

**CARACTERITZACIÓ ARQUEOMÈTRICA  
DE LES CERÀMIQUES ESPATULADES  
DE LA PLAÇA DEL REI DE BARCELONA**

**CARACTERIZACIÓN ARQUEOMÉTRICA  
DE LAS CERÁMICAS ESPATULADAS DE  
LA PLAÇA DEL REI DE BARCELONA**

**CARACTÉRISATION ARCHÉOMÉTRIQUE  
DES CÉRAMIQUES SPATULÉES DE LA  
PLAÇA DEL REI DE BARCELONE**

Un total de vint ceràmiques altmedievals, en la major part espatulades, procedents de diversos contextos de les excavacions de Barcelona, han estat caracteritzades arqueomètricament per Fluorescència de Raigs X (FRX), Difracció de Raigs X (DRX) i Microscòpia Òptica de polarització per làmina prima (MO). Els resultats han permès establir una diversitat de produccions d'òrgens possiblement locals i/o regionals.

**Paraules clau:** Arqueometria. Espatulades. Provenença. Tecnologia. Barcelona.

Un total de veinte cerámicas altomedievales, en su mayoría espatuladas, procedentes de distintos contextos de las excavaciones de Barcelona, han sido caracterizadas arqueométricamente por Fluorescencia de Rayos X (FRX), Difracción de Rayos X (DRX) y Microscopía Óptica de polarización por lámina delgada (MO). Los resultados han permitido establecer una diversidad de producciones de orígenes posiblemente locales y/o regionales.

**Palabras clave:** Arqueometría. Espatuladas. Procedencia. Tecnología. Barcelona.

Un total de 20 céramiques du haut moyen-âge, la plupart spatulées et provenant de divers contextes des fouilles de Barcelone, ont été caractérisées archéométriquement par Fluorescence de Rayons X (FRX), Diffraction de Rayons X (DRX) et Microscopie Optique de polarisation par lame mince (MO). Les résultats ont permis d'établir des productions d'origines diverses probablement locales et/ou régionales.

**Mots-clefs:** Archéométrie. Spatulé. Origine. Technologie. Barcelone.

## Introducció

Dins de l'estudi dels conjunts de les excavacions de la zona de la Plaça del Rei de Barcelona, s'ha procedit a la caracterització arqueomètrica de les produccions ceràmiques espatulades altmedievals dels segles IX-X (Beltrán de Heredia, 2006). Amb aquesta finalitat, s'han mostrejat 12 individus de les excavacions antigues i modernes d'aquest jaciment (Taula 1). A més, s'han inclòs en aquest estudi quatre individus corresponents a les ceràmiques amb acabat espatulat, però procedents de contextos anteriors a aquestes cronologies (Beltrán, 2006), i quatre individus de ceràmica d'època carolíngia però que no corresponen a ceràmica espatulada (Taula 1).

En una primera fase, totes les mostres han estat analitzades per Fluorescència de Raigs X (FRX) i Difracció de Raigs X (DRX). Posteriorment, en una segona fase, 8 mostres seleccionades d'acord amb els resultats obtinguts en la primera fase de l'estudi han estat caracteritzades per microscòpia òptica de polarització per làmina prima (MO) (Taula 1). Els resultats han permès identificar una multiplicitat de produccions per a les quals es poden proposar temptativament diverses proveniències locals i/o regionals.

## Mostreig i rutina analítica

Per a la realització de les dues fases del present estudi s'han mostrejat individus de diversos contextos de la ciutat de Barcelona, majoritàriament datats en els segles IX-X (Taula 1).

Per a la seva caracterització arqueomètrica, els individus han estat despresos de les capes superficials, i posteriorment han estat polvoritzats i homogeneïtzats mitjançant un molí de boles amb cel·la de carbur de tungstè. La composició química del material s'ha determinat per Fluorescència de Raigs X (FRX) a partir de la pols prèviament assecada en una estufa a 105° C durant 12 h. Per a la determinació dels elements majors i menors, s'han fet preparacions de duplicats de perles emprant 0.3 g d'espècimen en fusió alcalina amb 5.7 g de tetraborat de liti (dilució 1/20) en un forn d'inducció d'alta freqüència

Philips Perl'X-3. Per a la determinació dels elements traça i el sodi, s'han fet preparacions de pastilles emprant 5 g d'espècimen barrejats amb 2 ml d'aglutinant Elvacite 2044 en solució al 20% en acetona, col·locats en càpsules d'alumini sobre un llit d'àcid bòric i premsats a 200 kN durant 60 s. La quantificació s'ha realitzat amb un espectrofotòmetre Philips PW 2400, amb font d'excitació de Rh, utilitzant una recta de calibratge configurada amb 60 patrons (Estàndards Geològics Internacionals). Així, s'han determinat els elements: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (com Fe total), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, Ba, Rb, Mo, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Sn, Ce, Co, Ga, V, Zn, W, Cu, Ni i Cr. Igualment s'ha calculat la pèrdua al foc (PAF) a partir de calcinacions de 0.3 g d'espècimen sec a 950° C durant 3 h. Una descripció de les condicions analítiques ja ha estat publicada anteriorment (Hein et alii, 2002).

La composició mineralògica dels 20 individus s'ha estudiat mitjançant la Difracció de Raigs X (DRX) emprant la pols dels espècimens prèviament preparats, que ha estat col·locada en un portamostres cilíndric de 27 mm de diàmetre i 2.5 mm d'alt (PW1811/27). En tots els casos, s'ha emprat la radiació K $\alpha$  del Cu ( $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ ). Per a l'individu BCN039, s'ha utilitzat un difractòmetre Siemens D-500, amb un monocromador de grafit en el feix difractat i una potència de treball d'1.2 kW (40 kV, 30 mA). Els mesuraments s'han realitzat entre 4 i 70° 2 $\theta$  amb una mida de pas de 0.05° 2 $\theta$  i un temps de comptatge de 3 s. Per als altres 19 individus, s'ha emprat un difractòmetre PANalytical X'Pert PRO alpha1 (radi = 240 mm), treballant a 45 kV i 40 mA, amb la mostra rotant a 1 rps, un filtre de Ni en el feix difractat i un detector X'Celerator, de longitud activa de 2.122°. Els mesuraments  $\Theta/2\Theta$  s'han realitzat de 4 a 70°2 $\Theta$ , amb una mida de pas de 0.017° i un temps de comptatge de 50 s. Les avaluacions de les fases cristal·lines presents s'han realitzat amb el paquet de programes DIFFRAC/AT de Siemens que inclou el banc de dades del Joint Committee of Powder Diffraction Standards (JCPDS).

A partir dels resultats de FRX i de DRX, es van seleccionar un total de vuit individus (BCN065, 70, 73, 74, 76, 77, 80 i 81) que representaven les diverses unitats de referència composicional de pasta (URCP) (Buxeda et alii, 1995)

\* Equip de Recerca Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona (ERAUB), Dept. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, C/ de Baldri Reixac, s/n, 08028 Barcelona, jbuxeda@ub.edu

\*\* Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA)/Equip de Recerca Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona (ERAUB) macau@ub.edu

Individu	Referència	Descripció/forma	Anàlisi	Adscripció
BCN039	PR 97 U.E. 1154.1	Vora de ceràmica espatulada	FRX, DRX	URCP BC-4.1a
BCN061	BC 5-IV-1967 6a	Fragment informe, acabat espatulat	FRX, DRX	URCP BC-4.1a
BCN062	ST 1953-56, VXXID-39 núm. dif. 96	Fragment informe, acabat espatulat	FRX, DRX	URCP BC-13
BCN063	BC 1969, (3-II-69), núm. dif. 1	Vora de sitra (forma II,2), ceràmica espatulada	FRX, DRX	URCP BC-13
BCN065	PR 98 U.E. 1147-2	Vora de cassola baixa, ceràmica comuna	FRX, DRX, MO	Prod. diferenciada
BCN066	ST 1953-56, Sense referència, núm. dif. 132	Vora de cassola alta (forma I,5), ceràmica comuna	FRX, DRX	Prod. diferenciada
BCN067	PR 97 U.E. 1038-2	Gibrell/servidora (forma VIII,2), ceràmica comuna	FRX, DRX	Prod. diferenciada
BCN068	PR 98 U.E. 1074-1	Fragment informe, ceràmica comuna, decoració incisa	FRX, DRX	Prod. diferenciada
BCN069	ST 1953-56, núm. dif. 96	Vora de ceràmica espatulada	FRX, DRX	URCP BC-11
BCN070	BC -16- 23-24/III/67, C.II Ampliació 2, nivel 1, núm. dif. 1	Fragment informe, ceràmica espatulada	FRX, DRX, MO	Prod. diferenciada
BCN072	St. lu, s/n	Vora de sitra (forma II,1) de ceràmica comuna	FRX, DRX	URCP BC-13
BCN073	PR 98 U.E. 2107-2	Vora de ceràmica espatulada	FRX, DRX, MO	URCP BC-11
BCN074	ST 1953-56, XXI-357/417 XXI-368, núm. dif. 81	Vora d'“orza” (forma IV,2), ceràmica espatulada	FRX, DRX, MO	Prod. diferenciada
BCN075	BC 1967 (14 juny 67), 23B, CII	Vora de ceràmica espatulada	FRX, DRX	URCP BC-13
BCN076	ST 1953-56 XXILL-5	Vora de sitra (forma II,1) de ceràmica espatulada	FRX, DRX, MO	URCP BC-13
BCN077	St. lu 2STI-C	Vora de sitra (forma II,2) de ceràmica espatulada	FRX, DRX, MO	URCP BC-11
BCN078	St. lu 1949	Vora de sitra (forma II,2) de ceràmica espatulada	FRX, DRX	URCP BC-13
BCN079	PR 60, Caixa 8, núm. dif. 45	Vora de sitra (forma II,2) de ceràmica espatulada	FRX, DRX	URCP BC-11
BCN080	PR 98 U.E. 1123	Fragment informe, acabat espatulat	FRX, DRX, MO	URCP BC-2/PL-C
BCN081	PR 97 U.E. 1388	Fragment informe, acabat espatulat	FRX, DRX, MO	Prod. diferenciada

Taula 1. Inventari dels individus caracteritzats. En la columna Tipus consta la seva classificació arqueològica.

identificades. Aquests individus van ésser estudiats per Microscòpia òptica de polarització per làmina prima (MO). Les làmines foren preparades a partir de fragments de ceràmica tallats i polits per una de les seves cares. Les mostres foren adherides a un portamostres mitjançant Loctite UVA, que enganxa en uns 30 s. Les mostres, un cop adherides al portamostres, varen ésser tallades de nou amb una serra de baixa velocitat Buehler ISOMET, i els tacs resultants, rebaixats mitjançant una rectificadora/talladora Struers Discoplan TS, equipada amb un disc de diamant. Les làmines s'acabaren a mà amb carburum dum 1000 fins a arribar a un gruix de 30 µm on el quars presenta un color gris-blanc de primer ordre. Les observacions van ésser realitzades amb un microscopi Olympus BX-41 amb objectius de 4X, 10X, 20X i 40X, treballant

entre 40X i 400X, equipat amb una càmera digital Olympus Camedia C-4040 zoom.

### Resultats de la caracterització química

Per evitar les dificultats imposades en les dades composicionals per la restricció de suma la unitat (o 100%), els resultats de l'anàlisi química per FRX han estat tractats mitjançant tècniques estadístiques seguint les consideracions d'Aitchison sobre dades composicionals (Aitchison 1986, 1992; Buxeda 1999a, 1999b) emprant la transformació en logaritmes de raons segons,

$$\mathbf{x} \in S^d \rightarrow \mathbf{y} = \log \left( \frac{\mathbf{x}_D}{x_D} \right) \in R^d$$

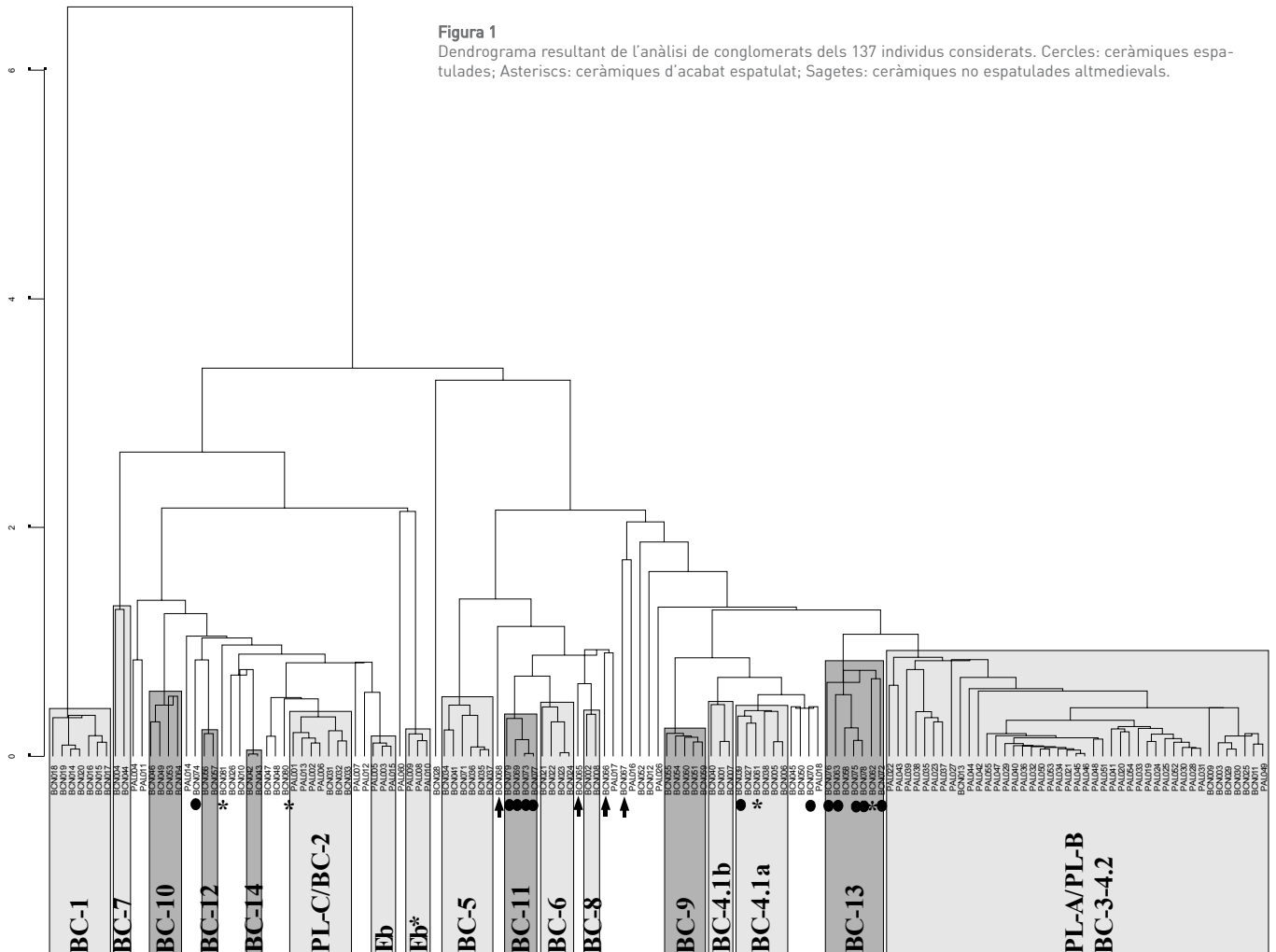


Figura 1

Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats dels 137 individus considerats. Cercles: ceràmiques espatulades; Asteriscs: ceràmiques d'acabat espatulat; Sagetes: ceràmiques no espatulades altmedievales.

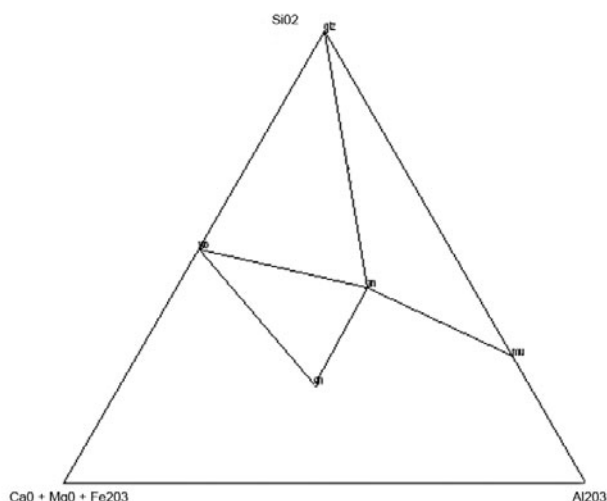
on  $S^d$  és el simplex d-dimensional ( $d=D-1$ ) i  $\mathbf{x}_D=(x_1,\dots,x_d)$ . Els components Mo i Sn no han estat considerats per indeterminacions i imprecisions analítiques, mentre que els components Co i W han estat exclosos per les possibles contaminacions derivades del procés de polvorització. Tampoc no ha estat considerat el valor de la PAF.

Per al seu estudi, els resultats han estat presos en consideració juntament amb els d'altres individus caracteritzats a Barcelona. En primer lloc, els individus BCN001 a BCN041 (excepte l'individu BCN039, de ceràmica espatulada, inclòs en el present mostreig). Aquests individus corresponen a ceràmiques datades a finals del S. VI-inicis del S. VII (Buxeda, Cau, 2005; Beltrán de Heredia, 2005). En segon lloc, s'han inclòs els individus BCN042 a BCN060, BCN064 i BCN071, que corresponen a ceràmiques procedents de contextos datats entre

els anteriors, de finals del segle VI i inicis del VII, i els d'interès en aquest estudi, datats en els segles IX-X. Aquest segon grup d'individus serà àmpliament estudiat en un treball futur. Igualment, han estat també presos en consideració els individus de finals del segle VI-inicis del segle VII de Mataró (PAL001 a PAL055, i PAL060) (Buxeda, Cau, 2004). La decisió d'emprar aquest conjunt per a l'estudi dels presents resultats es basa en la inexistència d'un banc de dades de ceràmiques altmedievales que en faciliti la interpretació. El fet que els conjunts presos en consideració siguin de la mateixa àrea d'estudi i de cronologies anteriors, formant, en certa manera, els precedents del món carolingi, facilita la comparació amb materials de províncies locals i/o regionals que podrien haver tingut algun tipus de continuïtat en el període altmedieval.

**Figura 2**

Diagrama del triangle ceràmic  $(\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  amb la situació dels individus caracteritzats. an = anortita  $[\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ ; mu = mul·lita  $[3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2]$ ; gh = gehlenita  $[\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7]$ ; wo = wol·lastonita  $[\text{CaSiO}_3]$ ; qtz = quars  $[\text{SiO}_2]$



La matriu de variació composicional (MVC) del conjunt de 137 individus presos en consideració té una alta variabilitat química ( $vt=3.027922$ ) que reflecteix clarament el seu caràcter poligènic (Buxeda, Kilikoglou, 2003). Aquesta matriu mostra com els components responsables de la major part de la variabilitat són el CaO, el  $\text{P}_2\text{O}_5$ , el Pb, el Ni, el Zn, el Cu, el  $\text{Na}_2\text{O}$  i el MnO ( $vt/\tau_i < 0.5$ ), mentre que el component amb menor variabilitat és el Ga ( $vt/\tau_i = 0.908132$ ), per la qual cosa serà emprat com a divisor en la transformació en logaritmes de raons.

Com a resum del tractament estadístic, el dendrograma (Figura 1) resultant de l'anàlisi de conglomerats realitzada, amb el programa S-Plus 2000 (MathSoft, 1999), emprant la distància euclidiana al quadrat i el mètode aglomeratiu del centroid, sobre la subcomposició  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MnO,  $\text{TiO}_2$ , MgO, CaO,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ , Ba, Rb, Th, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, V, Zn, Ni, Cr i Ga, aquest darrer emprat com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, mostra una situació d'una elevada complexitat. L'estudi dels resultats permet identificar les URCP definides per als materials de finals del segle VI-inicis del segle VII (Buxeda, Cau, 2004, 2005), les més importants de les quals s'indiquen en requadres de to gris clar. A més, s'han indicat, en requadres en to gris fosc, noves URCP, formades per dos o més individus, que han estat identi-

ficades entre els materials posteriors a finals del segle VI-inicis del segle VII.

Centrant-nos en les ceràmiques altmedievales dels segles IX-X i les d'acabat espatulat, cal destacar que només dos individus s'inclouen en alguna de les URCP definides per als materials de finals del segle VI-inicis del segle VII. Aquest és el cas dels individus BCN061, d'acabat espatulat, i BCN039, ceràmica espatulada, que presenten similituds composicionals amb la URCP BC-4.1a. Com ja s'havia observat en un treball anterior (Buxeda, Cau, 2005), aquesta URCP no és gaire homogènia i possiblement podria subdividir-se en grups més ben definits si s'incrementés el nombre d'individus analitzats. Malgrat tot, des del punt de vista químic, aquests dos individus presenten relacions clares amb aquests materials. A més, cal destacar que l'individu BCN080, d'acabat espatulat, presenta similituds clares amb la URCP BC-2/PL-C, tot i que no forma part d'aquest grup.

De la resta dels materials d'interès, cal destacar que dues de les noves URCP definides per materials posteriors a finals del segle VI-inicis del segle VII, agrupen gran part dels individus en estudi. D'una banda, la URCP BC-11 inclou quatre individus (BCN069, 73, 77 i 79), tots ells corresponents a ceràmica espatulada. De l'altra, la URCP BC-13 inclou set individus (BCN058, 62, 63, 72, 75, 76 i 78), dels quals l'individu BCN062 és d'acabat espatulat i els cinc individus BCN063, 72, 75, 76 i 78 corresponen a ceràmica espatulada. Una observació que es desprèn de l'estudi d'aquestes dues URCP (Taula 2) és que, mentre que la URCP BC-11 presenta una homogeneïtat química significativa, la URCP BC-13 presenta una major inhomogeneïtat, fet que permet suposar que integra individus que poden correspondre a realitats diferents, encara que relacionades.

Finalment, els individus BCN081, d'acabat espatulat, i BCN070 i BCN074, de ceràmica espatulada, no presenten similituds químiques amb cap altre individu considerat i representen, per tant, produccions diferenciades per si mateixos.

Un darrer aspecte a tenir en compte és que els materials altmedievales del segle IX-X que no corresponen a ceràmiques espatulades (BCN065, 66, 67 i 68) no guarden cap similitud química amb les ceràmiques espatulades, però tampoc amb cap altre material ni entre ells. D'aquesta manera, cada un correspon a una producció diferenciada.

L'estudi químic revela, doncs, una gran variabilitat de produccions. Dels vint individus d'interès, tres es relacionen, amb diferents graus, amb dues URCP de finals del segle

Element	BC-11 (n=4)	BC-13 (n=7)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%]	7.17 (±0.17)	5.44 (±0.83)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%]	19.31 (±0.40)	16.98 (±0.93)
MnO [%]	0.04 (±0.01)	0.06 (±0.02)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [%]	0.09 (±0.02)	0.24 (±0.16)
TiO <sub>2</sub> [%]	0.96 (±0.05)	0.75 (±0.04)
MgO [%]	1.26 (±0.03)	1.46 (±0.18)
CaO [%]	0.54 (±0.08)	1.28 (±0.32)
Na <sub>2</sub> O [%]	0.82 (±0.04)	1.16 (±0.18)
K <sub>2</sub> O [%]	3.43 (±0.13)	3.46 (±0.10)
SiO <sub>2</sub> [%]	66.19 (±0.71)	69.03 (±1.91)
Ba (ppm)	753 (±109)	558 (±52)
Rb (ppm)	152 (±5)	132 (±8)
Th (ppm)	15 (±2)	14 (±3)
Nb (ppm)	21 (±1)	18 (±1)
Pb (ppm)	41 (±5)	28 (±2)
Zr (ppm)	234 (±30)	241 (±34)
Y (ppm)	38 (±3)	35 (±4)
Sr (ppm)	82 (±2)	105 (±14)
Ce (ppm)	91 (±11)	83 (±4)
Ga (ppm)	23 (±1)	20 (±2)
V (ppm)	117 (±2)	97 (±8)
Zn (ppm)	131 (±14)	97 (±22)
Cu (ppm)	25 (±3)	20 (±9)
Ni (ppm)	30 (±2)	17 (±5)
Cr (ppm)	115 (±20)	102 (±20)

Taula 2. Mitjana aritmètica i desviació estàndard (entre parèntesi) dels valors normalitzats per a cada una de les URCP definides (ppm = parts per milió).

VI-inicis del segle VII (URCP BC-4.1a i BC-2/PL-C), deu s'inclouen en dues noves URCP identificades a Barcelona (BC-11 i BC-13) i, finalment, set corresponen a produccions diferenciades per elles mateixes (Taula 1). Aquests resultats semblen correspondre a la situació ja observada en el període de finals del segle VI-inicis del segle VII d'una dispersió de la producció, possiblement en petits tallers. A més, podria ésser significatiu el fet que dos dels quatre individus d'acabat espatulat presentin relacions amb les URCP de finals del segle VI-inicis del segle VII. Tal vegada, aquest comportament es pot deure a una cronologia intermèdia entre aquell moment tardoromà i el

moment altmedieval del segle IX-X de les ceràmiques espatulades.

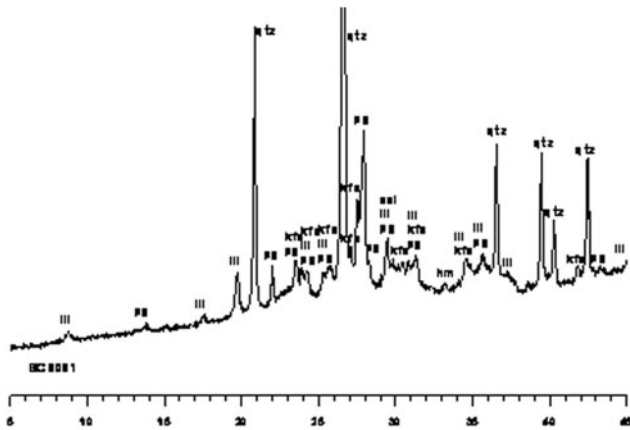
### Resultats de la caracterització mineralògica i petrogràfica

Des del punt de vista tecnològic, la pràctica totalitat dels individus analitzats es poden considerar com a poc calcaris, o al límit entre poc calcaris i calcaris (CaO<5/6%), mentre que únicament dos individus (BCN080 i BCN081) es poden considerar com a produccions calcàries (CaO>5/6%). Això es pot veure en el diagrama ternari del triangle ceràmic (CaO+MgO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (Figura 2), on s'observen dos individus clarament situats dins del triangle d'equilibri termodinàmic quars-wol-lastonita-anortita, mentre que la resta es troben dins del triangle quars-anortita-mul-lita o vora el seu límit (Heimann, 1989). Aquesta divisió entre ceràmiques poc calcàries i calcàries comporta importants diferències tecnològiques tant en la producció de les ceràmiques com en les seves propietats (Maniatis et alii, 1981, 1983).

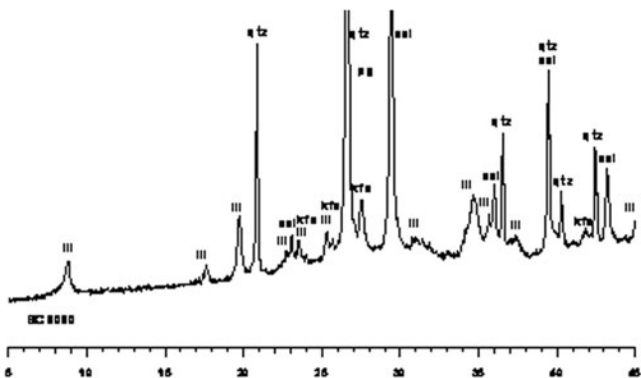
Els resultats de DRX i MO, discutits alhora, ens permeten estimar les temperatures i les atmosferes de cocció, com avaluar la compatibilitat geològica amb l'entorn immediat del jaciment de Barcelona. En el cas dels dos individus relacionats amb la URCP 4.1a, l'observació per DRX mostra que ambdós individus, BCN039 (ceràmica espatulada) i BCN061 (d'acabat espatulat), presenten quars, fil·losilicats, feldspat alcalí, plagiòclasi i calcita, a més de pics poc intensos d'hematites en l'individu BCN061 (Figura 3). Aquesta associació de fases cristal·lines permet estimar una temperatura de cocció equivalent (TCE) de possible baixa temperatura, ja que no s'observa cap fase clara de cocció. Únicament, podria correspondre a una fase de cocció l'hematites de l'individu BCN061, fet que podria indicar una TCE superior als 800/850°C. Malgrat tot, no es pot descartar que aquesta fase sigui primària. Paral·lelament, la presència de calcita podria indicar una TCE inferior als 800/850°C, per la qual aquesta fase s'hauria d'haver descompost. Malgrat tot, la presència de calcita podria correspondre a una cristal·lització secundària, probablement formada durant el període de deposició (Buxeda, Cau, 1995; Cau et alii, 2002). Així, encara que la TCE sigui, molt probablement, baixa, en sentit estricte només es pot assegurar una TCE inferior als 950°C per a ambdós individus. En aquest cas, no es disposa d'observacions de MO, ja que la provenença d'aquesta URCP va ésser proposada en la seva primera identificació (Buxeda, Cau, 2005), com a compatible amb l'àrea de Barcelona.

**Figura 3**

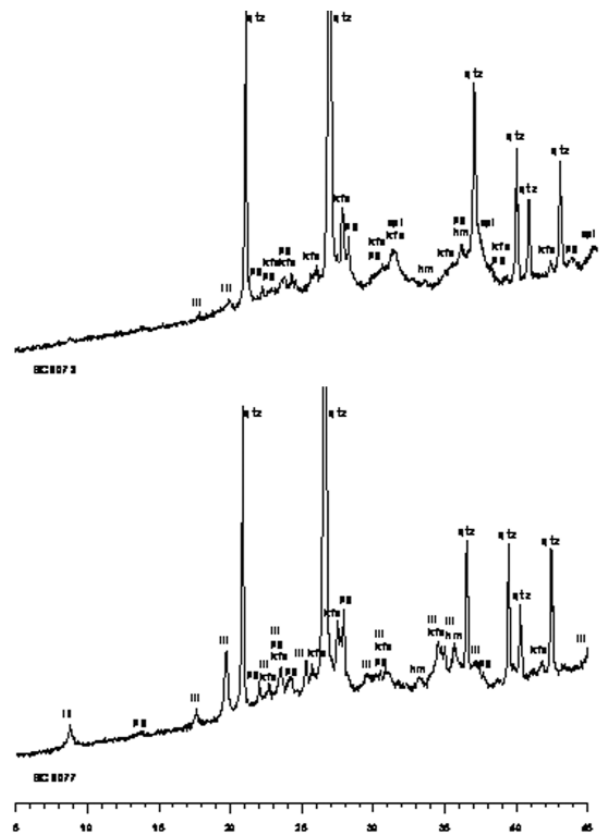
Difractograma de l'individu BCN061, representatiu dels dos individus associats amb la URCP BC-4.1a. cal: calcita; hm: hematites; ill: fil·losilicats; kfs: feldspat alcalí; pg: plagiòclasi; qtz: quars.

**Figura 4**

Difractograma de l'individu BCN080, relacionat amb la URCP BC-2/PL-C. cal: calcita; ill: fil·losilicats; kfs: feldspat alcalí; qtz: quars.

**Figura 5**

Inferior: difractograma de l'individu BCN077, representatiu del rang baix de TCE de la URCP BC-11. Superior: difractograma de l'individu BCN073, representatiu del rang alt de TCE de la URCP BC-11. hm: hematites; ill: fil·losilicats; kfs: feldspat alcalí; pg: plagiòclasi; qtz: quars; spi: espinel·la.



Com s'ha vist a la discussió de la caracterització química, l'altre individu que es podia relacionar amb les URCP definides pels materials de finals del segle VI-inicis del segle VII és l'individu BCN080 (d'acabat espatulat), que mostra similituds amb la URCP BC-2/PL-C. Aquest individu no es classifica dins d'aquesta URCP, però sí que mostra una composició prou propera per considerar que hi està relacionat. La caracterització per DRX mostra una associació de fases cristal·lines on s'aprecia quars, calcita, fil·losilicats i feldspat alcalí (Figura 4). No s'observen, doncs, fases de cocció, i la TCE s'ha de situar en el rang de baixa temperatura, segurament per sota dels 900/950°C, però molt probablement en un rang inferior. Per MO (Làmina 1, a), la matriu és marró (NP, NX), òpticament activa, homogènia i de partícules ben distribuïdes amb porositat baixa d'espaiat simple i sense orientació. La fracció fina és rica en carbonat de calci i està dominada

per quars (majoritàriament a l'entorn de 50 µm), fil·losilicats i restes de microfòssils calcaris. A més, s'hi observen òxids i zircó. La fracció grollera (>100 µm) està dominada per quars i feldspat alcalí alterat (un amb epidota), que esporàdicament arriba fins als 800 µm. A més, presenta concentracions texturals que semblen correspondre a grumolls d'argila, algunes restes de microfauna calcària (a l'entorn de 200-300 µm) i quars policristal·lí. La comparació amb la URCP BC-2/PL-C definida a Mataró i a Barcelona (Buxeda, Cau, 2004, 2005) mostra fortes similituds, encara que l'individu BCN080 presenta una granulometria general encara més fina que la URCP esmentada. Com aquesta URCP, es pot tractar d'una producció regional d'algun(s) indret(s) de la costa catalana. La presència d'aquestes dues fàbriques definides per les ceràmiques tardoromanes entre les ceràmiques d'acabat espatulat i espatulades permet pensar que les mateixes (o

molt similars) matèries primeres van ésser utilitzades, en alguns indrets, per a la fabricació de les ceràmiques tardoromanes i altmedievals. Ara bé, cabria també la possibilitat que, en realitat, no estiguéssim davant de ceràmiques espatulades típiques dels s. IX-X. Si això fos així, es constataria una ruptura, en època carolíngia, amb els centres productors que funcionaven en època tardoromana.

A part dels materials que presenten relacions amb les URCP tardoromanes, s'han definit dues URCP que inclouen una gran part dels materials en estudi. En el cas de la URC BC-11, d'individus de ceràmica espatulada, l'estudi per DRX permet establir a partir de l'associació de fases cristal·lines dos rangs de TCE. D'una banda, els individus BCN069, 77 i 79 constitueixen el rang baix, caracteritzat per la presència de quars, fil·losilicats, feldspat alcalí, plagiòclasi i hematites, especialment ben cristal·litzada en l'individu BCN079 (Figura 5, inferior). La TCE es pot estimar amb tota seguretat per sota dels 900/950°C, i possiblement per sobre dels 800/850°C si la hematites és una fase de cocció. Per la seva banda, l'individu BCN073 constitueix el rang elevat de TCE, amb traces de fil·losilicats, no observables a 10Å, i la cristal·lització d'epinel·la, fet que permet estimar una TCE en el rang dels 950-1000°C (Figura 5, superior). Per MO, l'individu BCN073 (Làmina 1, b), del rang alt de TCE, presenta una matriu grisa-negra (NP i NX), òpticament inactiva, mentre que l'individu BCN077, del rang baix de TCE, presenta una matriu marró (NP, NX) i clarament activa. Aquesta diferència obeeix a la diferència en l'atmosfera i temperatura de cocció. Malgrat aquestes diferències, l'aspecte general és heteromètric i presenta una porositat mitjana-alta. La fracció fina està dominada per quars, però amb presència relativament comuna de feldspat alcalí, plagiòclasi i fil·losilicats. La fracció grollera està dominada per feldspat alcalí alterat a caolí (fins a 500 µm), alguns fragments lítics (fins a 800 µm) de textura equigranular formats per quars, feldspat alcalí i plagiòclasi, clarament d'origen plutònic, quars, moscovita i concentracions texturals. En el cas de l'individu BCN077, a més, s'hi observa la presència parcial d'una granulometria una mica més grollera i d'alguns feldspats clarament perítics, plagiòclasi fortament alterada a sericita, concentracions texturals i aportació metamòrfica. Tot i les petites diferències, ambdós individus poden considerar-se com de la mateixa fàbrica o fortament relacionats. L'àrea de provenença s'ha de buscar clarament en un terreny amb formacions majoritàriament granítiques i pot ésser compatible amb un origen regional.

Per la seva banda, la URCP BC-13, formada pels individus BCN063, 72, 75, 76 i 78, de ceràmica espatulada, i l'indi-

vidu BCN062, d'acabat espatulat, a més del BCN058, del qual no ens n'ocuparem en aquest estudi, presenta, d'acord les associacions de fases cristal·lines per DRX, fins a tres rangs de TCE. Els individus BCN072 i 76 constitueixen el rang de baixa TCE amb presència de quars, fil·losilicats, feldspat alcalí i plagiòclasi, amb l'única diferència de la cristal·lització incipient d'hematites a l'individu BCN076 (Figura 6, inferior). La TCE que es pot estimar s'ha de situar amb seguretat per sota dels 900-950°C, tot i que podria ésser encara inferior. Els individus BCN062 i BCN075 correspondrien a un rang intermedi de TCE amb presència de quars, fil·losilicats, feldspat alcalí, plagiòclasi, hematites i espinel·la (Figura 6, mig). La seva TCE s'ha de situar en el rang 900-950°C, a causa de la formació d'epinel·la i de la presència de fil·losilicats. Finalment, els individus BCN063 i BCN078 constituïrien el rang de TCE més elevada amb la desaparició dels pics de fil·losilicats i la presència d'epinel·la en l'individu BCN063 i d'hercinita en l'individu BCN078 (Figura 6, superior). En ambdós casos, la total descomposició dels fil·losilicats permet estimar la TCE per sobre dels 950/1000°C. En el cas de l'individu BCN063, la presència d'epinel·la indica una cocció predominantment oxidant, mentre que l'hercinita de l'individu BCN078 és una espinel·la de ferro<sup>2+</sup> que es forma, en ceràmiques poc calcàries, en ambients reductors a alta temperatura, amb períodes de reducció perllongats (Maggetti, 1981; Pradell et alii, 1995). En làmina prima disposem de l'observació de l'individu BCN076 que presenta una matriu marró (NP, NX), heteromètrica, òpticament activa amb porositat mitjana d'espaiat doble i sense orientació preferent (Làmina 1, c). La fracció més fina conté quars, fil·losilicats, biotita, moscovita, feldspat alcalí i quars policristal·lí. En la fracció grollera destaquen cristalls de feldspat alcalí, plagiòclasi antiperítica, quars mono i policristal·lí, alguns amb signes de metamorfisme, nòduls calcaris de micrita a microsparita, alguna secció de biotita i granat. Apareixen també alguns fragments de roca de tipus plutònic composta per quars, feldspat alcalí i plagiòclasi; altres presenten feldspat alcalí i epidota. Alguns petits fragments semblen correspondre a microgranits i un fragment lític presenta, a més, ortopiroxè. Al costat d'aquests fragments d'origen igni, es troben fragments de possible pissarra i altres fragments amb una certa orientació amb quars i moscovita que podria correspondre ja a fil·lita o potser a siltstone. És difícil proposar un origen. La barreja de materials ignis i metamòrfics podria ésser compatible amb algunes àrees dels voltants de Barcelona.



La resta d'individus corresponen a produccions per elles mateixes. Malgrat tot, hi ha dos individus que semblen poder tenir algun tipus de relació amb les matèries primeres emprades per algunes URCP d'època tardoromana. L'individu BCN081, d'acabat espatulat, constitueix una d'aquestes produccions, però en relació amb la URCP BC-2/PL-C. Per DRX, presenta una associació de fases cristal·lines on s'observen quars, fil·losilicats, plagiòclasi, feldspat alcalí, hematites, calcita, gehlenita, piroxè i espinel·la. La TCE es pot situar als voltants de 900-950°C donada la presència de restes de fil·losilicats i la formació de gehlenita, piroxè i espinel·la com a fases de cocció. La formació conjunta de gehlenita i espinel·la mostra el caràcter proper al límit poc calcari i calcari d'aquest individu. En làmina prima (Làmina 1, d), la matriu és marró (NP, NX), òpticament inactiva o només lleugerament activa, amb porositat mitjana sense orientació preferent, composta de quars (majoritàriament a l'entorn de 100 µm), feldspat alcalí, fil·losilicats, abundants nòduls de calcita micrítica i òxids. En la fracció grollera destaquen concentracions de calcita micrítica relativament abundants (fins a 1200 µm), quars policristal·lí, quars, plagiòclasi i moscovita. Apareixen també fragments lítics de textura equigranular compostos per quars i feldspat alcalí. Es tracta d'una làmina prima poc informativa, en la qual la presència de fragments de roca apunten a un origen en una àrea de caire plutònic i, d'alguna manera, relaciona aquest individu amb l'individu BCN080, si bé cal assenyalar que es tracta de fàbriques diferents. Sembla, doncs, compatible amb un origen en la zona costanera catalana. L'altre individu, que tot i constituir una producció diferenciada té certa relació amb d'altres URCP tardoromanes, és l'individu BCN070, de ceràmica espatulada, que té similituds amb la URCP 4.1a. Per DRX, presentaria una TCE alta en el rang de 950-1000°C per la cristal·lització d'epinel·la, paral·lelament a la desaparició del pic de 10Å de fil·losilicats. La seva làmina prima (Làmina 1, e) presenta una matriu relativament fina i amb partícules ben distribuïdes, grisa-negra en el centre (NP i NX) i marró en els exteriors, indicant una reoxidació de las superfícies. La porositat és alta, d'espaiat simple. Tant la porositat com les partícules no plàstiques presenten una certa orientació preferent en el sentit longitudinal de les parets de la peça. La fracció fina està dominada per quars, làmines de fil·losilicats, feldspat alcalí, algunes seccions transversals de plagiòclasi maclada segons la llei de l'albita, nòduls calcaris micrítics i zircó. La fracció grollera (màxim 300 µm) està composta essencialment per quars, feldspat alcalí amb un grau d'alteració

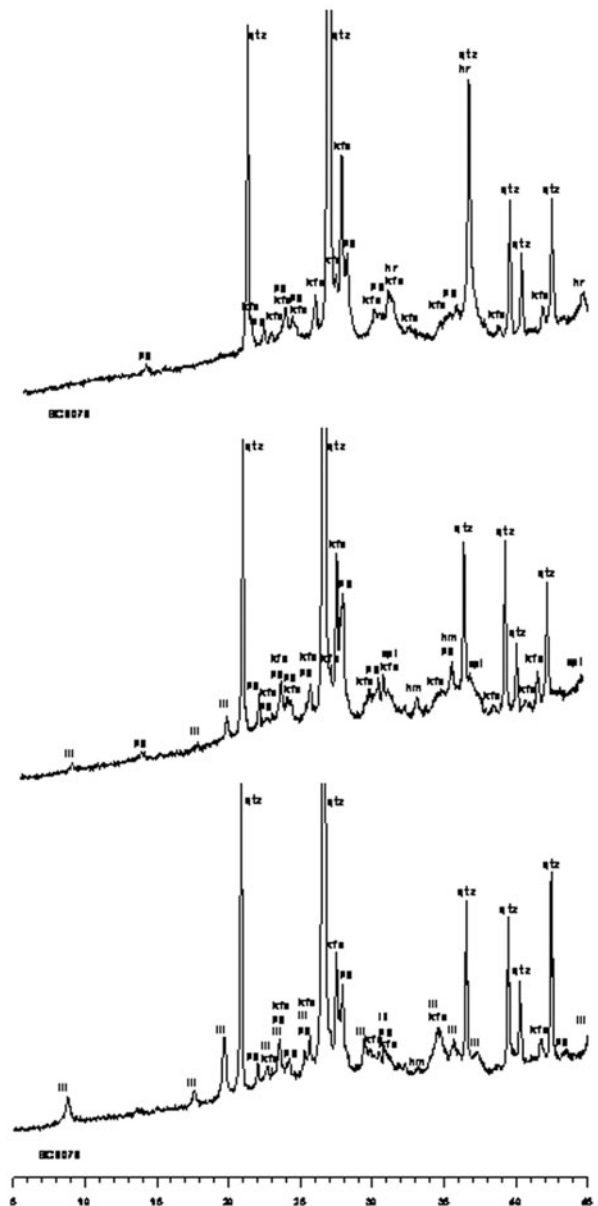


Figura 6  
Inferior: difractograma de l'individu BCN077, representatiu del rang baix de TCE de la URCP BC-11. Superior: difractograma de l'individu BCN073, representatiu del rang alt de TCE de la URCP BC-11. hm: hematites; hr: hercinita; gln: fil·losilicats; kfs: feldspat alcalí; pg: plagiòclasi; qtz: quars; spi: espinel·la.

a caolí variable, escassa plagiòclasi, nòduls calcaris i un fragment lític que sembla correspondre a un microgranit. És una làmina relativament poc informativa, però la presència d'un fragment lític de caràcter plutònic, plagiòclasi i feldspat alcalí semblen indicar una derivació de roques plutòniques de tipus granitoide. Aquesta composició seria compatible amb la geologia regional.

Les URCP ja descrites, juntament amb els dos individus discutits en el paràgraf anterior, inclouen totes les ceràmiques d'acabat espatulat i espatulades d'aquest estudi, excepte l'individu BCN074, que també constitueix una producció diferenciada, però que no té relació amb cap altre material. Aquest individu presenta, per DRX, quars, fil·losilicats, feldspat alcalí, plagiòclasi i calcita, i se li pot estimar una TCE baixa, amb seguretat de 900/950°C, o inferior. Per la seva banda, la làmina prima (Làmina 1, f) presenta una matriu grisa-negra/marró en NX-NP i òpticament inactiva. L'aspecte general de la fàbrica té certa tendència bimodal, amb una matriu més fina que inclou partícules no plàstiques més grolleres que arriben en algun cas fins als 2 mm. La fracció fina està dominada per quars subangular, hi ha presència de moscovita, feldspat alcalí, opacs (òxids) i alguns nòduls micrítics. La fracció grollera presenta biotita en seccions transversals fortament enfosquides, grans cristalls de feldspat alcalí i plagiòclasi alterada a sericita amb macles polisintètiques. Apareixen també algunes concentracions de calcita micrítica a microsparítica. Els fragments lítics són relativament abundants; alguns presenten textura equigranular amb quars i feldspat, quars+feldspat+plagiòclasi o quars+feldspat+moscovita, derivats de roques plutòniques. Al costat d'aquests fragments de caire granític, apareix també esporàdicament algun fragment de roca amb textura orientada (fins a 1 mm) amb quars, fil·losilicats i inclusions carbonoses. Cal destacar que en algunes àrees de la mostra apareixen petits cristalls d'un mineral isòtrop de relleu alt, amb forma subangular, que podrien correspondre a granat. La presència majoritària de materials de caire plutònic fa necessari buscar un origen en un indret amb afloraments de tipus granitoide, potser amb contribucions d'altres materials. Això podria ésser compatible amb diverses zones del Pla de Barcelona.

Finalment, els quatre individus altmedievals del segle IX-X, que no corresponen a ceràmiques espatulades, BCN065, 66, 67 i 68, constitueixen produccions diferenciades sense relació amb altres materials, però tampoc entre ells. L'estudi per DRX mostra que l'individu BCN065 presenta quars, fil·losilicats, talc, plagiòclasi, feldspat alcalí i traces de calcita, mentre la TCE estimada

és baixa, amb seguretat de 900/950°C o inferior. També l'individu BCN067, amb quars, fil·losilicats, feldspat alcalí, plagiòclasi i calcita, s'ha de situar en aquest rang de TCE. Per contra, els individus BCN066 i 68 mostren la cristallització d'epinel·la com a fase de cocció, a més d'hematites. Per a ambdós, es pot estimar una TCE en el rang 900-950°C, pel manteniment dels fil·losilicats. De tots aquests individus i produccions, només disposem de làmina prima per a l'individu BCN066 (Làmina 1, g i h), que presenta una matriu grisa-negra al centre (NP, NX), mentre que les superfícies tenen un color marró (NP, NX) segurament indicatiu de la seva reoxidació. Té una porositat elevada d'espaiat simple i amb una certa orientació, que crea una matriu d'aspecte fluïdal i òpticament inactiva. Les partícules no plàstiques estan pobrament distribuïdes. La fracció fina (100-200 µm) presenta quars, moscovita relativament abundant, biotita, feldspat alcalí, plagiòclasi, traces d'amfibol, zircó, opacs, epidota i petits fragments lítics de difícil identificació. En la fracció grollera (que pot arribar fins a 3 mm), destaca la presència de fragments lítics, grans cristalls de feldspat alterats a caolí, plagiòclasi, seccions transversals de biotita, moscovita, quars subangular i, amb molta menor abundància, epidota, opacs i concentracions texturals. Els fragments lítics corresponen en alguns casos a granitoides formats per quars, feldspat i plagiòclasi o quars, feldspat i moscovita. Al costat dels materials ignis, hi ha alguns fragments lítics de natura metamòrfica i sedimentària (potser siltstone i arenita). Es tracta d'un individu molt complex amb una contribució composicional derivada de materials plutònics, metamòrfics i possiblement sedimentaris, fet que fa difícil proposar una provenença, tot i que podria ésser compatible amb parts del pla de Barcelona.

## Conclusions

L'estudi arqueomètric dels vint individus de ceràmiques altmedievals del segle IX-X de Barcelona, majoritàriament espatulades, i de ceràmiques d'acabat espatulat permet definir dues URCP majoritàries que agrupen bona part de les ceràmiques espatulades dins de la mostra estudiada: la BC-11, formada pels individus BCN069, 73, 77 i 79 de ceràmica espatulada; i la BC-13, que inclou els individus BCN063, 72, 75, 76 i 78 de ceràmica espatulada, més l'individu BCN062 d'acabat espatulat i l'individu BCN058. Aquestes dues URCP no s'havien identificat en els materials tardoromans dels contextos de finals del segle VI-inicis del segle VII estudiats prèviament.

Aquesta existència de noves produccions, identificada en les dues URCP anteriors, també es podria estendre a les produccions diferenciades representades per un únic individu. En aquesta situació, es troben l'individu BCN074, de ceràmica espatulada, i els quatre individus BCN065, 66, 67 i 68 altmedievals del segle IX-X de ceràmica no espatulada. L'alt nombre de produccions d'època carolíngia, que a més no tenen relació amb les produccions tardoromanes, semblen suggerir que s'ha produït un canvi en part dels centres productors anteriors o, com a mínim, un canvi en l'aprovisionament de les matèries primeres, però no en l'estructura de producció ceràmica organitzada a partir de petits tallers operant en l'àrea propera a Barcelona. Els casos de continuïtat, en la mostra estudiada, s'identifiquen amb els dos individus, BCN061, d'acabat espatulat, i BCN039, de ceràmica espatulada, que es relacionen amb la URCP BC-4.1a, i amb l'individu BCN080, d'acabat espatulat, relacionat amb la URCP BC-2/PL-C. De manera més indirecta, se'ls podrien afegir com a elements de continuïtat l'individu BCN070, de ceràmica espatulada, i l'individu BCN081, d'acabat espatulat, que, sense formar-ne part, tenen relació amb les dues URCP BC-4.1a i BC-2/PL-C, respectivament. Aquests elements de continuïtat semblen relacionar-se preferentment amb les ceràmiques d'acabat espatulat, tot i que el baix nombre d'individus considerat no permet garantir la significació d'aquesta observació. De tota manera, el fet que entre les ceràmiques pròpiament espatulades només l'individu BCN039 pugui haver estat produït en un taller i/o amb matèries primeres que ja s'havien detectat a partir de les produccions tardoromanes sembla recolzar aquesta impressió.

Així, sembla que es comprova que, en època carolíngia, la major part dels centres productors que havien funcionat en època tardoromana o bé havien cessat ja la seva activitat, o bé, si més no, havien modificat el seu aprovisionament de matèries primeres i la seva tecnologia de producció. Malgrat aquest canvi, en època carolíngia, es continua mantenint la imatge d'una producció ceràmica fragmentada, lligada, molt probablement, a petits tallers situats en zones properes a Barcelona, ja que, en tots els casos estudiats, s'ha pogut constatar la possible compatibilitat amb una provinença local i/o regional.

Encara que la mostra estudiada té pocs individus, no hi ha dubte que no existeix una única producció de ceràmiques espatulades que nodria els mercats de Barcelona en època carolíngia. La imatge que s'obté a partir d'aquest primer estudi de materials carolíngis és que la producció ceràmica va estar organitzada en diferents tallers que produïen unes ceràmiques amb tractaments similars de les superfícies, que

identifiquem com a espatulades, i que s'assentaven en àrees properes a la ciutat. És molt probable que, com permeten suposar com a mínim les URCP BC-11 i BC-13, alguns tallers estiguessin especialitzats en la seva producció, que respondria, doncs, a un model cultural particular, però que no seria monopoli d'un únic centre productor.

### **Agraïments**

Les anàlisis han estat fetes als Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona. Jaume Buxeda i Garrigós i Miguel Ángel Cau Ontiveros són membres de l'Equip de Recerca Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona (ERAUB). Miguel Ángel Cau Ontiveros és, a més, Research Professor de la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA).

## BIBLIOGRAFIA

- AITCHISON, J. 1986. *The Statistical Analysis of Compositional Data*. Londres.
- AITCHISON, J. 1992. "On Criteria for Measures of Compositional Difference". *Mathematical Geology*, 24, p. 365-379.
- BELTRAN DE HEREDIA BERCERO, J. 2005. "Las producciones locales e importaciones de cerámica común del yacimiento de la plaza del Rei de Barcelona, entre la época visigoda y el periodo islámico. S. VI-VIII". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat*, Quarhis, època II, 1, (Barcelona). p. 69-89.
- BELTRAN DE HEREDIA BERCERO, J. 2006. "Los contextos altomedievales de la Plaza del Rey de Barcelona: la cerámica de tradición carolingia (siglos IX-X)". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat*, Quarhis, època II, 2, (Barcelona). p. 108-139.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1999a. "Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The Perturbation Problem". *Journal of Archaeological Sciences*, 26, p. 295-313.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1999b. "Problemas en torno a la variación composicional", a J. Capel Martínez [ed.]: *Arqueometría y arqueología*. Granada, p. 305-322.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A. 1995. "Identificación y significado de la calcita secundaria en cerámicas arqueológicas". *Complutum*, 6, p. 293-309.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A. 2004. "Caracterització arqueomètrica de les produccions tardanes del jaciment d'Iluro". *Laietania*, 15, p. 449-498.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A. 2005. "Caracterització arqueomètrica de les ceràmiques tardanes de la Plaça del Rei de Barcelona". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat*, Quarhis, època II, 1, (Barcelona). p. 90-99.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A.; GURT I ESPARRAGUERA, J.M.; TUSET I BERTRAN, F. 1995. "Análisis tradicional y análisis arqueométrico en el estudio de las cerámicas comunes de época romana", a *Cerámica comuna romana d'època alto-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la qüestió*. Empúries, p. 39-60.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; KILIKOGLU, V. 2003. "Total variation as a measure of variability in chemical data sets", a L. van Zelst [ed.]: *Patterns and Process. A Festschrift in honor of Dr. Edward V. Sayre*. Suitland, p. 185-198.
- CAU ONTIVEROS, M. A.; DAY, P.; MONTANA, G. 2002. "Secondary calcite in archaeological ceramics: evaluation of alteration and contamination processes by thin section study", a V. Kilikoglou; A. Hein; Y. Maniatis [ed.]: *Modern Trends in Scientific Studies on Ancient Ceramics*. British Archaeological Reports, International Series, 1011, Oxford, p. 9-18.
- HEIMANN, R.B. 1989. "Assessing the Technology of Ancient Pottery: the Use of Ceramic Phase Diagrams". *Archeomaterials*, 3, p. 123-148.
- HEIN, A.; TSOLAKIDOU, A.; ILIOPOULOS, I.; MOMMSEN, H.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; MONTANA, G.; KILIKOGLU, V. 2002. "Standardisation of elemental analytical techniques applied to provenance studies of archaeological ceramics: an inter laboratory calibration study". *Analyst*, 127, p. 542-553.
- MAGGETTI, M. 1981. "Composition of Roman Pottery from Lousonna (Switzerland)". A M. J. Hughes [ed.]. *Scientific Studies in Ancient Ceramics*, Londres, p. 33-49.
- MANIATIS, Y.; SIMOPOULOS, A.; KOSTIKAS, A. 1981. "Moessbauer Study of the Effect of Calcium Content on Iron Oxide Transformations in Fired Clays". *Journal of the American Ceramic Society*, 64, p. 263-269.
- MANIATIS, Y.; SIMOPOULOS, A.; KOSTIKAS, A.; PERDIKATSI, V. 1983. "Effect of Reducing Atmospheres on Minerals and Iron Oxides Developed in Fired Clays: the Role of Ca". *Journal of the American Ceramic Society*, 66, p. 773-781.
- MATHSOFT. 1999. *S-PLUS 2000. User's Guide*. Seattle.
- PRADELL, T.; MOLERA, J.; GARCÍA-VALLÈS, M.; VENDRELL-SAZ, M. 1995. "Study and characterization of reduced ceramics", a M. Vendrell-Saz, T. Pradell, J. Molera i M. García [ed.]. *Estudis sobre ceràmica antiga*. Barcelona, p. 239-245.