
- MORA, R.; MARTÍNEZ-MORENO J.; CASANOVA, J. (2008). Abordando la noción de "variabilidad musteriense" en Roca dels Bous (Prepirineo suroccidental, Lleida). *Trabajos de Prehistoria*, 65, n° 2: 15-28.
- NAKANO, M. (1989a). Kokogaku Shiryo ni Zanzon suru Shishitsu - Babadan A Iseki no Sekki ni Zanzon suru Shibo no Bunseki (Ancient lipids in archaeological remains - Analysis of remained lipids from lithic artifacts at Babadan A site). *Daiyonki Kenkyu (The Quaternary Research)*, 28 (4): 337-340.
- NAKANO, M. (1989b). Reconstruction of the ancient period by lipid analysis. En C. o. t. U. S. Symposium (Ed.). *What do new methods bring to the study of archaeology?:* 114-131. Kubapuro Press (en japonés). Tokyo.
- OROK E. OYO-ITA; EKBO, B. O.; OROS, D. R.; SIMONEIT, B. R. T. (2010). Identification of 5β- stanones as tracers for input from sewage and animal husbandry in surface sediments from the cross river stuary, S.E. Niger Delta, Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, vol. V, n° 1: 13-22.
- PASTÓ, I.; ALLUÉ, E.; VALLVERDÚ, J. (2000). Mousterian hearths at Abric Romaní, Catalonia (Spain). En C. Stringer, R.

- N. Barton y J. C. Finlayson (Eds.). *Neanderthals on the edge*: 59-67. Oxbow Books. Oxford.
- PEPE, C.; DIZABO, P. (1989). Les marqueurs biogeoquímiques : application à l'archéologie. *Revue d'archéométrie*, 13: 1-12.
- PEPE, C.; DIZABO, P. (1990). Etude d'une fosse du 13^{ème} siècle par les marqueurs biogéochimiques: chantier archéologique du Louvre (Paris). *Revue d'archéométrie*, 14: 23-28.
- PETERS, K. E.; MOLDOWAN, J. M. (1993). *The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments*. Prentice-Hall. New York. 363 pp.
- POLLARD, A. M.; HERON, C. (1996). *Archaeological chemistry*. Royal Society of Chemistry. Cambridge.
- REBER, E. A.; EVERSLED, R. P. (2004a). How did Mississippians prepare maize? The application of compound-specific carbon isotope analysis to absorbed pottery residues from several Mississippi Valley sites. *Archaeometry*, 46 (1): 19-33.
- REBER, E. A.; EVERSLED, R. P. (2004b). Identification of maize in absorbed organic residues: a cautionary tale. *Journal of Archaeological Science*, 31: 399-410.
- REGERT, M. (1996). *Les composés organiques en préhistoire : Nouvelles approches analytiques*. Thèse de doctorat. Université de Paris X. Paris.
- REGERT, M. (1998) Du terrain au laboratoire: récolte, stockage, analyses chimiques et potentiel informatif de matériaux organiques témoignant de diverses activités techniques et alimentaires. Adhésifs d'emmanchement. Résidus carbonisés conservés dans les céramiques. En F. Bostyn y L. Hachem (Eds.). *Journée d'information du 14 novembre 1998, Internéo* (Vol. 2): 5-16. Paris.
- REGERT, M.; BLAND, H. A.; DUDD, S. N.; BERGEN, P. F. V.; EVERSLED, R. P. (1998). Free and bound fatty acid oxidation products in archaeological ceramic vessels. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 265 (1409): 2027-2032.
- REGERT, M.; ROLANDO, C. (2002). Identification of Archaeological Adhesives Using Direct Inlet Electron Ionization Mass Spectrometry. *Anal. Chem.*, 74 (5): 965-975.
- REGERT, M.; GARNIER, N.; DECAVALLAS, O.; CREN-OLIVÉ, C.; ROLANDO, C. (2003a). Structural characterization of lipid constituents from natural substances preserved in archaeological environments. *Measurement Science Technology*, 14: 1620-1630.
- REGERT, M.; VACHER, S.; MOULHERAT, C.; DECAVALLAS, O. (2003b). Adhesive production and pottery function during the Iron Age at the site of Grand Aunay (Sarthe, France). *Archaeometry*, 45 (1): 101-120.
- RIOS, J.; GONZÁLEZ, J.; IBÁÑEZ, J. J. (2003). La excavación en Axlor. Las formas de vida de los últimos neandertales. *Boletín Sedeck*, 5: 62-83. Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.
- RIOS, J. (2005). Características de la producción lítica al final del Paleolítico Medio en el País Vasco. El caso del Nivel B de Axlor (Dima, Biskaia). *Museo de Altamira. Monografías*, 20: 333-348.
- ROTTLÄNDER, R. C. A. (1983). Investigations chimiques sur les graisses en archéologie. *Nouvelles de l'Archéologie*, 11: 38-42.
- ROTTLÄNDER, R. C. A. (1985). Nachweis und Identifizierung von archäologischen Fetten. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 87 (8): 314-317.
- ROTTLÄNDER, R. C. A. (1991). Die resultate der modernen Fettanalytik und ihre Anwendung auf die prähistorische Forschung. *Archaeo-Physika*, 12: 1-354.
- ROTTLÄNDER, R. C. A.; SCHLICHTERLER, H. (1979). Food identification of samples from archaeological sites. *Archaeo-Physika*, 10: 260-267.
- SAÑUDO, P.; FERNÁNDEZ, J. (2007). Análisis espacial del nivel IV de la Cova del Bolomor (La Valldigna, Valencia). *Saguntum-PLAV*, 39: 9-25.
- SISTIAGA, A. (2008). *Approche des la chimie organique à l'étude des foyers Neandertals du Niveau X de El Salt (Alicante, Espagne)*. DEA. Université de Rennes.
- SISTIAGA, A. (2010). *Química orgánica aplicada al estudio de las estructuras de combustión musterienses de El Salt (Alcoy, Alicante, España)*. DEA. Departamento de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua. Universidad de La Laguna.
- SKIBO, J. M. (1992). *Pottery function: a use-alteration perspective* Interdisciplinary Contributions to Archaeology. Plenum. New York. 228 pp.
- SOLER MAYOR, B. (1996). *Propuesta de normalización en el reconocimiento y diagnosis de las termoalteraciones de las rocas carbonatadas en contexto arqueológico*. Tesis de Doctorado. Universidad de Valencia.
- SOLER MAYOR, B. (2003). *Estudio de las estructuras de combustión prehistóricas. Una propuesta experimental*. Serie de Trabajos Varios del SIP, 102. Valencia.
- SPANGENBERG, J. E.; JACOMET, S.; SCHIBLER, J. (2006). Chemical analyses of organic residues in archaeological pottery from Arbon Bleiche 3, Switzerland - evidence for dairying in the late Neolithic. *Journal of archaeological science*, 33 (1): 1-13.
- SPETH, J. D.; MEIGNEN LILIANE, L.; BAR-YOSEF, O.; GOLDBERG, P. (2011). Spatial organization of Middle Paleolithic Occupation X in Kebara Cave (Israel): Concentration of ani-

- mal bones. *Quaternary International*, (2011) doi:10.1016/j.quaint.2011.03.001
- UREM-KOTSOU, D.; STERN, B.; HERON, C.; KOTSAKIS, K. (2002). Birch-bark tar at Neolithic Makriyalos, Greece. *Antiquity*, 76: 962-967.
- UZQUIANO, P. (2006). Firewood management and vegetation in the Cantabrian region during 40-37 Ka BP. charcoal analysis of Transitional Aurignacian (level 18) of El Castillo Cave (Puente Viesgo, Cantabria, Northern Spain). En V. Cabrera, F. Bernaldo de Quirós y J. M. Maíllo (Eds). *En el Centenario de la Cueva del Castillo: El ocaso de los neandertales*: 417-434. UNED Cantabria.
- VALLVERDÚ POCH, J. (2002). *Micromorfología de las facias sedimentarias de la Sierra de Atapuerca y del Nivel J del Abric Romaní. Implicaciones Geoarqueológicas y paleoetnográficas*. Tesis Doctoral. Departament d'Historia I Geografia. Universitat Rovira i Virgili.
- VALLVERDÚ, J.; VAQUERO, M.; CÁCERES, I.; ALLUÉ, E.; ROSELL, J.; SALADIÉ, P.; CHACÓN, G.; OLLÉ, A.; CANALS, R.; COURTY, M. A.; CARBONELL, E. (2010). Sleeping Activity Area within the site Structure of Archaic Human Groups. Evidence from Abric Romaní Level N Combustion Activity Areas. *Current Anthropology*. Vol. 51, 1: 137-145.
- VAN GEEL, B.; APTROOT, A.; BAITTINGER, C.; BIRKS, H. H.; KOMPANJE, E. J. O.; KUPERUS, P.; MOL, D.; NIEROP, K. G. J.; PALS, J. P.; TIKHONOV, A. N.; VAN REENEN, G.; VAN TIENDENEN, P. H. (2008). The ecological implication of Yakutian mammoth's last meal. *Quaternary Research*, 69: 361-376.
- VAQUERO, M.; PASTÓ, I. (2001). The Definition of Spatial Units in Middle paleolithic Sites: The Hearth- Related Assemblages. *Journal of Archaeological Science*, 28: 1209-1220.
- SHAH, V. G.; DUNSTAN, R. H.; GEARY, P. M.; COOMBES, P.; ROBERTS, T. K.; VON NAGY-FELSOBUK, E. (2010). Evaluating potential applications of faecal sterols in distinguishing sources of faecal contamination from mixed faecal samples. *Water Research*, 41: 3691-3700.

