



## ***Sesión 11 “ESTUDIOS ARQUEOMÉTRICOS”***

### ***Utilización de técnicas mineralógicas y geoquímicas para la caracterización de cerámicas arqueológicas***

#### **Isabel Sonsoles de Soto García.**

Profesora Ayudante LOU. Departamento de Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid.

isabel.desoto@uam.es

#### **M<sup>a</sup> de los Reyes de Soto García.**

Personal Investigador (FPI). Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Universidad de Salamanca.

reyesdesoto@usal.es

#### **RESUMEN**

La utilización de técnicas químicas y mineralógicas en Arqueología está mostrando grandes avances a la hora de conocer la procedencia de las arcillas utilizadas para su elaboración. En este trabajo se pretende poner de manifiesto la importancia del uso de dichas técnicas, por lo que se ha manejado como muestra varios fragmentos cerámicos recogidos en prospección de un yacimiento Vettón de la provincia de Salamanca.

#### **Palabras clave:**

Análisis mineralógico, Análisis químico, Cuesta de Santa Ana, Salamanca, vettones, río Almar.

#### **ABSTRACT**

The use of chemical and mineralogical techniques in Archaeology is showing great progress in order to know the origin of the clays used in its manufacture. This paper is intended to highlight the importance of using these techniques. For this reason, several ceramic from Vettón's site in Salamanca province have been studied.

#### **Keywords:**

Mineralogical analysis, Chemical analysis, Cuesta de Santa Ana, Salamanca, Vettones, Almar river.

Rebut: 14 març 2011; Acceptat: 21 octubre 2011

## **RESUM**

L'ús de tècniques químiques i minerologia en arqueologia està mostrant grans progressos quan es tracta de conèixer la procedència de les argiles utilitzades per al processament. Aquest treball pretén subratllar la importància de l'ús d'aquestes tècniques, per la qual cosa s'han fet servir diversos fragments de ceràmics recollits fent prospeccions a un jaciment Vetton de la província de Salamanca.

### **Paraules Clau:**

Anàlisi de minerològic, anàlisis químiques, Cuesta de Santa Ana, Salamanca, vettones, riu Almar.

## **0. INTRODUCCIÓN.**

Las técnicas físico –químicas empleadas en la caracterización de cerámicas tratan de resolver problemas arqueológicos como datación de los restos cerámicos, estudio de la procedencia de los materiales, estudio de las condiciones de cocción de las cerámicas antiguas y conservación de las cerámicas (Butzer, 1989; García Heras y Olaetxea, 1992; Pérez Arantegui y col. 1996; Gómez, 1997; Williams, D. 2005; Vigil de la Villa Mencía y García Giménez, 2005) Este tipo de técnicas se agrupan en dos grandes grupos: técnicas mineralógicas y técnicas geoquímicas.

Las técnicas mineralógicas proporcionan información valiosísima acerca de los minerales que componen la pasta arcillosa, a si como de las posibles modificaciones mineralógicas que ha podido sufrir la arcilla en el proceso de cocción. Estas técnicas petrográficas son principalmente el estudio de láminas delgadas con la ayuda de un microscopio óptico y Difracción de Rayos X (DRX) (García Heras y Olaetxea, 1992; Pérez Arantegui y col. 1996; Vigil de la Villa Mencía y García Gi-

ménez, 2005).

Los análisis geoquímicos aportan información sobre de la procedencia del material utilizado para la fabricación de la pieza cerámica, ya que son como una “huella dactilar” de las mismas. Existe una gran variedad de técnicas que nos permiten el estudio de los elementos químicos presentes en la pasta cerámica como la activación neutrónica (NAA), espectrometría de emisión óptica (OES), espectrometría de absorción atómica (AAS), espectrometría de plasma de acoplamiento inductivo (ICPS), emisión de rayos X inducida por protones (PIXE), emisión de rayos gamma inducida por protones (PIGME) y espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF).

En el presente trabajo se han seleccionado dos fragmentos cerámicos de un yacimiento de la II Edad del Hierro de la provincia de Salamanca (España) (Figura 1a y 1b) con el fin conocer las ventajas e inconvenientes que presenta la utilización de estas técnicas en el estudio de cerámicas antiguas, al igual

que el tipo de información que ellas aportan a los estudios arqueológicos. Para ello, se ha realizado un estudio mineralógico de la muestra mediante láminas delgadas y DRX y un estudio geoquímico mediante una extracción ácida de los componentes químicos.

### 1. LA CUESTA DE SANTA ANA.

La Cuesta de Santa Ana (Garcihernández, Salamanca), es un yacimiento localizado en la provincia de Salamanca, en la comarca comprendida entre Alba de Tormes y Peñaranda de Bracamonte.

Se trata de un enclave catalogado como *oppidum* o castro vetton como los que se encuentran diseminados por la vecina provincia de Ávila o en la misma provincia de Salamanca. La cronología vettona nos la avalan los hallazgos documentados en el cerro, como una fibula zoomorfa en forma de caballito o las cerámicas diseminadas por todo el campo. En cambio, en superficie no se observa ningún tipo de estructura ni restos de posibles amurallamientos. La falta de una muralla, según Martín Valls puede deberse al aprovechamiento cerealístico que ha tenido tradicionalmente toda la zona, ya que se habría tenido que desmontar (Martín Valls 1997: 166-167).

Posiblemente con la llegada de los romanos el castro se abandona, únicamente se ha encontrado un fragmento cerámico de *terra sigillata* (Ariño

2006:319), contando además de que existe un yacimiento romano con reaprovechamiento posterior como necrópolis a los pies del asentamiento en alto. Tampoco se sabe con certeza si fue habitado en otras etapas históricas, aunque se tienen noticias de la existencia de una ermita, de la que el castro toma su nombre<sup>1</sup>.

En superficie el yacimiento presenta una abundante cantidad de restos cerámicos, si bien, la continua labor arqueológica a la que se ve sometido está contribuyendo a que cada vez los fragmentos encontrados sean menos representativos, y en la mayoría de los casos se trate de cerámicas comunes sin restos de decoración.

Los fragmentos cerámicos que se han sometido a análisis fueron recogidos durante las prospecciones arqueológicas realizadas a principios de año 2010 como parte integrante del proyecto de Trabajo de Grado de una de las firmantes de este trabajo.

Desde un punto de vista geológico, el municipio se encuentra en el borde suroccidental de la Depresión del Duero. Las rocas que afloran en el área de estudio son materiales del Cenozoico, depositados en un ambiente continental. Son principalmente rocas sedimentarias detríticas intercaladas con pequeños niveles de rocas carbonatadas (Vera, 2004).

## **2.MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Estudio visual de las muestras.**

El examen visual de la macroestructura, se realiza con la ayuda de una lupa binocular. Gracias a este análisis se pueden estudiar las superficies y superficies de rotura de las pastas, así como estudiar aspectos relacionados con el acabado de la cerámica, decoración, existencia de desgrasantes, etc. Además, se puede agrupar a las arcillas en grupos tecnológicos (García Heras y Olaetxea, 1992).

### **2.2 Mineralogía.**

La caracterización mineralógica se ha llevado a cabo mediante el estudio de láminas delgadas en un microscopio óptico (Ortho Plan Pol Leite) tanto con luz blanca como con luz polarizada, teniendo en cuenta la composición mineralógica, forma de los granos y orientación de los materiales. El análisis de láminas delgadas permite identificar los minerales presentes en la pasta cerámica así como su textura. Como es lógico, este estudio necesita una preparación previa de la muestra. La fabricación de láminas delgadas consiste en el corte, pulido y colocación de una lámina de 0,03 milímetros de grosor de cerámica en un portamuestras, ayudándose de resinas de contacto para que se adhiera. Este corte debe realizarse de forma perpendicular a los anillos dejados por el torno o de forma paralela al eje longitudinal de la pieza. Posteriormente, esta lámina se analiza en el mi-

croscopio petrográfico (García Heras y Olaetxea, 1992; Pérez Arantegui y col. 1996; Vigil de la Villa Mencía y García Giménez, 2005).

La Difracción de Rayos X se llevo a cabo en un difractómetro Philips PW-1035 con analizador de grafito y radiación  $\alpha$  de Cu. Las condiciones de barrido han sido las siguientes: 20 mA y 40 KV. Esta técnica se emplea para detectar fases cristalinas que no han sido reconocidas en el análisis por el microscopio petrográfico. Esta técnica permite una semicuantificación de los minerales presentes en la muestra. Consiste en el bombardeo de la muestra con rayos X, los cuales son difractados por cada fase cristalina. Como en el caso anterior, la muestra debe sufrir una preparación previa, ya que debe ser molida y reducida a polvo con la ayuda de un mortero de ágata (García Heras y Olaetxea, 1992; Pérez Arantegui y col. 1996; Navarro Gascón, 2005; Vigil de la Villa Mencía y García Giménez, 2005).

### **2.3. Estudio químico de las muestras.**

El análisis químico se llevó a cabo primero mediante una digestión ácida con HF y HCl. Posteriormente, las muestras fueron analizadas por Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS Elan 6000 Perkin-Elmer Sciex). En este equipo, la muestra líquida es vaporizada e ionizada gracias a un plasma de

Argón. Los iones, una vez formados, pasan al espectrómetro de masas donde son separados mediante un analizador y detectados. Aportando de este modo, información tanto de los elementos mayoritarios como de los elementos que se encuentran en bajas concentraciones (oligoelementos)

### 3. RESULTADOS

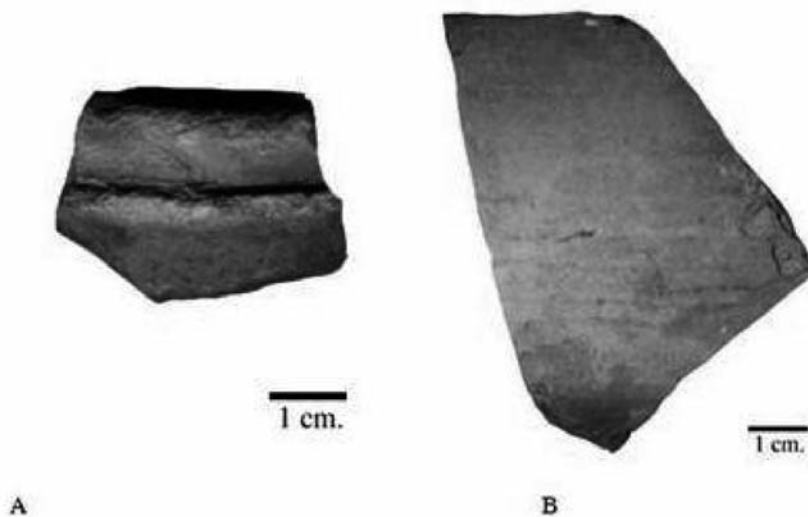
#### 3.1 Estudio visual de las muestras.

Las muestras corresponden a dos fragmentos de cerámica común de cocina de cocción oxidante carentes de decoración. Como se apuntó con anterioridad los fragmentos cerámicos documentados con decoración son muy escasos, y en este caso únicamente uno de los fragmentos presentaba una moldura exterior. (Figura 1a y 1b).

#### 3.2. Mineralogía.

Los minerales principales que constituyen las muestras son filosilicatos, cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa. Como minerales accesorios se presentan los carbonatos (calcita y/o dolomita) (Figura 2). La existencia de determinadas fases cristalinas indica que la temperatura de cocción fue inferior a los 800°C, ya que si hubiese sido superior las fases cristalinas que se encuentran en estas pastas cerámicas se hubiesen transformado en fases amorfas. Además, la aparición de de calcita y dolomita, minerales que se pueden considerar como geotermómetros hace pensar que no se ha alcanzado los 850°C.

Gracias al estudio de las láminas delgadas, se ha observado que los granos



*Figura 1.* Fotografía de los fragmentos cerámicos estudiados. A: Cerámica 1 (C1). B: Cerámica 2 (C2).

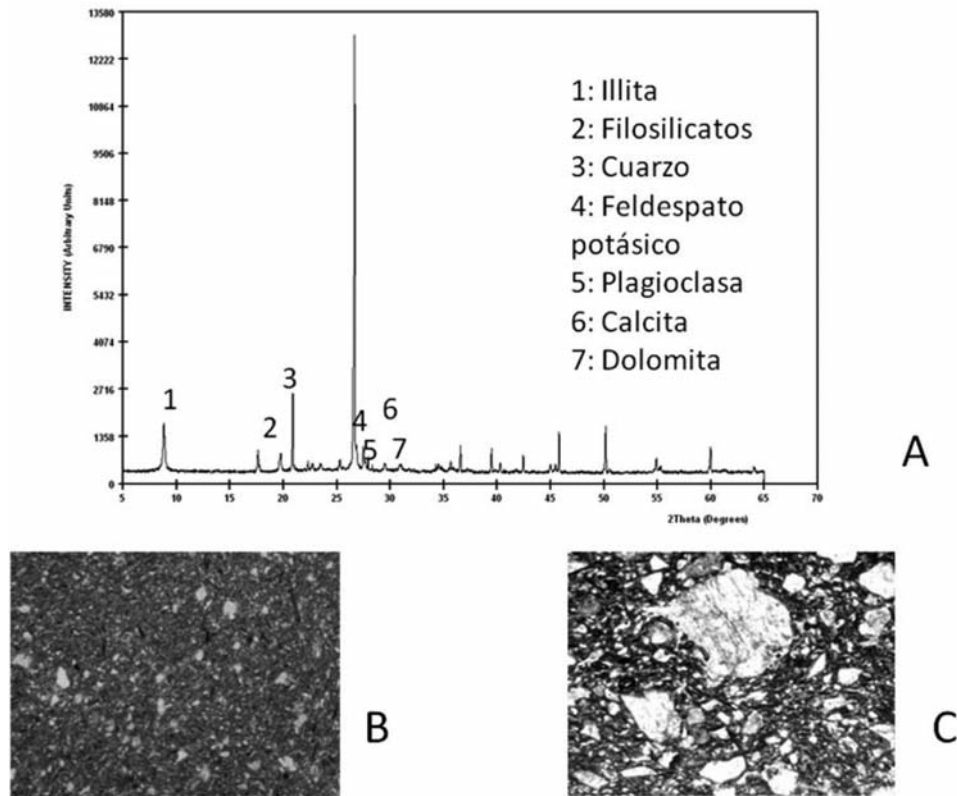


Figura 2. Estudio mineralógico de las muestras. A: Difractograma de C1. B: Fotografía de la lámina delgada de C1 con luz paralela (x 64). C: Fotografía de la lámina delgada de C2 con luz paralela (x 64)

de cuarzo y feldespatos + plagioclasas pueden tener dos tamaños de grano y grado de redondeamiento diferentes: granos pequeños y redondeados o granos grandes y angulosos. En el primer caso, estos tectosilicatos proceden de la arcilla original utilizada en la cocción de la cerámica (Figura 2b). Sin embargo, en el caso de los granos angulosos de gran tamaño corresponden con los desgrasantes utilizados en la fabricación de las cerámicas (Figura 2c). Estos minerales (cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico) son minerales

abundantes en la zona de estudio (Vera, 2004), lo que aporta información valiosísima sobre el origen de las cerámicas y los materiales utilizados en la manufacturación.

### 3.3. Composición química de las muestras.

En la tabla 1 y 2 se presentan los datos de elementos mayoritarios y oligoelementos de las muestras cerámicas ensayadas. No existen variaciones importantes en la composición química de las muestras, lo que aporta informa-

Elementos mayoritarios (%)	C1	C2
Na <sub>2</sub> O	1,53	1,04
MgO	1,11	2,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45,69	40,28
K <sub>2</sub> O	4,85	6,33
CaO	1,40	1,20
TiO <sub>2</sub>	0,63	0,54
MnO	0,11	0,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,06	11,39

Tabla 1: Composición de los elementos mayoritarios de las cerámicas (%).

	C1	C2		C1	C2		C1	C2
Li	97	69	Rb	171	183	Nd	41	28
Be	4	4	Sr	205	104	Sm	8	6
Be	348	445	Y	17	14	Eu	2	1
Sc	18	12	Zr	19	47	Gd	7	5
V	17	73	Nb	12	10	Er	4	3
Cr	91	84	Sn	6	3	Yb	2	1
Co	21	13	Cs	11	13	Ta	1	1
Ni	40	40	Ba	596	629	W	1	1

Tabla 2. Composición de los oligoelementos de las cerámicas (ppm).

ción sobre el material inicial utilizado, ya que se podría decir que los fragmentos cerámicos fueron fabricados con el mismo material inicial. (Tabla1 y Tabla 2)

#### 4. CONCLUSIONES

Las técnicas utilizadas tienen una serie de ventajas que nos permiten avanzar en los conocimientos sobre las pastas de las cerámicas. Permiten la agrupación de muestras en función del origen de las arcillas utilizadas en la manufacturación, lo que nos puede ayudar a la hora de definir los grupos cerámicos en muestras muy homogéneas y poco representativas del periodo histórico como pueden ser las cerámicas comu-

nes o las cerámicas comunes de cocina

Habría que añadir que aportan información acerca de la tecnología utilizada en la manufacturación, origen de las cerámicas, las temperaturas a las que fueron cocidas o la adición o no de desgrasantes. Información muy valiosa que no puede ser obtenida por la simple observación “de visu” de los materiales.

La interpretación de los resultados debe ser realizada por una persona experta en el tema con conocimientos de geología y geoquímica. Por lo que se hace necesaria la colaboración con un equipo de geoquímicos.



Por otro lado, este tipo de análisis presenta inconvenientes. El más evidente de todos ellos es que se trata de técnicas destructivas en las que es necesario reducir a polvo una parte de la muestra cerámica para poder llevar a cabo los análisis químicos y de DRX. A esta destrucción hay que añadir el coste del proceso y la complejidad que pueden llegar a alcanzar.

De todas maneras, en nuestra opinión es de gran importancia realizar este tipo de análisis a las pastas cerámicas, ya que es un nuevo campo que se ha abierto para la arqueología y aporta una serie de información que no se puede conseguir mediante análisis macroscópicos.

#### **Agradecimientos.**

A la Profesora Rosario García Giménez de la Universidad Autónoma de Madrid por su apoyo.

#### NOTAS

<sup>1</sup> No se conservan restos en superficie de la ermita, si bien, en una serie de movimientos de tierra realizados con los trabajos de implantación del regadío en la zona se encontraron unas tumbas que los investigadores adscribieron a la época en la que la ermita estuvo en pie (Benet Jordana 1990: 285)..

#### **Bibliografía**

**ARIÑO, E. (1996):** Modelos de poblamiento rural en la provincia de Salamanca (España) entre la antigüedad y la alta edad media, *Zephyrus*, 59, 317-337.

**BENET JORDANA, N. (1990):** Arqueología preventiva y de gestión: 1984-1988. Provincia de Salamanca, *Numantia*, III, 285-286.

**BUTZER, K.W (1989):** *Arqueología. Una ecología del hombre: método y teoría para un enfoque contextual*, Barcelona: Bellaterra.

**GARCÍA HERAS, M. y OLAET-XEA, P. (1992):** Métodos y análisis para la caracterización de cerámicas arqueológicas. Estado actual de la investigación en España, *Archivo Español de Arqueología*, 65, 263-289.

**GARCÍA MARTÍN, J. (1982):** La fíbula zoomorfa de caballito hallada en Garcihernández, Salamanca, *Revista de estudios*, 1, 215-216.

**GÓMEZ CIURANA, D. (1987):** *Caracterización de cerámicas arqueológicas de la provincia de Alicante por aplicación de análisis estadístico multivariante a los datos de composición química*, Tesis Doctoral: Universidad de Alicante.

**NAVARRO GASCÓN, J. V. (2005):**



Aplicaciones de la difracción de rayos X al estudio de los bienes culturales, en PROUS, S. (coord.), *La Ciencia y el Arte: Ciencias experimentales y conservación del patrimonio histórico*, (pp. 134-139). Madrid: Ministerio de Cultura.

**PÉREZ ARANTEGUI, J.; AGUAROD OTAL, C.; LAPUENTE MERCADAL, M. P.; FELIZ ORTEGA, M. J.; PERNOT, M. (1996):** Arqueometría y caracterización de materiales arqueológicos, *Cuadernos del Instituto Aragonés de Arqueología*, IV. VERA, J. A.(ed.)(2004). Geología de España. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

**VIGIL DE LA VILLA MENCÍA, R. y GARCÍA GIMÉNEZ, R. (2005):** Cerámica y su caracterización en PROUS, S. (coord.), *La Ciencia y el Arte: Ciencias experimentales y conservación del patrimonio histórico*, (pp.223-233). Madrid: Ministerio de Cultura.

**WILLIAMS, D. F. (2005):** An integrated archaeometric approach ceramic fabric recognition. A study on Late Roman amphora 1 from the eastern Mediterranean, en GURT I ESPARRAGUERA, J. M.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M. A. (eds.), *Late Roman Coarse Wares, Cooking, Wares and Amphorae in the Mediterranean: Archaeology and Ar-*