



# digitAR

queologia  
chaeology

ig  
it  
al

q u i t e c t u r a  
c h i t e c t u r e  
t e s t s

digitAR - Revista Digital de Arqueologia, Arquitectura e Artes  
Digital Journal of Archaeology, Architecture and Arts

# TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS AL ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN Y PROCEDENCIA DE SÍLEX ARQUEOLÓGICOS EN LA REGIÓN CENTRAL DEL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL

## ANALYTICAL TECHNIQUES APPLIED TO THE STUDY OF THE COMPOSITION AND SOURCE OF ARCHAEOLOGICAL SILEX IN THE CENTRAL REGION OF THE SPANISH MEDITERRANEAN

### C. Roldán

Instituto de Ciencia de Materiales de la Universitat de València (ICMUV)

### A. Eixea

Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universitat de València.

### V. Villaverde

Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universitat de València.

### S. Murcia

Instituto de Ciencia de Materiales de la Universitat de València (ICMUV).

### M.I. Prudêncio

C2TN, Instituto Superior Técnico, Univ. Lisboa, EN10, Bobadela, Portugal

### M.I. Dias

C2TN, Instituto Superior Técnico, Univ. Lisboa, EN10, Bobadela, Portugal

### R. Marques

C2TN, Instituto Superior Técnico, Univ. Lisboa, EN10, Bobadela, Portugal

### RESUMEN

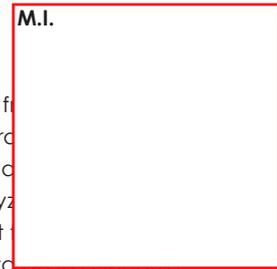
En este trabajo se analizan muestras de sílex del yacimiento arqueológico "Abrigo de la Quebrada" (Chelva, Valencia) y de los afloramientos geológicos de la misma zona y se comparan con sílex procedentes de yacimientos de "Cova Negra" (Xátiva, Valencia), "Cova de les Cendres" (Moraira, Alicante) y de afloramientos de otras zonas de la región central del Mediterráneo español. La metodología analítica, basada en la caracterización macroscópica de los sílex (color, textura, inclusiones, tamaño de grano, etc.), la fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (EDXRF), la difracción de rayos-X (XRD) y la activación neutrónica (NAA), ha demostrado ser adecuada para discriminar entre sílex locales (*tipo Domeño*) y alóctonos, mostrando que la complementariedad de las diferentes técnicas analíticas es apta para el estudio de este material lítico y para encontrar patrones de referencia que puedan relacionar la procedencia de materias primas y la movilidad de grupos humanos.

**Palabras Clave:** EDXRF, XRD, INAA, sílex, Paleolítico, Abrigo de la Quebrada.

### ABSTRACT

In this work flint samples from the site "Abrigo de la Quebrada" (Chelva, Valencia) and geological outcrops of the same area we are analyzed together with archaeological flint from "Cova Negra" (Xativa, Valencia), "Cova de les Cendres" (Moraira, Alicante) and outcrops from other areas of the central Mediterranean region Spain. The analytical protocol: macroscopic characterization (color, texture, inclusions, grain size, etc.), Energy Dispersive X-ray Fluorescence spectrometry (EDXRF), X-ray diffraction (XRD) and Neutron Activation Analysis (NAA), it has proven to be adequate to discriminate between local flint (Domeño type) and allochthonous flint, showing that the complementarity of these techniques is suitable for the study of this material and to correlate the raw material sources and the mobility of human groups.

**Key words:** EDXRF, XRD, INAA, sílex, Paleolithic, Shelter of Quebrada.



## INTRODUCCIÓN

El sílex es un material abundante en los yacimientos arqueológicos del Paleolítico ya que, debido a su dureza y a la facilidad de producir fracturas concooidales con bordes afilados, constituye la materia prima para elaborar útiles y herramientas. Ante la ausencia de estudios centrados en la caracterización de las materias primas disponibles en la zona en la que se ubica el Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia), el principal objetivo de la investigación ha sido ofrecer una aproximación analítica a los materiales recuperados en el yacimiento. La finalidad es constituir un corpus de datos lo suficientemente amplio como para poder definir los distintos tipos de sílex con la mayor resolución posible. En lo que concierne a la región de Valencia los estudios que correlacionan materiales arqueológicos con fuentes de aprovisionamiento de materia prima son escasos. Se han realizado estudios sistemáticos circunscritos a zonas muy reducidas (Menargues, 2005; Schmich y Wilkens, 2006; Tiffagon, 2006; Faus, 2008; Molina et al., 2010) y, por tanto, se carece de una información global sobre la distribución geográfica y geológica de materiales silíceos. La falta de información es especialmente importante en relación con el estudio del Paleolítico Medio y reduce las posibilidades de establecer un marco regional de movilidad a partir de la distribución de las materias primas utilizadas en los distintos yacimientos. Los trabajos realizados recientemente sobre las materias primas del Abrigo de la Quebrada (Eixea et al. 2011; Eixea et al., 2014) nos permiten observar hechos de interés tanto en lo que se refiere al uso de las materias primas líticas como al carácter de su aprovisionamiento a escala espacial proporcionado documentación de una zona geográfica hasta la fecha no estudiada. A partir de las materias primas proporcionadas por los niveles de Quebrada, establecemos una serie de comparativas de los diferentes tipos de sílex utilizados en otros yacimientos de la Comunidad Valenciana. En este trabajo se analizan, mediante técnicas de análisis macroscópico y

técnicas físico-químicas, muestras de sílex hallados en los niveles de excavación del yacimiento del Abrigo de la Quebrada, muestras de afloramientos de sílex del entorno geográfico próximo al Abrigo de la Quebrada y sílex arqueológicos y geológicos de otras zonas. La caracterización elemental de todas las muestras indicadas en la Tabla 1 se realizó mediante EDXRF. Adicionalmente, se seleccionó un conjunto de muestras arqueológicas y geológicas y se procedió a su análisis mediante XRD (para identificar las fases cristalinas y determinar su Índice de Cristalinidad) y mediante NAA para determinar la concentración de elementos mayoritarios, minoritarios y traza con un mayor grado de precisión y sensibilidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El Abrigo de la Quebrada se sitúa en la localidad valenciana de Chelva a 65 km al noroeste de Valencia. Su longitud es de 38 m, con una profundidad que oscila entre los 9 y los 2 m, con una superficie escasamente accidentada. El yacimiento se engloba en la unidad geológica de la Cordillera Ibérica, perteneciente al complejo Jurásico Superior (Kimmeridgiense), donde se depositan calizas pisolíticas y oolíticas en un medio de nerítico a costero con profundidades del orden de los 30 a 40 m. En el yacimiento se han identificado 8 unidades estratigráficas con una potencia 3 m. El material arqueológico recuperado es muy abundante y queda circunscrito a los niveles que muestran evidencias de ocupación humana (II, V, VII y VIII). La abundancia de restos arqueológicos indica un uso repetido del lugar y un ritmo de sedimentación lento (Eixea et al., 2011). La datación de restos vegetales aporta una cronología que abarca desde  $40500 \pm 530$  BP para el nivel III y  $>50800$  BP para el nivel IV (Villaverde et al. 2008; Eixea et al. 2011; Eixea et al., 2012). En relación al sílex arqueológico se han seleccionado 44 muestras del yacimiento del Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia; códigos D, A1, A2, A3 y A4). Estas muestras se comparan con sílex hallados en yacimientos alejados de la

zona geográfica de Chelva con objeto de establecer similitudes/diferencias entre ellas: 4 muestras del yacimiento de Cova Negra (Xátiva, Valencia, código CN) y 6 muestras de la Cova de les Cendres (Moraira, Alicante; código CC). Así mismo, se han analizado 6 muestras de sílex de los afloramientos geológicos de la zona de Chelva próximos al Abrigo de la Quebrada (tipológicamente denominados "tipo Quebrada", código M) y 4 muestras de sílex de afloramientos geológicos alejados de Chelva (código G en Tabla 1): 1 de Mora de Rubielos (Teruel), 1 de Penella (Alicante), 1 de Beniaia (Alicante) y 1 de Alcoi (Valencia, tipológicamente denominado como "tipo Serreta"). Los códigos y características de las muestras analizadas se presentan en la Tabla 1.

cuarzo obtenidos a partir de los análisis XRD, fueron utilizados para discriminar entre muestras arqueológicas de sílex locales y alóctonos hallados en el Abrigo de la Quebrada y establecer posibles zonas de aprovisionamiento de materias primas a partir de muestras de sílex de afloramientos geológicos del entorno de Chelva y otros afloramientos alejados geográficamente de Chelva. La composición elemental de todas las muestras se realizó mediante un espectrómetro portátil integrado por un generador de rayos-X con ánodo de Ag (modo transmisión) operando a 30 kV y 4  $\mu$ A. El haz de rayos-X está colimado por un colimador de aluminio de 3 mm de diámetro. La radiación de fluorescencia excitada en la muestra

Tabla 1. Relación de muestras analizadas, códigos y origen.

Código	Nº muestras	Origen
D	15 (D8 à D22)	Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia)
A1	7 (A1-3 à A1-9)	Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia)
A2	9 (A2-11 à A2-19)	Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia)
A3	8 (A3-7 à A3-14)	Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia)
A4	5 (A4-1 à A4-5)	Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia)
M	6 (M6 à M11)	Afloramientos de Chelva (Valencia)
CN	4 (CN-1 à CN-4)	Cova Negra (Xátiva, Valencia)
CC	6 (CC3-1 à CC3-6)	Cova Cendres (Moraira, Alicante)
G	1 (G1)	Afloramiento de Mora de Rubielos (Teruel)
G	1 (G2)	Afloramiento de Penella (Alicante)
G	1 (G3)	Afloramiento de Beniaia (Alicante)
G	1 (G4)	Afloramiento de La Serreta (Alcoi)

Tras una primera clasificación macroscópica mediante lupa binocular se han determinado algunas de las características morfológicas (color, textura, inclusiones, tamaño de grano, características del córtex, facilidad de fractura, etc.) de los sílex seleccionados (Eixea et al., 2011). Posteriormente, grupos de muestras seleccionadas entre las de la Tabla 1 fueron analizadas mediante EDXRF, XRD y NAA. Tanto la composición elemental de las muestras obtenida mediante EDXRF y NAA, como las fases cristalinas y el índice de cristalinidad del

fue registrada por un detector de semiconductor Si-PIN (FWHM 165 eV @ 5.9 MeV) refrigerado termoeléctricamente, y fue procesada por un analizador multicanal de bolsillo. Tanto el tubo como el detector se integran en un soporte mecánico articulado con tres grados de libertad y dispuestos en una geometría de 45°, con el haz de rayos-X incidiendo perpendicularmente a la muestra. La distancia de separación entre muestra y detector es de 2 cm y el tiempo de adquisición de 180 s, suficientes para obtener espectros

XRF con una estadística aceptable (Eixea et al., 2014, Roldán et al., 2015). La identificación de las fases cristalinas mediante XRD se ha realizado sobre muestras molturadas manualmente en mortero de ágata en un difractor Seifert XRD 3003 TT. Las medidas cubren un intervalo angular  $2\theta$  entre  $5^\circ$  y  $80^\circ$  con un paso de  $0.02^\circ$  y un tiempo de 0.2 s por paso. La identificación de fases se realizó a partir de la comparación con una base de datos basada en patrones JCPDS. El índice de cristalinidad del cuarzo (IC) se determinó a partir de los difractogramas de las muestras de sílex, atendiendo al grado de resolución del quintuplete que presenta en el intervalo  $2\theta=67^\circ-69^\circ$ , mediante la ecuación  $IC=10 \cdot F \cdot a/b$ , donde "a" es la altura del pico a  $67.74^\circ$ , "b" la altura sobre el fondo y  $F=1.325$  un factor de corrección para expresar el IC en una escala de 1 a 10 que se obtiene a partir de un patrón de referencia de cuarzo bien cristalizado (Murata y Norman, 1976; Bustillo et al., 2009). Los análisis por activación neutrónica se han realizado en el reactor nuclear del Instituto Superior Técnico de Lisboa (Portugal). Las muestras de sílex fueron molturadas, desecadas y dispuestas en viales de polietileno que se irradiaron durante 6 horas con un flujo de  $3.96 \cdot 10^{12}$  neutrones  $\cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Tras la irradiación, la composición química de las muestras de sílex fue obtenida mediante un detector de germanio BEGe (FWHM 450 eV @ 5.9 keV, 750 eV @ 60 keV y 2100 eV @ 122 keV) a partir de las emisiones gamma de los productos de activación de 27 elementos (Na, K, Fe, Sc, Cr, Co, Zn, Ga, As, Br, Rb, Zr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Th, U) con energías entre 140 y 1690 keV medidas en un periodo de 6 horas al cabo de 3 y 27 días (Gouveia et al., 1992; Fernandes et al., 2010; Prudêncio et al., 2015). Las concentraciones de las muestras de sílex se evaluaron a partir de los materiales de referencia GSR-4 (piedra arenisca) y GSS-1 (suelo) del Institute of Geophysical and Geochemical Prospecting (IGGE).

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En el conjunto litológico identificado en el Abrigo de la Quebrada, el sílex

es la materia prima más abundante, distinguiendo varios tipos entre los que destaca el Tipo Domeño (código D en Tabla 1), que es el local y mayoritario en todos los niveles. Se caracteriza por una buena calidad para la talla, granulometría fina aspecto brillante. La superficie es lisa y sin inclusiones, opaca y de textura microcristalina. El color básico es gris, con tonalidades verdosas oscuras, y con una distribución homogénea. Su aspecto externo es semi-rugoso y posee mosaicos de macrocuarzo detrítico y numerosas inclusiones. Las espículas de esponjas triaxonas y microforaminíferos nos indican un ambiente de formación marino. También se documenta un proceso de silicificación por etapas, formando una primera generación de cuarzo fibroso y una segunda de granos de macrocuarzo (Eixea et al., 2011). Respecto a los tipos alóctonos, que constituyen menos del 10% del registro, establecemos 3 variantes. El Tipo 1 (código A1 en Tabla 1) posee colores blanquecinos con tonalidades marrones y amarillentas. El grano es fino, traslucido y con pocas intrusiones donde la mayor parte es sílice. Es importante señalar la presencia de pseudomorfo aciculares (cristales de yeso), criptogranos de óxido de hierro y algunos componentes anhídricos que nos muestran ambientes de formación del sílex con altos niveles de salinidad. El Tipo 2 (código A2 en Tabla 1) está caracterizado por un grano fino, superficie lisa, textura microcristalina y una buena calidad para la talla. Sus coloraciones se encuentran en la gama de los marrones claros con pequeñas motas oscuras. A nivel interno, las secciones de espículas, las inertitas y los microforaminíferos indican un ambiente de formación marina. Como el grupo anterior, posee variantes ligadas a un mayor o menor grado de silicificación. El Tipo 3 (código A3 en Tabla 1) está caracterizado por sus tonalidades negras, grano fino, superficie suave, estructura microcristalina y facilidad de fractura. La presencia de restos de algas y espículas sugieren un origen marino. Podemos hablar de una cuarta variante, el Tipo 4 (código A4 en

Muestra	Origen (Tipo)	Fases cristalinas	IC
D13	Quebrada (local)	Cuarzo, Calcita, Silicato de Na	2.5
D14	Quebrada (local)	Cuarzo, Calcita	1.7
D15	Quebrada (local)	Cuarzo, Calcita	2.5
D16	Quebrada (local)	Cuarzo, Calcita	1.5
D18	Quebrada (local)	Cuarzo, Calcita	1.5
D19	Quebrada (local)	Cuarzo, Calcita	2.4
D20	Quebrada (local)	Cuarzo	1.1
A1-6	Quebrada (aloc. tipo 1)	Cuarzo, Calcita	1.1
A1-7	Quebrada (aloc. tipo 1)	Cuarzo, Pyrolusita	<1
A2-16	Quebrada (aloc. tipo 2)	Cuarzo, Calcita	<1
A2-17	Quebrada (aloc. tipo 2)	Cuarzo, Calcita, Óxido de Fe III	<1
A2-18	Quebrada (aloc. tipo 2)	Cuarzo, Calcita	1.5
A2-19	Quebrada (aloc. tipo 2)	Cuarzo, Calcita	<1
A3-10	Quebrada (aloc. tipo 3)	Cuarzo, Óxido de Mn	<1
A3-12	Quebrada (aloc. tipo 3)	Cuarzo, Moganita, Calcita	<1
A3-13	Quebrada (aloc. tipo 3)	Cuarzo	<1
A3-14	Quebrada (aloc. tipo 3)	Cuarzo, Calcita	<1
CC3-1	Cova de les Cendres	Cuarzo, Calcita	<1
CC3-2	Cova de les Cendres	Cuarzo, Calcita	1.5
CC3-3	Cova de les Cendres	Cuarzo	<1
CC3-4	Cova de les Cendres	Cuarzo	3.4
M6	Corrales de Silla (afloramiento)	Cuarzo, Calcita	3.2
M7	Collado Granzas (afloramiento)	Cuarzo, Calcita	2.8
M8	Barranco Artaj (afloramiento)	Cuarzo, Calcita	3.9
M9	Las Ramblillas (afloramiento)	Cuarzo, Calcita	2.4
M10	CV 35 (afloramiento)	Cuarzo, Calcita	2.4

Tabla 2. Fases cristalinas e índice de cristalinidad (IC) de muestras de sílex de yacimientos arqueológicos y afloramientos obtenidos a partir de los patrones de difracción. La precisión del IC es 0.5 (2?).

Tabla 1), que engloba los sílex que no se encuadran en los tipos anteriores. Figura 1. Análisis de componentes principales PC2 (16.3%) versus PC1 (62.7%) obtenido a partir de las áreas netas de las líneas de fluorescencia K correspondientes a los 13 elementos identificados mediante EDXRF en las muestras de la Tabla 1. Los análisis EDXRF fueron realizados en zonas planas de las 64 muestras de sílex indicadas en la Tabla 1. Se han detectado y medido las áreas netas de las líneas K de fluorescencia de 13 elementos (Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn y Sr). Los elementos mayoritarios son K, Ca y Fe, detectándose el resto como minoritarios o elementos traza. La heterogeneidad de las medidas es alta, especialmente en relación

a la presencia de Ca. Las áreas netas de fluorescencia de este elemento, incluso en una misma muestra, presentan una alta variabilidad asociada a la fluctuación de concentraciones de los minerales de calcio presentes en los sílex. El análisis de componentes principales (PCA) mediante el código STATGRAPHICS Centurion (Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, VA, USA) de las áreas netas de las líneas de fluorescencia, normalizadas al área total del espectro, ha permitido discriminar entre muestras locales tipo Domeño y muestras alóctonas. La Figura 1 muestra la representación gráfica de las dos primeras componentes principales que cubren un 79% de la varianza. Podemos observar que las muestras locales (etiqueta D en la

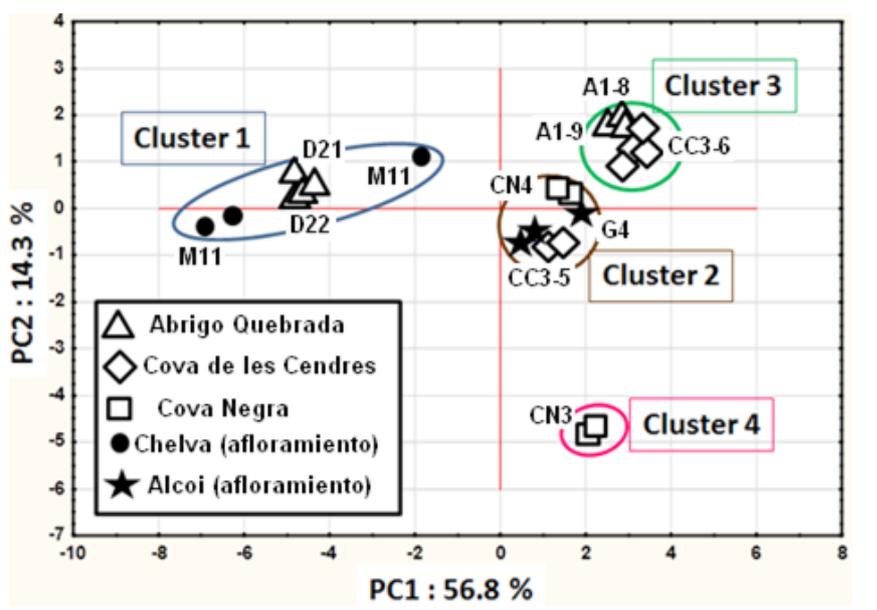


Figura 1) presentan valores negativos de PC1 y positivos de la PC2, en contraste con el valor positivo de PC1 de la mayoría de las muestras alóctonas. Con relación a los afloramientos, las procedentes del entorno geográfico de Chelva se proyectan junto a las muestras arqueológicas locales del Tipo Domeño, indicando similitudes en la composición elemental obtenida a partir de los análisis de fluorescencia.

Los análisis XRD se realizaron sobre 21 muestras arqueológicas tipificadas macroscópicamente como locales tipo Domeño (7 muestras), alóctonas de los tipos A1, A2 y A3 (10 muestras) y foráneas de la Cova de les Cendres (4 muestras). Así mismo se analizaron 5 muestras de sílex de los afloramientos próximos al Abrigo de la Quebrada (Tabla 2). La principal fase cristalina de los difractogramas es el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), identificándose además la presencia de calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) y la presencia ocasional de pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ), moganita (polimorfo del cuarzo), silicatos y óxidos. Establecer comparaciones entre los patrones de difracción de las diferentes muestras es complicado debido a la

presencia dominante del cuarzo en todos ellos. En la Tabla 2 se indican las fases cristalinas identificadas en cada muestra ordenadas en función de la intensidad que presentan en los difractogramas. De acuerdo con la escala de Murata y Norman, el IC de los sílex presentados en la Tabla 2 es bajo. EL mayor IC corresponde a los sílex de los afloramientos del entorno geográfico de Chelva (muestras M6 a M10) con valores comprendidos entre 2.4 y 3.9, los cuales son ligeramente superiores a los de los sílex tipo Domeño. El IC de este grupo de muestras, que corresponderían a materias primas locales del entorno del Abrigo de la Quebrada, es significativamente mayor que el de las muestras alóctonas, indicando que estas últimas tienen un grado de cristalinidad mas pobre, presentando valores del IC inferiores a 1. Estos resultados concuerdan con el análisis de componentes principales de los datos EDXRF en los que los afloramientos locales de Chelva y los sílex arqueológicos tipo Domeño presentan un "cluster" diferenciado del resto de muestras.

Los análisis realizados mediante NAA, de acuerdo con la metodología indicada, han aportado la identificación de elementos mayoritarios, minoritarios y traza en un total de 10 sílex que corresponden a: cuatro muestras arqueológicas de Quebrada (Tipo Domeño: D21 y D22; alóctonos Tipo 1: A1-8 y A1-9); cuatro sílex arqueológicos de otros yacimientos alejados geográficamente del Abrigo de la Quebrada (Cova Negra: CN3 y CN4, y Cova de les Cendres: CC3-5 y CC3-6); una muestra de los afloramientos geológicos de Chelva (M11); y una muestra de los afloramientos de sílex tipo Serreta de Alcoi (G4). Como se aprecia en el análisis de componentes principales (PCA) de la Figura 2, obtenido a partir de las concentraciones de los elementos identificados mediante activación neutrónica de las muestras, el Tipo Domeño aparece totalmente diferenciado de los sílex alóctonos documentados en el yacimiento. A su vez, existe una estrecha relación entre las muestras de esta variante identificadas en los materiales arqueológicos, D21 y D22, y la muestra M11 tomada en los afloramientos de la zona (cluster 1). Esto nos permite confirmar la hipótesis de partida: el carácter local de este tipo de sílex y su aprovisionamiento local en un radio de entre 5 y 8 km del yacimiento (Eixea et al., 2011 y 2014). En segundo lugar, resaltar la clara diferenciación de los tipos alóctonos y su delimitación como grupos independientes. Las variantes alóctonas del Tipo 1 de Quebrada (A1-8 y A1-9) aparecen relacionadas con otra variante identificada en el yacimiento de Cova de les Cendres (CC3-6) constituyendo un cluster diferenciado (cluster 3), mientras que la tipología de los afloramientos de Alcoi (G4) se agrupan con sílex de Cova Negra (CN4) y Cova de les Cendres (CC3-5) en el cluster 2. El sílex de Cova Negra CN3 forma un cluster aislado con una tipología no documentada. Las características de los cluster 2 y 3 nos conduce a plantear la posibilidad de encontrarnos frente a un mismo tipo de sílex que se utilizó en los distintos yacimientos y que tiene su origen en los afloramientos naturales del sílex tipo Serreta de la zona

de Alcoi (G4). En el caso de Quebrada, la distancia a estos afloramientos se situaría en torno a los 130 km en línea recta, mientras que desde Cova Negra la distancia a los lugares de aprovisionamiento sería de alrededor de los 30 km y desde Cova de les Cendres unos 50 km. Figura 2. PCA correspondiente a los datos obtenidos en el análisis por activación neutrónica de 10 muestras de sílex (ver explicación en el texto).

## CONCLUSIONES

La determinación de las variantes silíceas en términos macroscópicos y, posteriormente, los análisis mediante EDXRF y XRD, discriminan, a partir de la composición elemental de las muestras y del índice de cristalinidad, entre sílex locales y alóctonos en el yacimiento arqueológico del Abrigo de la Quebrada. Estos análisis asocian los sílex locales tipo Domeño con los afloramientos geológicos del entorno geográfico de Chelva. No obstante, los resultados de los análisis EDXRF y XRD no logran discriminar entre diferentes tipologías de las muestras alóctonas, tipologías que son evidentes en los análisis macroscópicos. Los análisis por NAA, que permiten detectar elementos traza con mayor sensibilidad y precisión, muestran una mayor capacidad para discriminar tanto los sílex locales de los alóctonos como establecer diferencias de composición entre sílex alóctonos de diferente tipología. Si bien las el número de sílex analizados en este trabajo por NAA es reducido, los resultados obtenidos sugieren que esta técnica, aplicada a un conjunto suficiente amplio de muestras, puede ofrecer resultados satisfactorios que permitan identificar las fuentes de aprovisionamiento de materias primas correlacionando muestras arqueológicas haladas en los yacimientos con afloramientos geológicos del entorno geográfico próximo o lejano y considerando que la "firma geoquímica" de ambos es similar.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado con la financiación de los siguientes proyectos

de investigación: PROMETEOII/2013/016, FFI2008-01200/FISO, HAR2011-24878, HAR2014-52671 y FCT UID/Multi/04349/2013 (Portugal). Los autores agradecen al personal del Reactor Portugués de Investigación el apoyo recibido durante las irradiaciones.

## Bibliografía

- Bustillo, M.A., Castañeda, M., Capaote, M., Consuegra, S., Criado, C., Díaz-del-Río, P., Orozco, T., Pérez-Giménez, J.L., Terradas, X., 2009. Is the macroscopic classification of flint useful? A petroarchaeological analysis and characterization of flint raw materials from the Iberian neolithic mine of Casa Montero. *Archaeometry* 51, 2, 175-196.
- Eixea, A., Villaverde, V., Zilhao, J. 2011. Aproximación al aprovisionamiento de materias primas líticas en el yacimiento del Paleolítico medio del Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia). *Trabajos de Prehistoria*, 68, N.º 1, pp. 65-78.
- Eixea, A., Villaverde, V., Zilhão, J., Sanchis, A., Morales, J., Real, C. & Bergadà, M., 2012. El nivel IV de Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia). Análisis microespacial y valoración del uso del espacio en los yacimientos del Paleolítico medio valenciano. *Mainake*, 33(2011-2012): 127-158.
- Eixea, A., Roldán, C., Villaverde, V., Zilhão, J. 2014. Middle Palaeolithic flint procurement in Central Mediterranean Iberia: Implications for human mobility. *Journal of Lithic Studies*, vol.1, nº 1, 103-115.
- Faus, E. 2008. Apuntes sobre afloramientos y áreas con presencia de materias primas síliceas localizadas en las comarcas del Comtat y La Marina Alta (Alacant). *Alberri*, 19: 9-38.
- Fernandes A.C., Santos J.P., Marques, J.G., Kling, A., Ramos, A.R., Barradas, N.P. 2010. Validation of the Monte Carlo model supporting core conversion of the Portuguese Research Reactor (RPI) for neutron fluence rate determinations. *Ann. Nucl. Energy* 37, 1139-1145.
- Gouveia M.A., Prudencio M.I., Morgado I., Cabral J.M.P. 1992. New data on the GSJ reference rocks JB-1a and JG-1a by instrumental neutron activation analysis. *J Radioanal Nucl Chem* 158:115-120.
- Menargues, J. 2005. La explotación de las rocas locales en los yacimientos paleolíticos de la Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante) y la Cova de les Cendres (Teulada, Alicante). In: *Geoarqueología y Patrimonio en la Península Ibérica y el entorno mediterráneo*, (Santonja, M., Pérez-González, A. & M. J. Machado, M. J., eds.) Adema Patrimonio. Editorial Almazán. Soria: p. 413-424.
- Molina, F. J., Tarrío, A., Galván, B., Hernández, C. 2010. Áreas de aprovisionamiento de sílex en el Paleolítico medio en torno al Abric del Pastor (Alcoi, Alicante). *Recerques del Museu d'Alcoi*, 19, 65-80.
- Murata, K.J., Norman, M.B., An index of crystallinity for quartz. *American Journal of Science* 1976; 276, 1120-1130.
- Prudêncio, M.I., Roldán, C., Dias, M.I., Marques, R., Eixea, A., Villaverde, V. 2015. A micro-invasive approach using INAA for new insights into Palaeolithic flint archaeological artefacts. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, on-line publication 7-july-2015. DOI:10.1007/s10967-015-4294-z.
- Roldán, C., Carballo, J., Murcia, S., Eixea, A., Villaverde, V., Zilhão, J. 2015. Identification of local and allochthonous flint artefacts from the Middle Palaeolithic site 'Abrigo de la Quebrada' (Chelva, Valencia, Spain) by macroscopic and physicochemical methods. *X-Ray Spectrom.*, 44, 209-216.
- Schmich, S., Wilkens, B. 2006. Non-destructive Identification and Characterization of Lithics from the Polop Alto: A Preliminary Assessment Using Proton Induced X-ray Emission (PIXE). In: *El Abric de la Falguera (Alcoi, Alacant)*, (García, O. & Aura, J. A. (eds.), Diputación Provincial de Alicante, Alicante: p. 164-170.
- Tiffagom, M. 2006. *De la Pierre à l'Homme. Essai sur une paléanthropologie solutréenne*. Université de Liège, Service de Préhistoire. Liège, 290 p.
- Villaverde, V., Eixea, A. & Zilhão, J. 2008. Aproximación a la industria lítica del Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia). *Treballs d'Arqueologia*, 14: 213-228.