

EL TALLER DE PEDRALBES I ELS GRESOLS CERÀMICS DE LA PLAÇA DEL REI PER LA FOSA DE PLATA. EVIDÈNCIES CERÀMIQUES DE LA BARCELONA DEL SEGLE VIII: ARQUEOLOGIA I ARQUEOMETRIA

El treball presenta l'estudi de diverses evidències de producció ceràmica a la Barcelona del segle VIII. D'un costat el taller de Pedralbes i de l'altre un grup de recipients ceràmics que es van localitzar a les excavacions antigues de la plaça del Rei, al subsòl del Tinell, on se situen les residències del poder des del segle VI. Un estudi arqueològic i

arqueomètric ha permès identificar els darrers recipients ceràmics com a gresols emprats durant el segle VIII i com a gresols ceràmics per fondre la plata, en el que seria una activitat argentera segurament vinculada al *wali* de la ciutat. El forn de Pedralbes no guardaria relació amb aquests gresols, però sí amb altres materials apareguts

a la ciutat en contextos contemporanis. En tot cas, la ceràmica produïda mostra una baixa estandarització i sembla correspondre a una producció poc centralitzada i dispersa.

Paraules clau: Tallers, gresols, segle VIII, plata, formes ceràmiques, residència *wali*, arqueometria.

EL TALLER DE PEDRALBES Y LOS CRÍSOLES CERÁMICOS DE LA PLAZA DEL REI PARA FUNDIR PLATA. EVIDENCIAS CERÁMICAS DE LA BARCELONA DEL SIGLO VIII: ARQUEOLOGÍA Y ARQUEOMETRÍA

Este trabajo presenta el estudio de diversas evidencias de producción cerámica en la Barcelona del siglo VIII. Por un lado, el taller de Pedralbes y por otro, un grupo de recipientes cerámicos que se localizaron en las excavaciones antiguas de la plaza del Rei, en el subsuelo del Tinell, donde se sitúan las residencias del poder desde el siglo VI. Un estudio arqueológico y

arqueométrico ha permitido identificar los últimos recipientes cerámicos como crisoles utilizados durante el siglo VIII, y como crisoles cerámicos para fundir la plata, en lo que sería una actividad argentera seguramente vinculada al *wali* de la ciudad. El horno de Pedralbes no guardaría relación con estos crisoles, pero sí con otros materiales aparecidos en la ciudad en

contextos contemporáneos. En todo caso, la cerámica producida muestra una baja estandarización y parece corresponder a una producción poco centralizada y dispersa.

Palabras clave: Talleres, crisoles, siglo VIII, plata, formas cerámicas, residencia *wali*, arqueometría.

THE PEDRALBES WORKSHOP AND THE SILVER SMELTING CERAMIC CRUCIBLES IN EL REI SQUARE. CERAMIC TESTIMONY OF 8TH CENTURY BARCELONA: ARCHAEOLOGY AND ARCHAEOMETRY

The paper features the study of several testimonies of pottery production in 8th century Barcelona: the Pedralbes workshop and a set of ceramic vessels found in the old excavations in El Rei Square, in the subsoil of the Saló del Tinell, where the residences of power were located from the 6th century. An archaeological and archaeometric

study has enabled us to identify the latest ceramic vessels as crucibles used during the 8th century and as ceramic crucibles to smelt silver, as part of a silversmithing activity probably linked to the city's *wali*. The Pedralbes kiln would not be related to these crucibles in contrast to other materials that appeared in the city in

contemporary contexts. In any case, the pottery produced shows a low standardisation and seems to correspond to an uncentralised and disperse production.

Keywords: Workshops, crucibles, 8th century, silver, ceramic shapes, residence, *wali*, archaeometry.

L'ATELIER DE PEDRALBES ET LES CREUSETS EN CÉRAMIQUE DE LA PLACE DEL REI POUR LA FONTE DE L'ARGENT. ÉVIDENCES CÉRAMIQUES DE BARCELONE AU VIIIÈ SIÈCLE. ARCHÉOLOGIE ET ARCHÉOMÉTRIE

Ce travail présente l'étude de diverses évidences de production de céramique à Barcelone au VIII^e siècle. D'une part, l'atelier de Pedralbes et, d'autre part, un groupe de récipients en céramique qui a été trouvé dans les fouilles anciennes de la place del Rei, dans le sous-sol du Tinell, là où se trouvaient les résidences du pouvoir depuis le VI^e siècle. Une étude archéologique et

archéométrique a permis d'identifier ces derniers récipients en céramique comme étant des creusets utilisés au cours du VIII^e siècle pour faire fondre l'argent, ce qui serait une activité traitant l'argent certainement liée au *wali* de la ville. Le four de Pedralbes ne serait pas lié aux creusets mais bien avec d'autres matériaux qui apparaissent dans la ville dans un contexte

contemporain. Le cas échéant, la céramique produite montre une faible standardisation et semble correspondre à une production peu centralisée et dispersée.

Mots clé : Ateliers, creusets, VIII^e siècle, argent, formes en céramique, résidence du *wali*, archéométrie.

A les excavacions realitzades al jaciment de la plaça del Rei, concretament durant les campanyes que es van fer al subsòl del Tinell en la dècada dels anys seixanta del segle XX, va aparèixer un conjunt de materials que constitueixen l'objecte d'estudi d'aquest article. Ens referim a una sitja que va proporcionar un conjunt format exclusivament per ceràmiques comunes de pastes reduïdes i oxidades. Destaca un conjunt nombrós de petits recipients que hem interpretat com a gresols, tot i que inicialment es van anomenar com a plats/cassoles, quan algunes d'aquestes peces es van donar a conèixer com a material de referència per la fase del segle VIII avançat-inicis del IX, establerta al jaciment de la plaça del Rei² (Beltrán de Heredia, 2005, 78; làm. 12, fig. 12 a 17; làm. 15, fig. 3 i 4).

El context estratigràfic

El material que presentem va aparèixer a les intervencions de 1953-1956, en un indret que els diaris d'excavació denominen "Sitja sota Tinell, volta A, departament 1". Aquesta denominació fa referència a una sitja excavada al subsòl de la zona del Palau Comtal del segle XII, coneguda com "les voltes romàniques". La volta A correspon a la volta que dona directament a la plaça del Rei³ (fig. 1). El material de la sitja es va associar al nivell E (XXI-E) i al nivell immediatament inferior, anomenat XXI-F, establerts a les excavacions antigues. Tots dos nivells se situaven en una fondària d'uns 2 m sota el nivell de circulació de la plaça del Rei i són equivalents a l'horitzó dels segles VIII avançat-inicis del segle IX establert a les excavacions modernes⁴. Així, es tractaria dels primers nivells d'un horitzó format a l'inici de l'època carolíngia,

amb materials de moments anteriors, amortitzant les estructures de l'església cruciforme de la plaça del Rei. Aquesta amortització està en relació amb les modificacions que van tenir lloc amb l'arribada i l'assentament dels comtes carolingis, a partir de l'any 801⁵. En concret, són les modificacions que van afectar a la residència del *comes civitatis* del segle VI, que hauria estat la residència del *wali* durant el període islàmic de la ciutat i que passaria a ser la residència dels comtes carolingis (Beltrán de Heredia, 2013) (fig. 2).

Els gresols

Com ja hem exposat, dins del conjunt ceràmic recuperat a la sitja destaca un grup molt nombrós (les vores identificades superen la cinquantena) de recipients que presenten una mateixa tipologia. Són peces baixes (tipus plat/cassola baixa) amb una profunditat que, en la major part dels individus, se situa al voltant dels 3 cm. Molt pocs superen aquesta fondària. Presenten parets obertes, amb tendència troncocònica, i base plana. Són peces petites, amb diàmetres que a la vora oscil·len entre els 11 i 18 cm, amb un predomini dels que tenen entre 14 i 16 cm. Les parets són gruixudes amb el punt d'unió entre la base i la paret reforçat, com es pot veure als perfils (fig. 3). Les pastes poden ser reduïdes o oxidades, de color gris o marró-vermellós, grolleres amb els desgredadors ben visibles, tenint en general una matriu ben pastada. La seva factura s'ha fet a mà o amb la l'ajuda d'una torneta, la qual cosa dona una irregularitat a la superfície de les parets i petites variacions a la forma. Normalment, tenen un engalba exterior i presenten unes concrecions que

*MUHBA (jbeltran@bcn.cat)

**Cultura Material i Arqueometria UB (ARQUB, GRACPE), Dept. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, Montalegre 6, 08001 Barcelona (jbuxeda@ub.edu, mmadrid@ub.edu, m.valls.llorens@gmail.com).

1. Aquest treball s'ha realitzat dins del projecte "Tecnològic - Impacto tecnológico en el Nuevo Mundo colonial. Cambio cultural en arqueología y arqueometría cerámica" (HAR2016-75312-P) (2017-2019), finançat per l'Agència Estatal de Investigació (AEI) i el Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER).

2. A les excavacions modernes, es va trobar material fragmentat amb aquest mateix tipus de pasta que es van posar en comparació amb les peces del Tinell (Beltrán de Heredia Bercero, J.; Revilla Cubero, E. 1997-98. *Memòria de l'excavació arqueològica al subsòl del Museu d'Història de la Ciutat (Casa Padellàs, Pl. Rei)*. Barcelona. Inèdita. Pel que fa a les concrecions i residus que conserven aquestes peces, hem de dir, que les peces que nosaltres vàrem estudiar al 2006, havien estat netejades i restaurades d'antic i presentaven un aspecte molt diferent del conjunt localitzat a les caixes dels magatzems que mantenien encara l'ordenació de la seqüència estratigràfica i que no havia estat tractat.

3. Per facilitar l'excavació, les dues voltes que configuren el pis inferior del palau comtal-reial de Barcelona van ser denominades amb les lletres A i B, i, dintre de la superfície que delimitaven els fonaments de les voltes, es van numerar els diferents espais.

4. El projecte de recerca de plaça del Rei (revisió i nous estudis de les excavacions antigues i noves excavacions arqueològiques), ha permès establir els diferents horitzons de la seqüència estratigràfica del jaciment, els nivells de circulació i les seves variacions.

5. Les obres del palau carolíngi van comportar l'arrasament de l'església cruciforme i en conseqüència l'aparició d'un important nivell d'enderrocament que va elevar les cotes de circulació prop de dos metres. A partir d'aquesta data, pràcticament no es van produir noves deposicions i l'estratigrafia del subsòl únicament va ser alterada per les accions negatives puntuals. Això explica el tipus de material arqueològic trobat a les excavacions. La ceràmica que es pot atribuir als segles XII-XIII és escassa i la presència de material de la baixa edat mitjana ocasional. Per contra, la ceràmica carolíngia és força important, sobretot la procedent dels reblliments d'amortització de sitges i altres retalls del voltant del palau (Beltrán de Heredia, 2006). D'altra banda, la construcció del nou palau del segle XII, no va a suposar una gran destrucció de la seqüència, a excepció de la zona on es va construir un soterrani. El nou edifici aprofità parets antigues com a fonaments, mantenint alineacions anteriors i sense patir una gran variació del nivell de circulació.

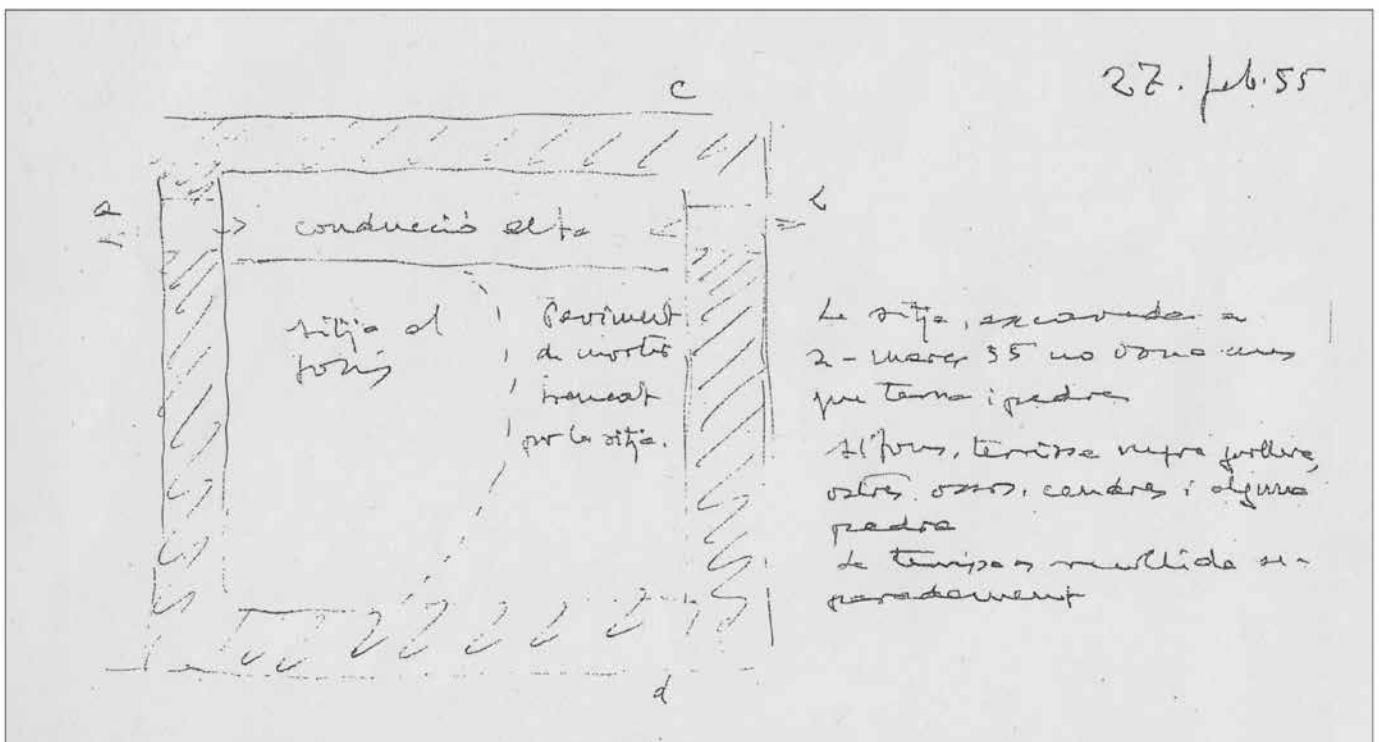
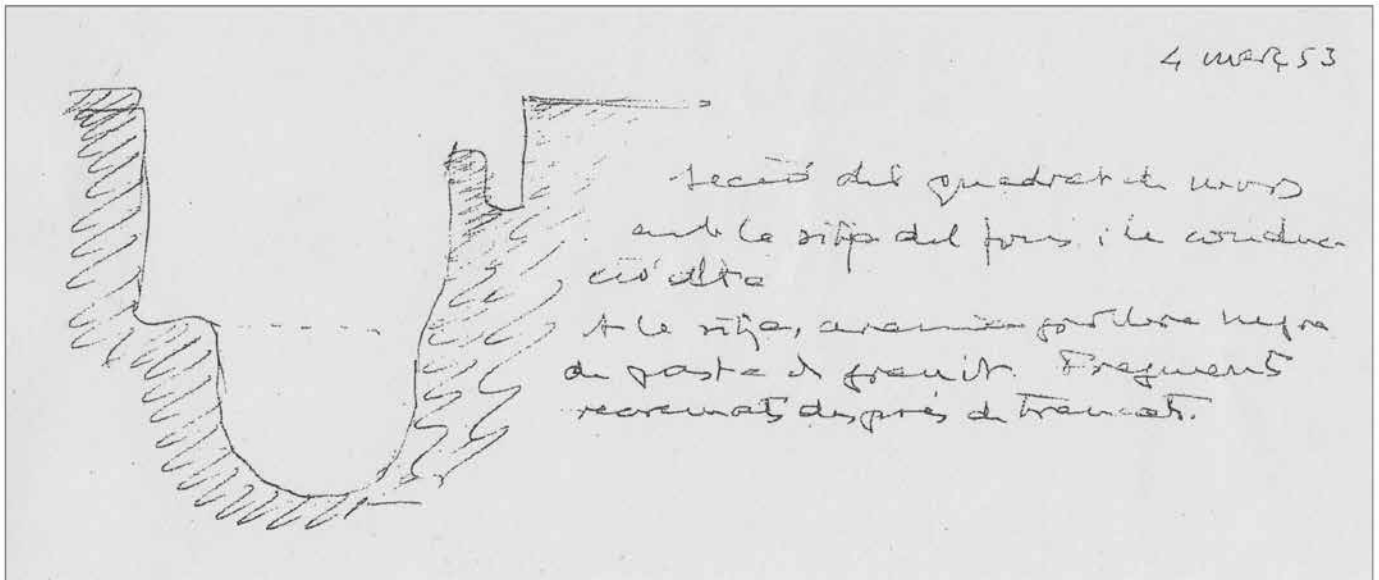


Figura 1

Notes manuscrites de les excavacions al subsòl del Tinell als anys 1953-1956, amb la situació de la sitja i la seva secció.
[Documentació antiga: MUHBA]

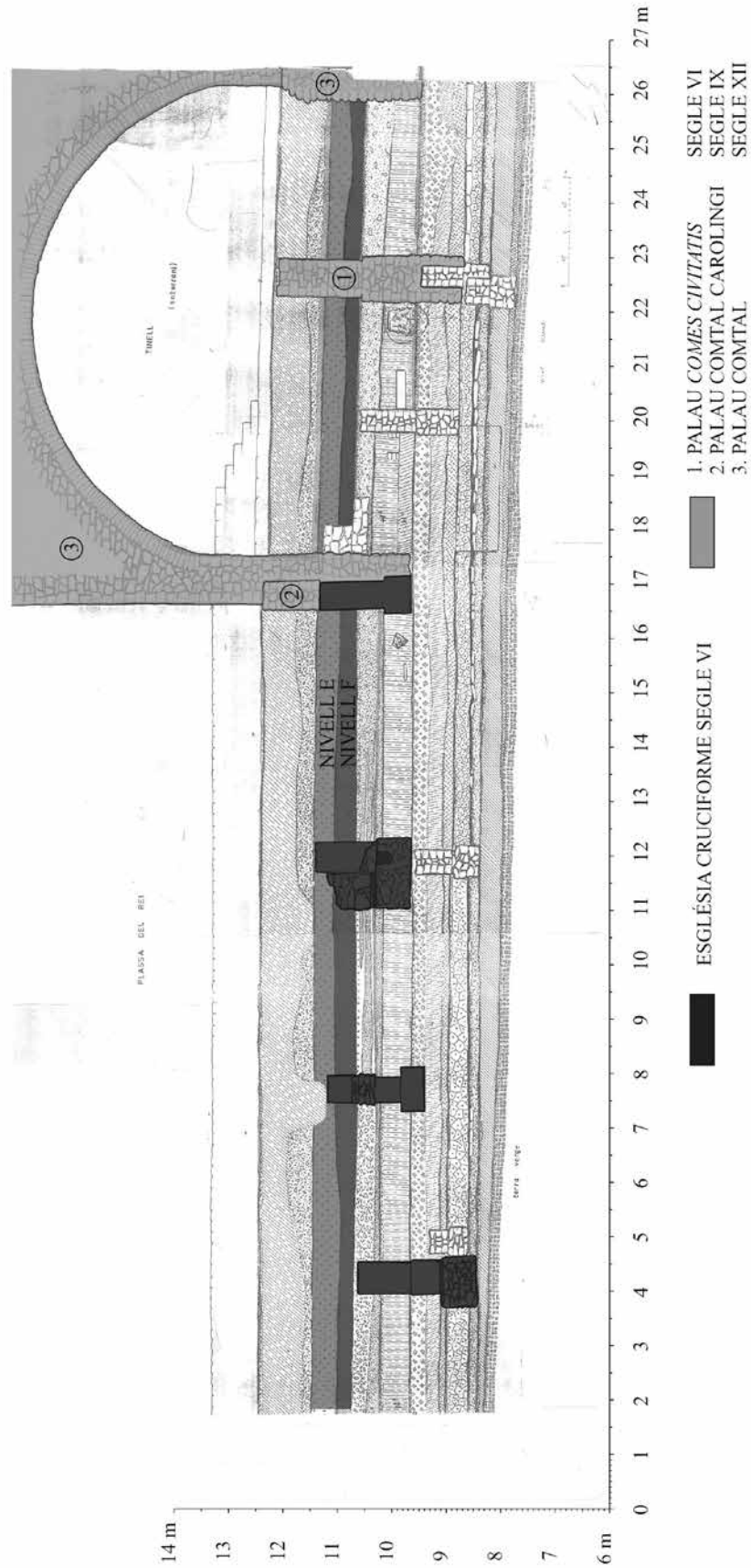


Figura 2
 Secció de les excavacions antigues al subsòl del Tinell-Plaça del Rei amb les indicacions dels nivells E i F.
 [Documentació antiga: MUHBA. S'ha afegit la seqüència dels palaus]

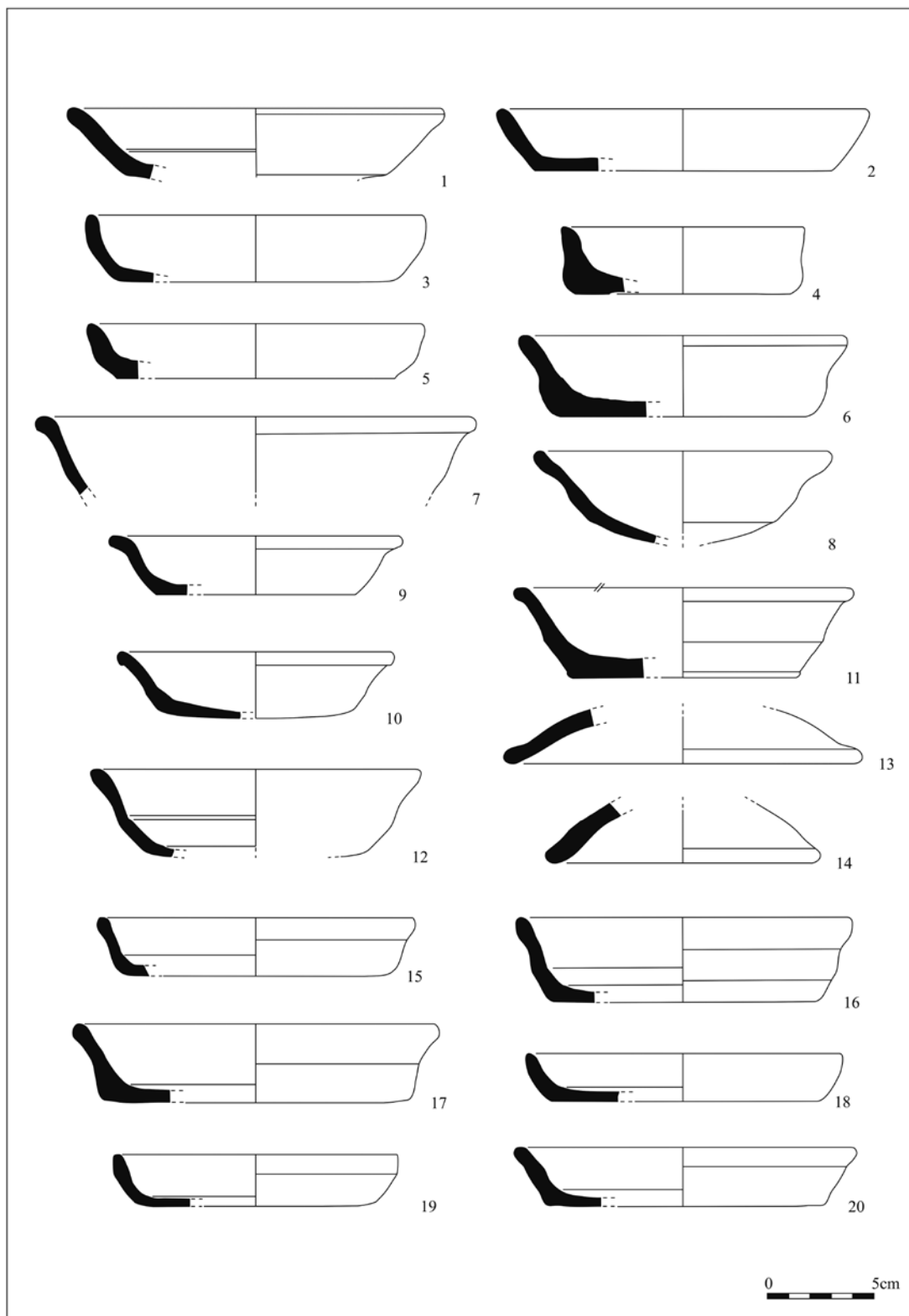


Figura 3
Gresols i tapadores del nivell E. [Dibuix: E. Albiol-I. Camps]

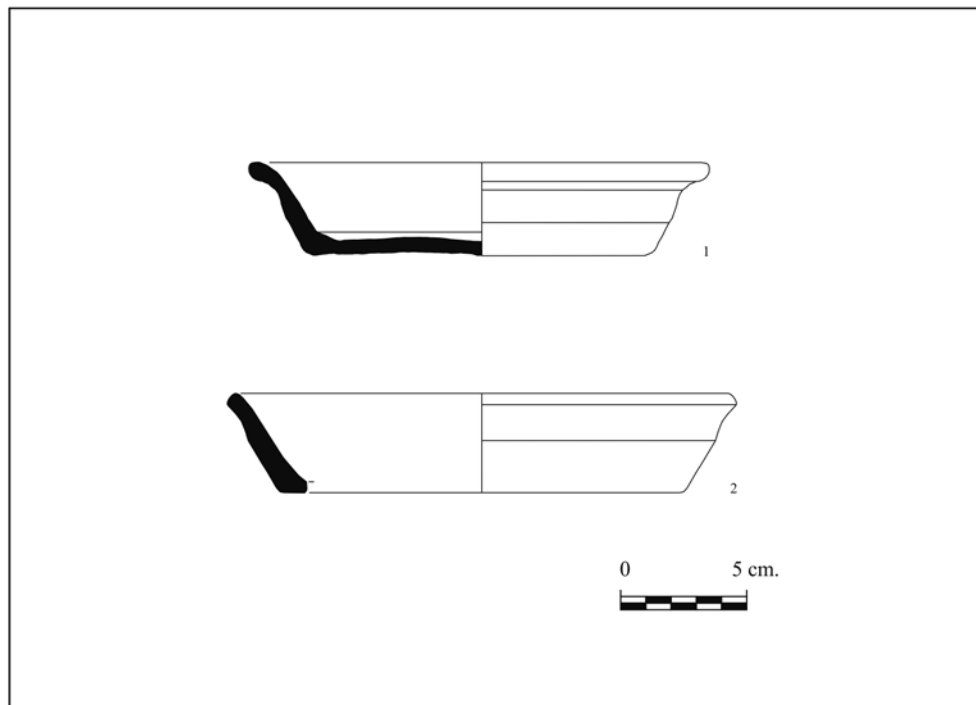


Figura 4

Plats/cassoles dels carrers de Lledó i Sant Just i Pastor (mostres BCN 342 i 343), vinculades amb el forn de Pedralbes.

[Dibuix: D. Prida-I. Camps]

després descriurem, però entre les quals destaquen unes blanques que se situen principalment a la vora, tot i que repartides d'una manera no uniforme. A més, algunes de les peces semblen deformades. Aquestes peces disposaven d'unes tapadores de cos troncocònic que presenten la mateixa factura i mides equiparables, i que, igualment, presenten a la vora les concrecions de color blanc. Al contrari dels plats, no es conserva cap tapadora que presenti el perfil sencer (fig. 3, 13-14).

En altres excavacions de la ciutat s'han trobat peces de perfils semblants als gresols. En concret, una peça procedent d'una intervenció del carrer de Lledó (any 2009), una de les excavacions de la Basílica dels Sants Màrtirs Just i Pastor (any 2012) (fig. 4) i una altra de la intervenció a l'Arxiu Administratiu (any 1998), que ja han estat publicades anteriorment (Beltrán de Heredia, 2013: fig. 61, 4 a 6), però també una altra peça inèdita procedent

de la intervenció arqueològica del carrer d'Avinyó⁶. Així mateix, cal indicar que aquests materials presenten algunes similituds amb les peces del "forn de Pedralbes", del que després parlarem.

Context ceràmic i datació

MATERIAL DE LA SITJA: NIVELL E

Aquest conjunt de gresols anava acompanyat d'altres peces de ceràmica, tot i que en proporcions molt menors. Destaquem dos gibrells/servidores (fig. 5, 8 i 10), forma VIII.1 i forma VIII.3 de la plaça del Rei per l'horitzó carolingi (Beltrán de Heredia, 2006: làm. 13, fig. 11 i làm. 14, fig. 10), i una olla gris de perfil en "S" i fons pla (fig. 5: 9), amb la vora girada i rebaixada, forma I.3 (Beltrán de Heredia, 2006: làm. 6, fig. 5). Aquesta última té una datació per termoluminescència que es pot situar dins

6. Vilardell Fernández, A. 2006. *Memòria conjunta de la intervenció arqueològica del Carrer Avinyó Núm. 15 i del Carrer Pou Dolç Núm. 4 de Barcelona (Barcelonès)* (Codi M.H.C.B.: 094-03). Centre de Documentació-ICUB. Inèdita.

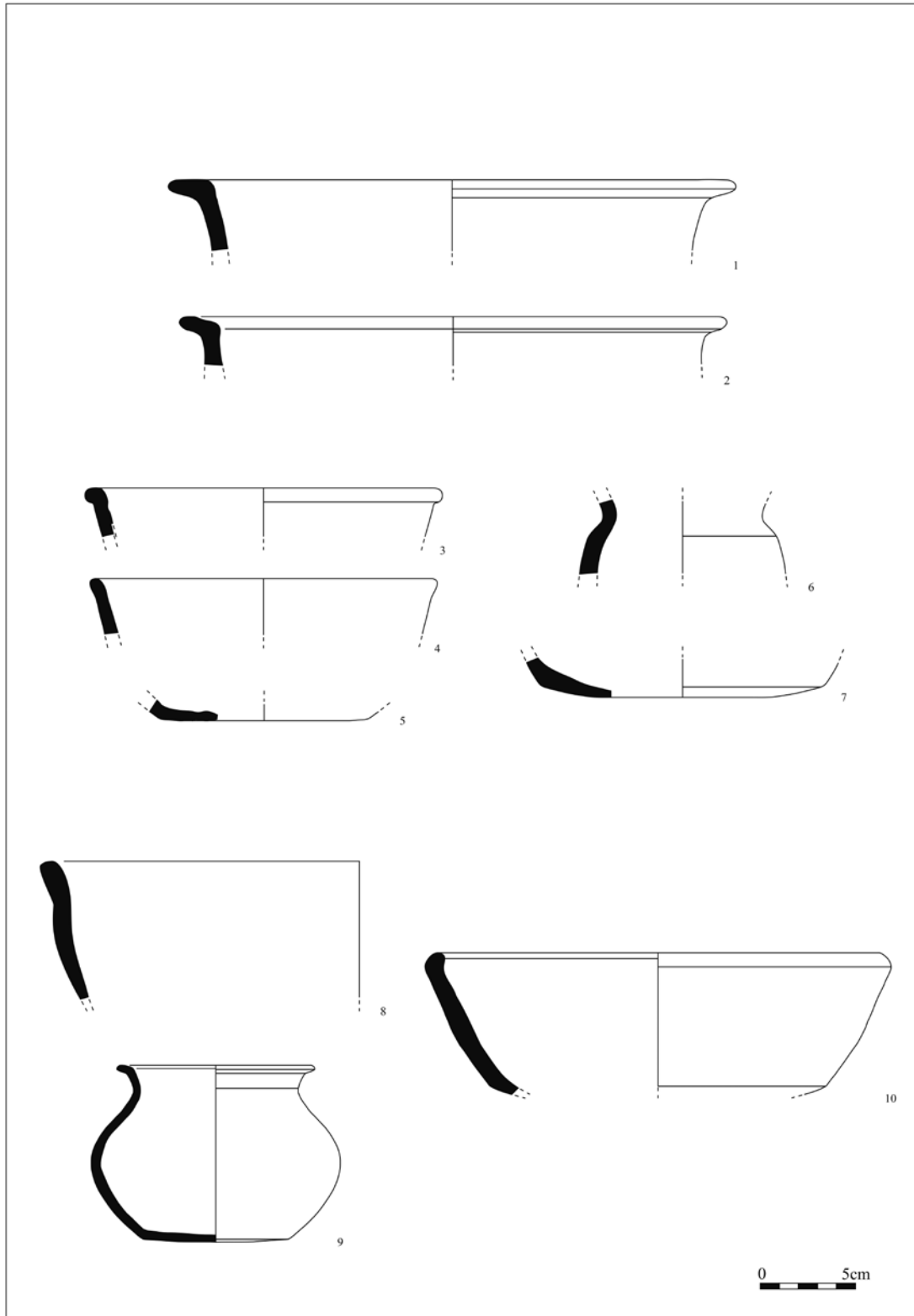


Figura 5
Material ceràmic que acompanya els gresols del nivell E. [Dibuix: E. Albiol]

l'arc cronològic dels anys 767-1061 (Beltrán de Heredia, 2006: 134).

La resta de material té un perfil cronològic més difícil d'establir com, per exemple, les dues peces de boca ampla, de 33 i 34 cm, respectivament, amb la vora girada que es pot presentar una mica inclinada o totalment plana, com una petita ala. La pasta és oxidada de color vermellós amb el desgredador visible; les parets interiors i exteriors porten una engalba més fosca (fig. 5, 5). També hi són presents un grapat de fragments de ceràmica comuna reduïda que conserven unes concrecions molt poroses en la paret interna (que semblen de vidre) i unes parets irregulars (fig. 5, 3-7). Aquests fragments no es poden associar a la ceràmica comuna vidriada (poc definida), que se situa entre el món visigot i andalusí i que a vegades s'ha emparentat amb les *vetrines pesantes* documentades a Itàlia.

NIVELL F

Al nivell F, com ja hem dit, també hem localitzat la presència d'aquest tipus de gresols tot i que en un percentatge molt més petit; únicament hem documentat 7 peces. Pel que fa a la resta del material del context, hem de ressenyar la presència de ceràmica comuna, oxidada o reduïda, majoritàriament cremada. Podem parlar de fons acanalats, amb solcs amplis de més 0,5 cm, que se situen tant a l'interior com a l'exterior (fig. 6, 1-2). Segurament, van formar part de cassoles altes amb dues nanses i parets acanalades, com una de les peces present en el context estudiat (fig. 6, 3). Aquestes peces presenten, en general, una pasta vermellosa, tot i que amb cocció irregular, amb una engalba fosca exterior i estan ennegrides pel fum. Dues d'aquestes peces (BCN053 i 54) van ser caracteritzades arqueomètricament durant l'estudi sobre les ceràmiques carolíngies de Barcelona (Buxeda, Cau, 2006; Beltrán de Heredia, 2006) però van restar inèdites. Efectivament, tot un seguit d'individus (BCN042 a BCN060) procedents de les excavacions del Tinell i de la plaça del Rei, amb cronologies centrades en els segles VI i VII però potser també en el VIII, es van analitzar conjuntament amb els materials suposadament carolíngis (BCN039 i BCN061 a BCN081) però, tot i que es van emprar com a elements comparatius en l'estudi dels materials carolíngis, no van ser discutits en el treball (Buxeda, Cau, 2006).

En aquest nivell F hi ha també una olla de cocció bescuitada (interior gris-exterior vermell) amb engalba negra, la vora girada i el llavi exvasat, que correspon a una tipologia de cronologia molt dilatada (fig. 6, 4); dues cassoles

baixes de 22 cm de diàmetre, amb la vora una mica girada cap a l'interior (fig. 6: 11-12), i una cassola alta amb nanses aplicades horitzontals (fig. 6, 13). La cassola alta presenta una pasta que macroscòpicament pertany al Grup I (PR/I) de plaça del Rei (Beltrán de Heredia, 2005: 73), de producció local (Buxeda, Cau, 2005). Finalment, hem de destacar la part superior d'una gerra amb un abocador pinçat (fig. 6: 9) de pasta grisa clara, dura i compacta, amb un acabat brunyit molt fi i uniforme.

DATAció

Pel que fa a la datació d'aquestes peces, la forma de les cassoles baixes és típica de l'antiguitat tardana, però també es troben en contextos del segle VIII-inicis del IX, com s'ha documentat en el propi jaciment de la plaça del Rei (Beltrán de Heredia, 2005: lám. 11). El mateix marc cronològic té la cassola alta, tot i que al jaciment apareixen a la seqüència des de la segona meitat del segle VI fins a un moment indeterminat del segle VIII (Beltrán de Heredia, 2005: lám. 8 i 10), sense descartar una major permanència. En la mateixa línia, hem de situar l'ampolla de boca pinçada, ja que és una forma per líquids que podem trobar en època visigoda, però també en contextos més tardans (Gutiérrez Lloret, 2015).

A manera de resum, s'ha de dir que la continuïtat d'algunes formes que vénen de l'antiguitat tardana (Macias, 1999) i es projecten al segle VIII, i en contextos del segle IX, fa difícil establir en cada cas si es tracta de material residual o en circulació. Tot i així, hi ha formes ceràmiques associades als gresols que es poden situar dintre dels contextos carolíngis ben coneguts i estudiats a Barcelona. És important dir que no es va documentar cap fragment de ceràmica espatulada, fòssil director per excel·lència de la ceràmica carolíngia a Barcelona, per la qual cosa creiem que la data de formació d'aquest dipòsit s'ha de situar en un moment no massa avançat del segle IX. El conjunt de gresols haurien estat amortitzats en aquest moment i el seu ús s'hauria de situar al segle VIII.

Aquesta proposta de datació del conjunt ceràmic que es va recuperar a les excavacions antigues és del tot coherent amb la seva posició en la seqüència estratigràfica definida pels propis excavadors aleshores, i contrastada amb la de les intervencions més recents realitzades al jaciment. D'altra banda, els paral·lels tipològics o de fàbrica que hem pogut establir amb altres peces localitzades a les excavacions de la ciutat (cas de Lledò, Sant Just i Pastor i Plaça del Rei), ens aporten el mateix horitzó cronològic.

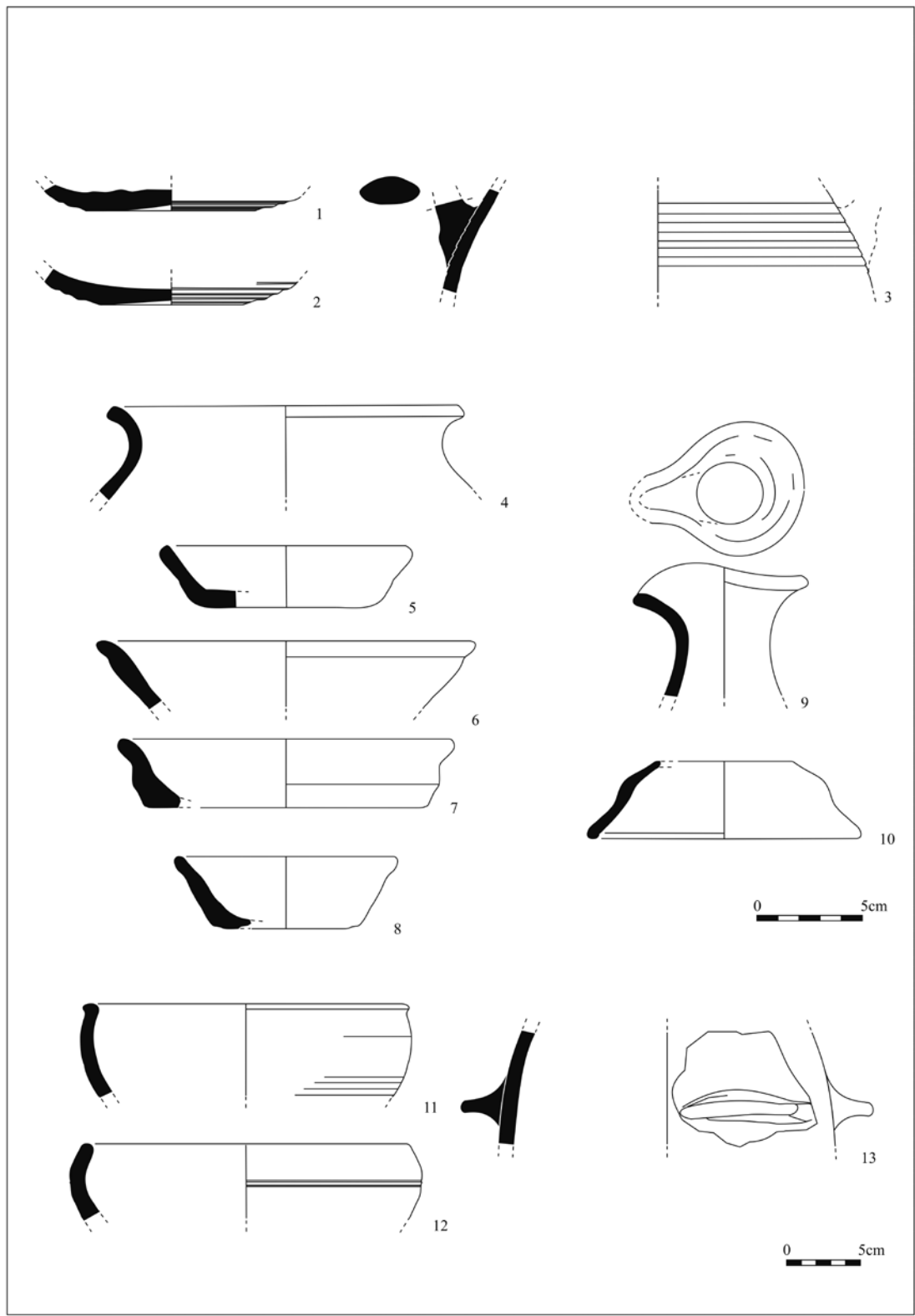


Figura 6
Gresols (5-8) i material ceràmic del context del nivell F. [Dibuix: E. Albiol]

El forn de Pedralbes

Donada la cronologia del conjunt estudiat, és d'especial interès la localització, l'any 1989 (Garcia Biosca *et alii*, 1993)⁷, d'un petit taller ceràmic als voltans del monestir de Pedralbes (fig. 7), tot i que, topogràficament, el taller es troba en un punt bastant allunyat de la ciutat antiga i medieval. Com sigui que aquest taller és, fins al moment, l'únic de la ciutat que presenta una cronologia similar a la dels gresols estudiats i que, a més, algunes de les seves peces mantenen similituds arqueomètriques i formals amb les ceràmiques en estudi, s'inclou en el present treball l'estudi dels materials d'aquest forn com un important element de comparació.

Aquest taller presentava un forn que tenia associat una cubeta i material de rebuig. Malauradament, el forn no es va documentar sencer i, a més, estava molt arrasat. Al seu interior, es va trobar un pilar central, fet amb pedres lligades amb argila, les restes de la graella⁸ i del que podria haver estat la cobertura de la cambra de cocció, segurament de forma semiesfèrica, feta amb argila. El forn estava retallat al terreny natural, on s'havia excavat una cavitat semiesfèrica d'aproximadament 1,90 m, aprofitant el vessant del terreny natural. Un forat d'aproximadament 40 cm de diàmetre permetia accedir al nivell inferior de la cambra de cocció, per posar el combustible.

El conjunt ceràmic recuperat és força homogeni. Es tracta de peces exclusivament de ceràmica comuna reduïda, sense cap mena d'acabat (tret d'algun allisat parcial ocasional), ni de decoració (només i de manera molt puntual algunes bandes incises de línies paral·leles). El repertori de formes documentat és molt bàsic: atuells per cuinar o emmagatzemar, de mides mitjanes i petites⁹, amb un fort predomini de les formes tancades i amb escasses variacions formals. Aquests atuells corresponen bàsicament a tres tipus diferents: cassoles baixes, algunes amb nanses aplicades, olles i gerres d'emmagatzematge. Amb tot, també es detecta la presència de tapadores com a peces auxiliars. Les formes tenen uns perfils que, majoritàriament, es poden associar a l'antiguitat tardana, amb

la continuïtat que acostuma a presentar aquesta tipologia en la centúria posterior¹⁰ (fig. 8).

Mostreig, mètodes i procediment analític

Per a la realització del present estudi s'han mostrejat de manera aleatòria 12 individus procedents de les excavacions del forn de Pedralbes (BCN328 a BCN339), 4 individus procedents cadascun, d'una intervenció diferent però que presentaven similituds formals en contextos de cronologies similars als gresols en estudi (BCN340 a BCN343) i 8 gresols procedents de les intervencions del Tinell (BCN344 a BCN351) (taula 1).

Per a la seva caracterització arqueomètrica (Buxeda, Madrid, 2016), s'han pres mostres d'entre 10 i 15 g dels 24 individus. D'aquestes mostres, s'han després mecànicament les capes superficials i les mostres han estat posteriorment polvoritzades i homogeneïtzades mitjançant un molí de boles amb cel·la de carbur de tungstè Spex Mixer mod. 8000. 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 dos replicats de perles de 30 mm de diàmetre, mesclant 0.3 g d'espècimen amb 5,7 g de tetraborat de liti ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) com a fonent (dilució 1/20) i 5 mg de iodur de liti (LiI) com a agent antiadherent. Aquesta mescla homogeneïtzada s'ha dipositat en un gresol de 95%Pt-5%Au i ha estat fosa en un forn automàtic d'inducció d'alta freqüència PANalytical Perl'X-3 a una temperatura màxima de 1.125 °C. Els resultats s'expressen en concentracions d'òxids en percentatge en massa. Per a la determinació dels elements traça, s'han fet preparacions de pastilles a partir de 6 g de l'espècimen anteriorment preparat, sec i de mida de gra < 80 µm, barrejat amb 2 ml d'una solució de reïna sintètica n-butil metacrilat (Elvacite® 2044), en acetona al 20 % en massa. Aquesta mescla, homogeneïtzada manualment en un morter d'agata fins a sequedat i disposada sobre una base d'àcid bòric (H_3BO_3) en un recipient

7. DDAA. *Memòria de les intervencions arqueològiques al Monestir de Pedralbes de Barcelona*. Anys 1973; 1989-1991. Generalitat de Catalunya. Inèdita.

8. Es tractava d'una plataforma d'uns 20 cm de gruix amb un seguit de forats repartits d'una manera regular.

9. Els diàmetres de les vores varien entre 5 i 26 cm, amb un predomini de les que presenten unes mides que van dels 16 o 17 cm als 26 cm.

10. L'estudi recollit a la memòria posa de relleu les dificultats per datar aquest conjunt. Les seves conclusions indiquen que ha de ser anterior a la construcció del monestir, que es va iniciar el 1326, i planteja amb prudència un possible marc cronològic del segle XIII-primer meitat del segle XIV, a partir dels paral·lels d'algunes formes. Han passat 30 anys i els estudis ceràmics en la nostra ciutat han avançat considerablement. Actualment, estem segurs que s'ha d'endarrerir la cronologia a un horitzó comprès entre els segles VI-VII i els segles VIII-X.

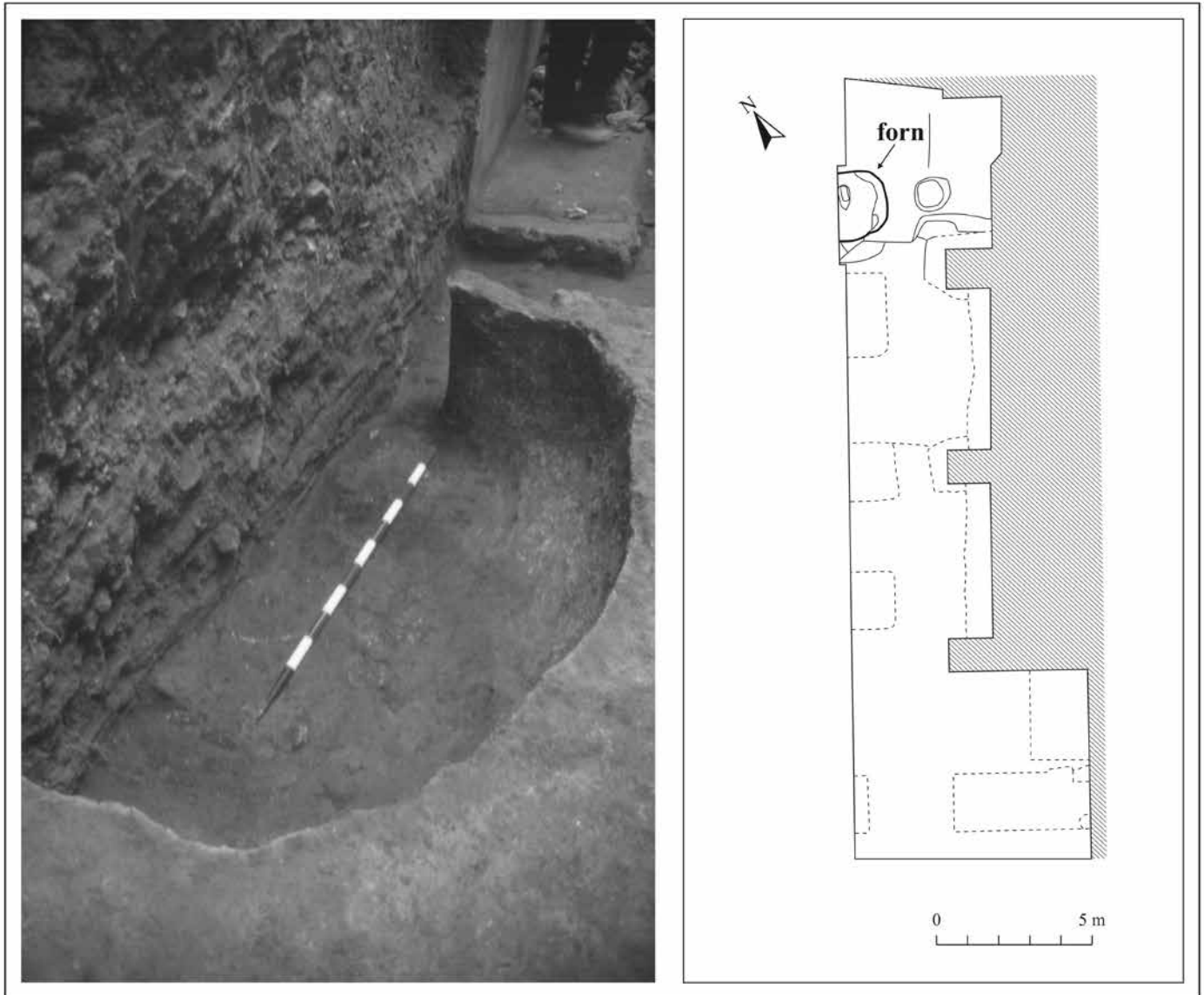


Figura 7

Planta i fotografia del forn de Pedralbes, un cop desmuntat el pilar central.

[Fotografia: Centre de Documentació-ICUB. Dibuix: I. Camps]

d'alumini de 40 mm de diàmetre, ha estat sotmesa a una pressió de 200 kN durant 60 s en una premsa Herzog. Els resultats s'expressen com a concentracions elementals en $\mu\text{g g}^{-1}$. La quantificació s'ha realitzat amb un espectròmetre Axios^{mAX}-Advanced PANalytical, amb una font d'excitació de Rh, calibrada amb un conjunt de 56 patrons (Estàndards Geològics Internacionals). Les interferències

han estat preses en consideració i els efectes matrius han estat corregits emprant el software PANalytical Pro-Trace pels elements traça. Així, s'ha determinat la concentració en: Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , V, Cr, MnO, Fe_2O_3 (com a Fe total), Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Ba, Ce, W, Pb i Th. En el present estudi, de manera excepcional, es consideren també les concentracions d'Ag malgrat que els seus resultats no siguin quantitius i tinguin únicament un valor semiquantitatiu. 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. Les calcinacions s'han efectuat en una mufla Heraeus mod. M-110, fent servir una rampa d'escalfament de 3,4 °C

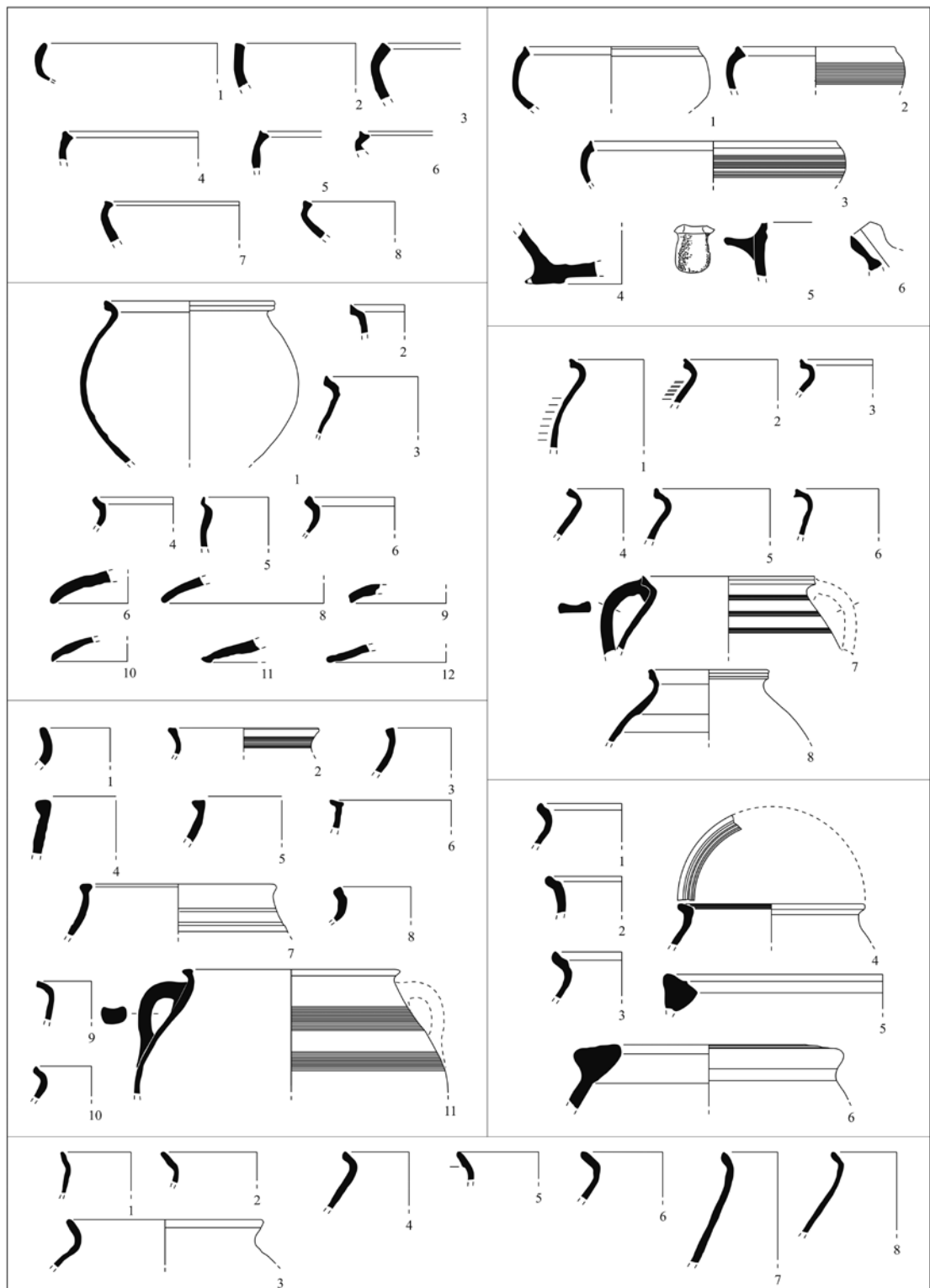


Figura 8

Quadre resum de la tipologia dels materials procedents de les excavacions del forn de Pedralbes. [Dibuix: J. Eusebi Garcia-Digitalització: I. Camps]

Ic	Jaciment	Núm. d'inventari	Descripció	Publicada anteriorment
Materials del forn de Pedralbes				
BCN328	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 21 Q	tegula	
BCN329	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 37 Dif. 1	olla	
BCN330	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 Dif. 11	cassola baixa	
BCN331	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 Dif. 31	olla	
BCN332	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 Dif. 45	olla	
BCN333	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 Dif. 57	olla	
BCN334	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 Dif. 61	olla amb nanses	
BCN335	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 Dif. 67	fons gruixut	
BCN336	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 A	fons	
BCN337	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 D	fons acanalat	
BCN338	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 E	fons	
BCN339	Forn de Pedralbes	307/1990 UE 39 F	nansa	
Materials de comparació				
BCN340	Arxiu Administratiu 1998	341/98 UE 5385 Dif. 2	cassola amb dues nanses	Beltrán de Heredia, 2013, Fig. 61, 6
BCN341	Carrers Pou Dolç i Avinyó 2003	094/03 UE 1002 Dif. 2	cassola baixa	
BCN342	Carrer Lledó 2009	067/09 UE 4074 Dif. 3	cassola / alcadafe	Beltrán de Heredia, 2013, Fig. 61, 4
BCN343	Esglésies de Sant Just i Pastor 2012	060/12 UE 245 Dif. 3	cassola / alcadafe	Beltrán de Heredia, 2013, Fig. 61, 5
Gresols				
BCN344	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN345	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN346	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN347	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN348	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN349	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN350	Tinell 3-3-1953	UE Sitja sota Tinell, departament 1, XXI E	gresol	
BCN351	Tinell 1956	XXI F-9	gresol	

Taula 1.
Inventari d'individus estudiats.

min⁻¹ i refredament lliure. Els resultats s'expressen com a percentatge en massa. La suma de les concentracions dels elements majors, menors i traces junt a la pèrdua al foc es troben en el rang (98-102) %. Una detallada descripció de les condicions analítiques, la precisió i l'exactitud ha estat ja publicada (Hein *et alii*, 2002). Durant el tractament estadístic, desenvolupat amb R (R Core Team, 2017), no es consideren les concentracions de Mo i Sn degut a imprecisions analítiques, ni les de Co i W per les possibles contaminacions per la cel·la de carbur de tungstè. Tampoc no es consideren els resultats de la pèrdua al foc.

La composició mineralògica d'aquests individus ha estat estudiada mitjançant la difracció de raigs X (DRX), emprant aproximadament 1 g de la pols de l'espècimen prèviament preparat anteriorment pressionat amb un vidre esmerilat en un portamostres de 27 mm de diàme-

tre i 2.5 mm d'alçada (PW 1811/27). Les mesures s'han pres emprant un difractòmetre de geometria Bragg-Brentano PANalytical X'Pert PRO MPD Alpha-1 (radi = 240 mm), treballant amb la radiació K del Cu filtrada amb Ni ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), amb un monocromador primari focalitzant de Ge (111) i una potència de treball de 45 kV, 40 mA. El difractòmetre compta amb finestra de divergència variable per tal d'aconseguir una longitud irradiada en la direcció paral·lela al feix de raigs X de 10 mm, amb màscara en el feix incident que regula la longitud irradiada sobre la mostra en la direcció axial a 12 mm, així com amb un detector X'Celerator amb longitud activa de 2.122° . Les mesures han estat realitzades de $(4 \text{ a } 70)^\circ 2\theta$ amb una mida de pas de $0.017^\circ 2\theta$ i un temps de comptatge de 50 s per pas, amb un moviment circular de la mostra a 1 Hz. Les fases cristal·lines presents en cada mostra analitzada han estat identificades i valuades amb el paquet de programes PANalytical X'Pert HighScore Plus que inclou el banc de dades de l'*International Centre for Diffraction Data-Joint Committee of Powder Diffraction Standards*, 2006 (ICDD-JCPDS).

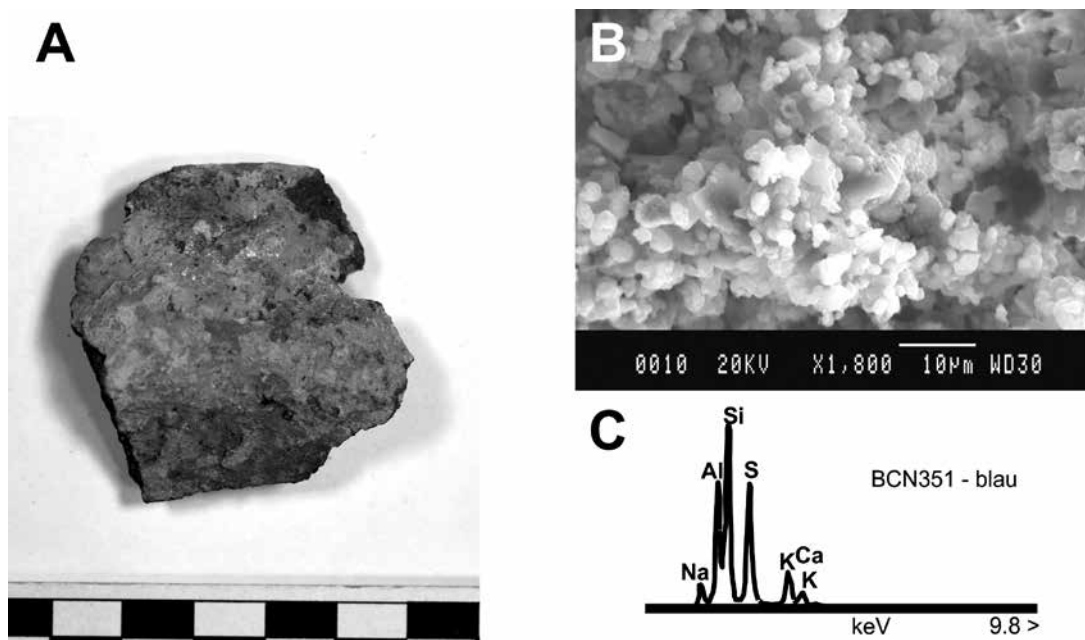


Figura 9

A: Gresol BCN351 que presenta taques blaves a l'exterior de la paret. B: microfotografia de MER, presa a 1100X, que mostra un aspecte general de l'agregat de cristalls que componen un dels punts blaus observats a l'exterior de la paret. La barra d'escala indica 10 µm (Buxeda, Tsantini, 2005: fig. 14, esquerra). C: Espectre de la microanàlisi per MER-EDX dels cristalls que formen els punts blaus de la microfotografia anterior (Buxeda, Tsantini, 2005: fig. 15).

Els gresols han estat, a més, estudiats per microscòpia electrònica de rastreig acoblada a un detector de raigs X per dispersió d'energies (MER-EDX), per tal d'observar l'estadi de sinterització de la matriu argilosa, les concrecions que presenten i, en el cas de l'individu BCN351, identificar unes taques blaves d'aspecte pulverulent que són presents a l'exterior de la seva paret, incloent, a la part dreta, la superfície deixada en fragmentar-se (fig. 9, A)¹¹. Cal dir que els treballs per MER-EDX es troben encara en una fase preliminar i que els que ara s'avancen són limitats, pendents de la finalització dels treballs. Igualment, és important indicar que les taques blaves anteriorment esmentades no han pogut ésser estudiades per DRX donada la seva petita

mida. L'estudi de MER-EDX s'ha fet emprant un microscopi JEOL JSM-840, acoblat a un sistema de microanàlisi de raigs X per dispersió d'energies (EDX) INCA Energy 250 (Oxford Instruments). Les observacions s'han fet sobre fractures polides de mostres incloses en reïna i, en el cas de l'individu BCN351, també amb una fractura fresca. Totes les seccions es fan en l'eix oral-aboral de la paret de les peces. Les mostres han estat adherides a un portamostres metàl·lic amb silicona, recoberta amb plata col·loïdal, i han estat fetes conductores per deposició d'una capa de carboni en una atmosfera d'alt buit. El voltatge d'acceleració emprat és de 20 kV, la intensitat en el feix és d'1 nA i el temps de comptatge en la microanàlisi és de 100 s.

11. El gresol BCN351 junt amb un altre (Tinell (3-3 53) XXI^P-XXI^F), que no hem inclòs en l'estudi que ara presentem, van ser examinats per microscòpia electrònica de rastreig per tal de fer observacions preliminars sobre les incrustacions que presenten a les vores i a l'exterior de les parets, així com per a identificar el material de les taques blaves que presenta el gresol BCN351. Les dades es recullen a Buxeda i Garrigós, J.; Tsantini, E. 2005. *Estudi arqueomètric dels possibles gresols procedents de les excavacions del Tinell (Barcelona)*. Informe. Universitat de Barcelona. Barcelona. Inèdit.

Resultats i discussió de la caracterització arqueomètrica

Els resultats de l'anàlisi química realitzada per FRX, és a dir, les concentracions elementals determinades, corresponen a un cas especial de l'espai projectiu $d+1$ -dimensional de punts projectius des de l'origen que són projectats en el símplex S^d . Així els punts projectius estan representats per coordenades homogènies que tenen una suma constant k ($k \in \mathbb{R}^+$), $\mathbf{x} = [x_1, \dots, x_d, x_{d+1}] \mid x_i \geq 0$ ($i = 1, \dots, d, d+1$), $x_1 + \dots + x_d + x_{d+1} = k$, (en aquest cas, $k = 100$). L'espai vectorial dels punts projectius és l'ortant positiu R_+^{d+1} i aquests punts projectius i les seves projeccions en el símplex segueixen un model multiplicatiu amb una mètrica d'interval·logarítmics. Degut a això, per al seu tractament estadístic, les dades obtingudes han estat transformades utilitzant la transformació alr en logaritmes de raons, segons

$$\mathbf{x} \in S^d \rightarrow \mathbf{y} = \log\left(\frac{\mathbf{x}_d}{x_{d+1}}\right) \in R^d \quad [\text{Equació 1}]$$

on S^d és el símplex d -dimensional, $\mathbf{x}_d = [x_1, \dots, x_d]$, o la transformació clr en logaritmes de raons centrats segons

$$\mathbf{x} \in S^d \rightarrow \mathbf{z} = \log\left(\frac{\mathbf{x}}{g(\mathbf{x})}\right) \in R^{d+1} \quad [\text{Equació 2}]$$

on S^d és el símplex d -dimensional i $g(\mathbf{x})$ és la mitjana geomètrica de tots els $d+1$ components de \mathbf{x} (Aitchison, 1986; Buxeda, 1999; Martín-Fernández *et alii*, 2015).

Si ens centrem en la composició química dels 8 gresols s'observa que la seva variació total, incloent l'Ag, presenta un valor extraordinàriament alt ($vt = 14.68$) per a qual·sevol conjunt ceràmic (Buxeda, Kilikoglou, 2003), amb una dependència molt forta de les variacions dels quatre elements Ag, Cu, Pb i Na_2O , que introdueixen, en aquest ordre decreixent, la major part de la variabilitat (amb una uniformitat $-H_2-$ molt baixa típica del predomini de pocs elements en la introducció de la variabilitat: $H_2 = 1.97$ Sh; $H_2 \% = 42$). La repetició d'aquest càlcul excloent aquests quatre elements dona un resultat completament diferent, proper al que es podria esperar en un típic cas de materials monogenètics, amb una mateixa provinença ($vt =$

0.46; $H_2 = 3.58$ Sh; $H_2 \% = 80.32$). Com es pot veure en els diagrames de dispersió entre aquests quatre elements, en transformació alr (Equació 1) emprant el TiO_2 com a divisor, es formen dos grups de gresols clarament diferenciats, especialment en els diagrames entre Ag, Cu i Na_2O (fig. 10). D'un costat, tres gresols (BCN344, 346 i 349) que presenten valors relatius baixos en aquests tres elements (Ag entre 3 i 12 $\mu\text{g g}^{-1}$, Cu entre 19 i 36 $\mu\text{g g}^{-1}$ i Na_2O entre 0.96 i 1.00 %), i els altres cinc gresols (BCN345, 357, 358, 350 i 351) que presenten valors relatius alts en aquests tres elements (Ag entre 731 i 6153 $\mu\text{g g}^{-1}$, Cu entre 251 i 1610 $\mu\text{g g}^{-1}$ i Na_2O entre 3.39 i 7.72 %). El Pb, però, presenta un comportament més erràtic i les seves àmplies variacions (de 18 a 202 $\mu\text{g g}^{-1}$) no segueixen aquesta pauta, tenint el gresol BCN347 el valor més baix i el BCN349 el més alt.

L'estudi dels difractogrames mostra que des del punt de vista mineralògic els gresols presenten diferències importants. En conjunt, tots aquests gresols corresponen a ceràmiques definides tècnicament com a poc calcàries ($\text{CaO} < (5-6)$). La divisió entre ceràmiques poc calcàries, calcàries i altament calcàries comporta importants diferències tècniques tant en la producció de les ceràmiques com en les seves propietats. Les ceràmiques poc calcàries presenten durant la cocció un menor desenvolupament de fases d'alta temperatura i la microestructura resultant, a altes temperatures, és sempre densa, amb baixa porositat i amb una ràpida formació de fase vítria (Maniatis *et alii*, 1981, 1983; Tite *et alii*, 1982).

Els gresols BCN344, 346 i 349 es caracteritzen per presentar pics intensos de fil·losilicats del grup de les miques (il·lita-moscovita), quars, feldespat alcalí i plagiòclasi (fig. 11, inferior). Els individus BCN346 i 349 podrien presentar hematites, però la seva identificació no és clara. La temperatura de cocció equivalent que es pot estimar (TCE) és difícil d'establir, però podria considerar-se baixa ja que l'hematites, quan no és primària, cosa que sembla mostrar la seva absència segura en l'individu BCN344 i possible en els individus BCN346 i 349, cristal·litza a temperatures 800 °C-850 °C¹². Pel que respecta als gresols BCN345, 348

12. La interpretació dels resultats de difracció de raigs X es recolza en experiments nostres i d'altres autors que ja han estat discutits en articles precedents (veure, per exemple, Buxeda, 1999 i Buxeda, Cau, 2004).

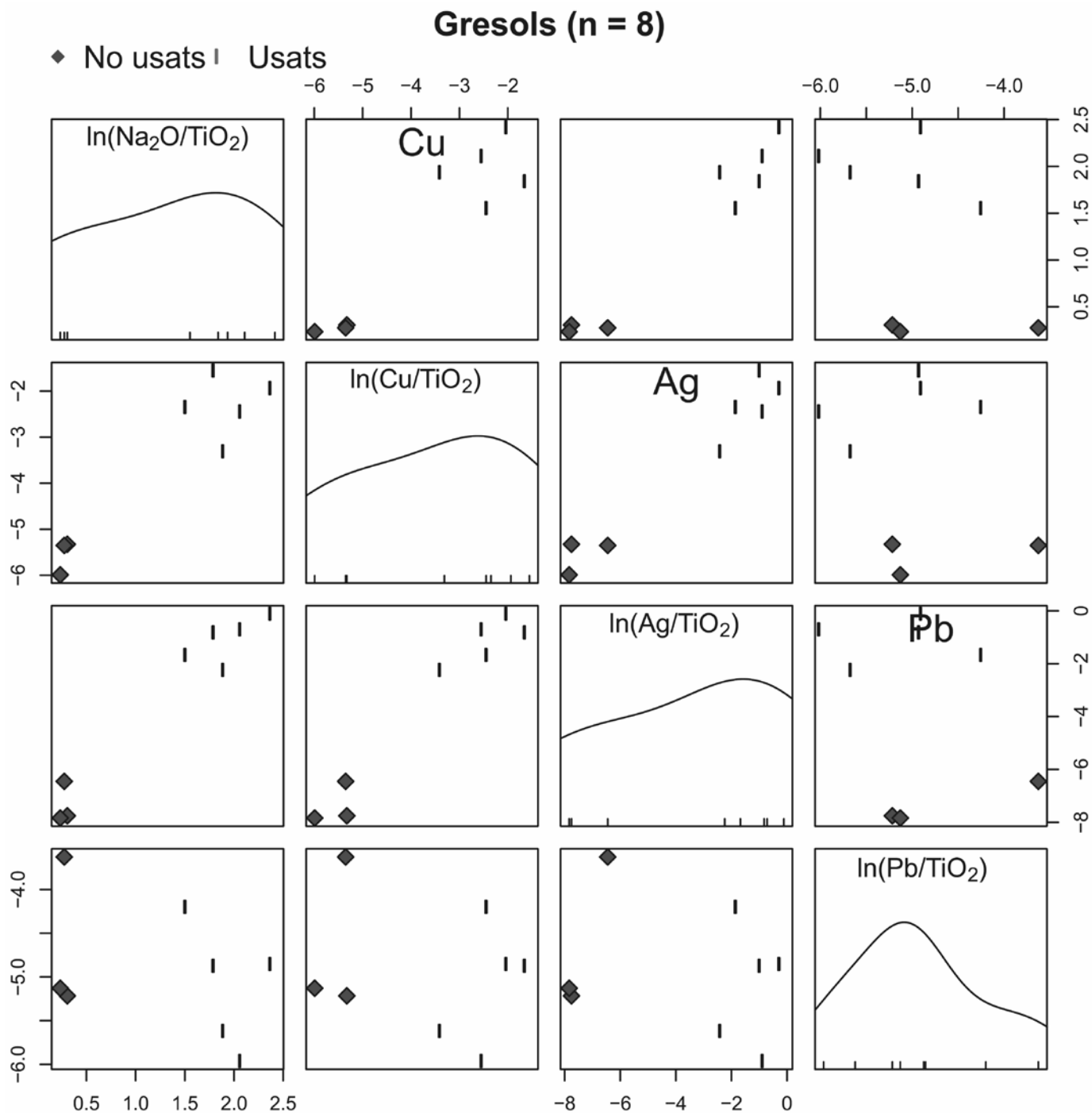
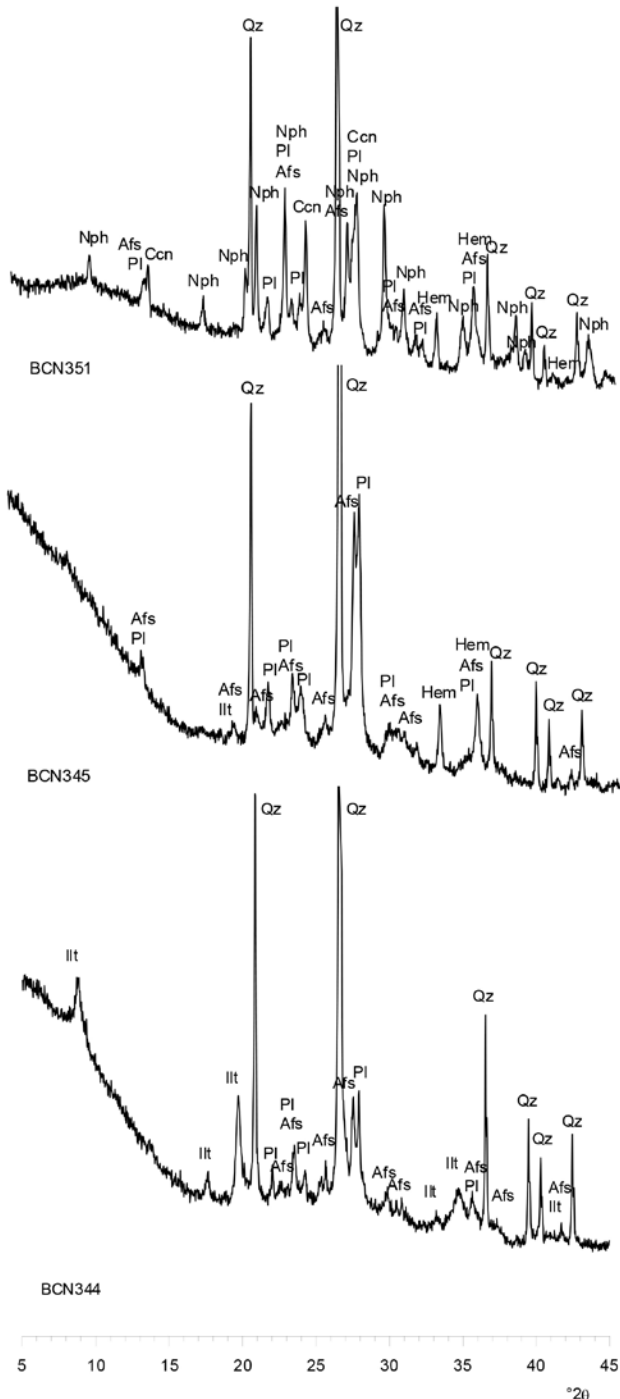


Figura 10

Matriu de diagrames de dispersió dels valors de Na₂O, Cu, Ag i Pb en transformació alr [Equació 1] emprant el TiO₂ com a divisor. A la diagonal, gràfics d'estimació de la densitat per kernels de cadascun dels valors transformats.



i 350, presenten a més de quars, pics intensos de feldespat potàssic, plagiòclasi i hematites, mentre que només alguns dels pics dels fil·losilicats del grup de les miques semblen de baixes intensitats (fig. 11, centre). Donat que la descomposició d'aquests minerals es completa entre 950 °C i 1000 °C, es pot estimar una TCE entre els 800 °C–850 °C i els 950 °C– 1000 °C, en un rang superior a la dels gresols anteriors. Finalment, els dos darrers gresols, BCN347 i 351, presenten, a més de quars, feldespat alcalí, plagiòclasi i hematites, pics de nefelina i, possiblement, de cancrinita, tot i que la seva identificació és problemàtica (fig. 11, superior). Aquests pics són molt intensos en l'individu BCN351, però cap dels dos gresols presenta ja pics de fil·losilicats del grup de les miques. Així doncs, la TCE estimada en aquest grup se situa per sobre dels 950 °C–1000 °C. Aquesta estimació coincideix amb l'observació per MER de la microestructura de l'individu BCN351 que mostra una vitrificació amb un estadi de sinterització TV i una microestructura típica de materials poc calcaris amb una porositat molt baixa (fig. 12, A)¹³. Aquests resultats mostren clarament que els alts continguts de Na₂O, Cu i Ag s'associen als gresols que presenten una TCE més elevada. A més, és important destacar que els dos gresols del darrer grup, BCN347 i 351, són també, en aquest ordre, els que presenten les majors concentracions de Na₂O i Ag. Aquests fets posen en evidència que la presència de Na₂O, Cu i Ag està relacionada amb una major TCE i, plausiblement, amb la utilització dels gresols per al treball de la plata i, en concret, per a la seva fosa. Teòfil, autor que escriu possiblement en el segle XII, explica en

Figura 11

Difractograms de raigs X dels gresols estudiats. Inferior: individu BCN344. Centre: individu BCN345. Superior: Individu BCN351. Afs: feldespat alcalí; Ccn: cancrinita; Hem: hematites; Ill: fil·losilicats (il·lita-moscovita); Nph: nefelina; Pl: plagiòclasi; Qz: quars. Abreviatures segons Whitney i Evans (2010).

13. Veure Buxeda, Tsantini, 2005.

el seu llibre III com la fosa de la plata en poques quantitats, per a ser usada en la confecció d'objectes i joieria, cal fer-la en un motlle tirant-li una mica de sal a sobre un cop ja ha fosa¹⁴ (Teòfil, *De diuersis artibus*, III, cap. XXV)¹⁵. A més, Teòfil també explica que per soldar plata cal emprar un aliatge de plata i coure, per tal d'obtenir un punt d'ebullició lleugerament inferior a la plata que permeti la soldadura. Aquest aliatge es fa fonent els dos metalls en un gresol (Teòfil, *De diuersis artibus*, III, cap. XXI). Finalment, cal tenir present que en argenteria sovint s'empren aliatges de plata i coure (amb percentatges de Cu sovint entre el 7.5 % i el 15 %), per a evitar la fatiga de la plata. Així doncs, resulta plausible que els gresols estiguessin destinats a treballs d'argenteria. Dels gresols estudiats, els tres que trobem a més baixa temperatura possiblement no s'haurien fet servir, a diferència dels altres cinc que, donats els enriquiments en Ag, Cu i, molt especialment, Na₂O, haurien estat emprats en repetides ocasions per aquests tipus de treballs. En aquest sentit és important destacar que la plata és present en la secció de les bases dels gresols de manera molt més abundant que en les seves vores. L'observació de la secció polida de la base del gresol BCN351 emprant el detector d'electrons retrodifosos permet observar (fig. 12, B), a la cantonada superior esquerra de la imatge, zones de brillantor intensa que corresponen a la plata que s'ha dipositat a l'interior de la secció. Pel que fa als continguts de Pb, tot i que aquest element també es pot relacionar amb alguns treballs de la plata, especialment per a la seva obtenció i refinament, els seus valors no es relacionen amb el patró d'enriquiment i major TCE estimada que hem observat. El valor més alt determinat (202 µg g⁻¹), per exemple, correspon al gresol BCN049 que, en principi, semblaria no haver estat usat, mentre que el valor més baix determinat (18 µg g⁻¹) el presenta el gresol BCN347, que sí que hauria estat emprat. Igualment, el gresol més afectat pels canvis per ús, el BCN351, tan sols presenta un valor de 54 µg g⁻¹. Aquest comportament erràtic sembla suggerir que els enriquiments en Pb no estan relacionats amb

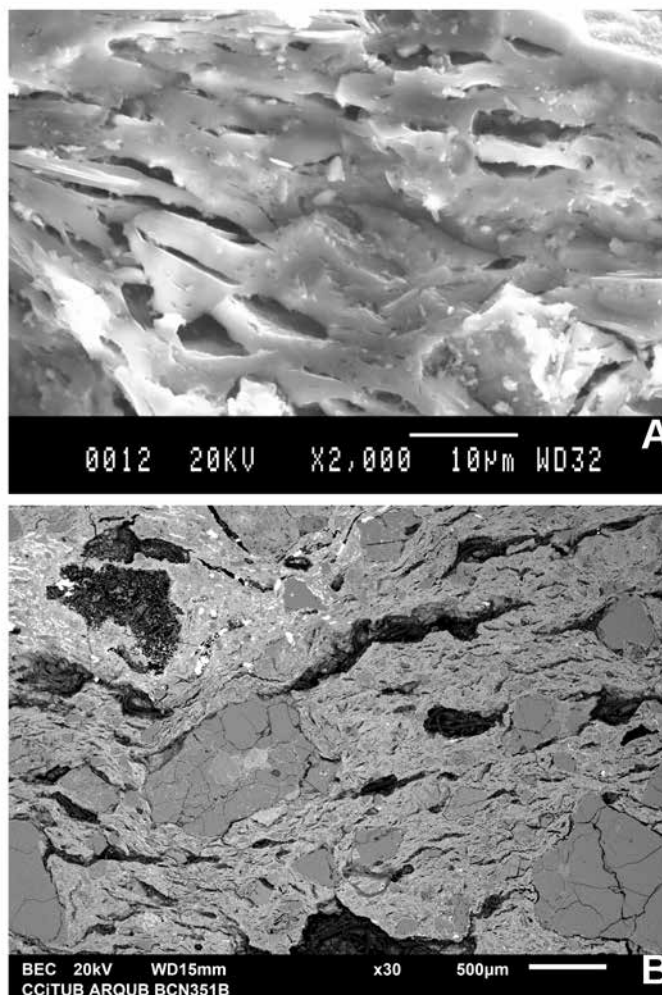


Figura 12
A: microfotografia de MER de la matriu de l'individu BCN351, a 2000X. La barra d'escala indica 10 µm [Buxeda, Tsantini, 2005: fig. 4, dreta]. B: microfotografia de MER emprant el detector d'electrons retrodifosos d'una secció polida de la secció de la base de l'individu BCN351, a 30X. La barra d'escala indica 500 µm.

14. El punt d'ebullició de la plata són els 961.8 °C.

15. Edició, traducció al català i comentari de Segarrés (2015).

aquesta activitat del treball de la plata. En aquest cas, fora possible que l'origen es trobés en la presència d'objectes de plom en el context d'enterrament i la proximitat dels fragments ceràmics a aquests objectes (Buxeda, 2010).

La identificació d'aquests gresols com a part de l'instrumental emprat en el treball de la plata és important especialment si el posem en relació a les taques blaves pulverulentes que presenta el gresol BCN351 i que, en el seu estudi per MER-EDX, es van poder associar amb la latzurita, un aluminosilicat amb anions de sodi i calci ($\text{Na}_6\text{Ca}_2(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})(\text{SO}_4, \text{S}_2, \text{S}_3, \text{Cl}, \text{OH})_2$), a partir de la composició química obtinguda en la seva microanàlisi (fig. 9, B i C)¹⁶. La latzurita és el mineral bàsic que entra en la composició del lapislàtzuli, roca formada per l'associació d'aquest i altres minerals. El lapislàtzuli dona posteriorment origen al pigment conegut com a ultramarí, que s'obté de la molta del lapislàtzuli i el posterior enriquiment en latzurita per flotació (Frison, Brun, 2016). La latzurita va ser sempre el pigment blau més preuat i de més valor. La seva utilització es documenta ja al Pakistan des d'aproximadament el 7000 aC i a Egipte des del 4000 aC-3500 aC, però la seva introducció a l'Europa occidental no va ser quantitativament important fins a l'Edat Mitjana i el Renaixement. En els moments anteriors hi ha poca documentació del seu ús, tot i que se l'ha identificat o es troba en la documentació escrita, emprat amb diferents finalitats. Un dels seus usos principals és com a pigment emprat en vidres i pastes vítries o en pintures murals. A partir del segle IX està també documentat el seu ús com a pigment en manuscrits. També com a pigment per manuscrits, sembla que en el món bizantí podria haver-se emprat ja en el segle VI, mentre que en el món àrab hi ha testimonis des de finals del segle VII. Cal destacar finalment que, d'acord amb les fonts escrites, una de les principals utilitzacions del lapislàtzuli va ser com a medicina. Aquest ús està recollit en textos egipcis i mesopotàmics (del 1550 aC i del segle VII aC, respectivament), bizantins (en textos dels segles VI-VII) i, especialment, àrabs (en textos des del segle IX).

Per poder comparar la relació que guarden els gresols amb altres conjunts que puguin ser significatius, a més dels materials del forn de Pedralbes i els quatre individus de comparació per similituds formals (taula 1), s'han considerat també un seguit de conjunts amb cronologies que abasten des del segle V al XIII, situats a l'àrea de la costa catalana i que no presenten vidriats de plom:

- els materials d'època tardana de la plaça del Rei, amb una cronologia de segles VI-VII (Buxeda, Cau, 2005) (BCN001 a 38 i BCN040 i 41).
- els materials d'època carolíngia, procedents en part de les mateixes excavacions (Buxeda, Cau, 2006) (BCN039 i BCN060 a 81).
- els materials procedents de les excavacions del Tinell i de la plaça del Rei, amb cronologies centrades en els segles VI i VII però potser també en el VIII, que, com hem indicat abans, havien estat inclosos en l'estudi de les ceràmiques espatulades però sense ser comentats en detall (BCN042 a BCN060).
- diversos conjunts d'alfàbies procedents de diferents excavacions de la ciutat i amb cronologies de segle XIII a XIV (BCN109 a 114, BCN200 a 2003B i BCN210, BCN329A i 329B) (Buxeda *et alii*, 2011).
- els materials del taller de Carders datat al segle XII-tercer quart del segle XIII (BCN297 a 318) (Di Febo *et alii*, 2012).
- un conjunt de materials tardans trobats a Mataró i datats en els segles VI i VII (PAL001 a 60) (Buxeda, Cau, 2004).
- un conjunt de materials tardans procedents de Darró datats en el segon quart del segle V. (Cau, 2003).

Així, el conjunt de materials que inclou els individus en estudi i els de comparació està format per 208 individus. Com a resum del tractament estadístic presentem el dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupaments, realitzat amb el programa estadístic R (R Core Team, 2017), emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme

16. Veure Buxeda, Tsantini, 2005.

aglomeratiu del centroide, sobre la subcomposició MgO, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, V, Fe₂O₃, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Ce i Th en transformació clr [Equació 2] (fig. 13). En aquest tractament no s'han tingut en compte els tres elements Na₂O i Cu, que presenten alteracions per ús, i Pb, per la possible alteració dels seus valors durant l'enterrament. Per aquest mateix motiu, també s'ha exclòs el P₂O₅, molt influenciable per la possible presència de matèria orgànica. Altres elements han estat exclosos perquè les seves variacions, tot i que poc importants, presentaven alguns problemes durant el tractament estadístic degut a la transformació clr emprada. Aquests elements són CaO, MnO, Zn, Ni i Cr. Finalment, també s'han exclòs en el tractament que oferim el K₂O i el Rb ja que la seva concentració en l'individu BCN351 és relativament menor a la de la resta dels gresols. L'Ag no ha estat tinguda en compte en cap moment degut a que la seva determinació és semiquantitativa.

En aquest gràfic (fig. 13) s'observa la unió de tots els individus analitzats que es troben a la seva base. A partir d'un procés jeràrquic d'aglomeració s'estableix la unió, per etapes, d'un individu amb un altre individu o amb un grup d'individus o bé d'un grup amb un altre grup, fins a l'obtenció d'un únic grup format per tots els individus analitzats. Com més baixa és la distància de la unió respecte a la base del gràfic, major és la similitud química entre els individus i grups que s'uneixen.

En el dendrograma s'ha indicat els grups, (les unitats de referència composicional de pasta i grups de referència) ja definits en anteriors treballs i es pot observar com ni els gresols que es troben tots junts en el grup Gr, ni els materials del forn de Pedralbes que es troben en el grup Pr, no guarden relació amb cap d'aquests grups ja definits, però tampoc entre ells.

Com es pot veure, els gresols (fig. 13, grup Gr) es mostren com un grup relativament homogeni i amb una composició diferenciada de la resta de materials (taula 2). Amb tot, els gresols BCN345 i 347 –que són molt similars entre ells–, d'una banda, i el gresol BCN351, de l'altra, presenten certes diferències respecte del grup de gresols. Aquestes diferències són difícils d'avaluar degut al baix nombre d'individus caracteritzats i tampoc no es pot descartar que siguin variacions dins d'una producció singular, possiblement no massa estandarditzada.

De manera similar, els materials del forn de Pedralbes (fig. 13, grup Pr) no guarden relació amb els grups ja definits i presenten una composició diferenciada (taula 2). Amb tot,

dos dels individus procedents d'aquestes excavacions no guarden relació amb els materials del forn. D'una banda es tracta de la tégula (BCN328) que queda classificada dins del grup dels gresols (indicada, dins del grup Gr, amb una fletxa en la fig. 13). Aquesta similitud, però, no és real sinó que es deu al baix nombre d'elements emprats en l'anàlisi d'agrupament que presentem aquí, ja que hi ha diferències significatives en alguns dels elements no emprats en l'anàlisi (taula 2). D'altra banda, el fons gruixut que és l'individu BCN335 (taula 2) no guarda cap relació amb cap altre material inclòs en l'anàlisi (queda indicat per la fletxa que es troba més a l'esquerra en el dendrograma de la fig. 13). A diferència de les produccions del forn de Pedralbes i dels gresols, però també de la pràctica totalitat dels materials contemplats en l'anàlisi, no correspon a una producció poc calcària, sinó a una producció calcària ((5-6) % < CaO < (15-20) %). Aquest fet li confereix importants implicacions des del punt de vista tècnic (Buxeda *et alii*, 2009) i el converteix en un material aliè a la tradició tècnica de la majoria de les produccions que coneixem en aquest moment. És important destacar també que dos dels quatre individus estudiats aquí com a materials de comparació (taula 1) es troben associats amb els materials del forn de Pedralbes (indicats amb dues fletxes dins del grup Pr a la fig. 13). Aquests individus són el BCN342 i el BCN343; les seves composicions (taula 2) presenten unes similituds significatives amb les del taller de Pedralbes, tot i que també hi ha algunes petites diferències que no permeten classificar-los com a materials del taller. Amb tot, cal pensar que, com en el cas dels gresols, el baix nombre d'individus estudiats limita molt les inferències que es puguin fer. En qualsevol cas, és important remarcar la relació entre aquests individus i aquest taller. Pel que fa als materials del taller de Pedralbes, l'estudi de les seves difraccions mostren que tots els individus presenten una TCE que es pot estimar com a baixa, ja que no apareix cap fase clara de cocció. L'absència d'hematites podria prendre's com un indicador que aquesta TCE no va arribar als 800 °C–850 °C, però probablement les coccions en atmosferes preferentment reductores van inhibir la seva cristal·lització i no es pot prendre com a indicador vàlid. El que sí és un indicador vàlid, però, és la cristal·lització de l'espinel·la en els individus BCN333, 334 i 339. Aquesta cristal·lització permet estimar una TCE superior als 900 °C–950 °C, però inferior als 950 °C–1000 °C, pel manteniment dels fil·losilicats dels grups de les miques, presents en tots els individus. Així, és evident que els altres 7 individus (BCN329, 330, 331, 332,

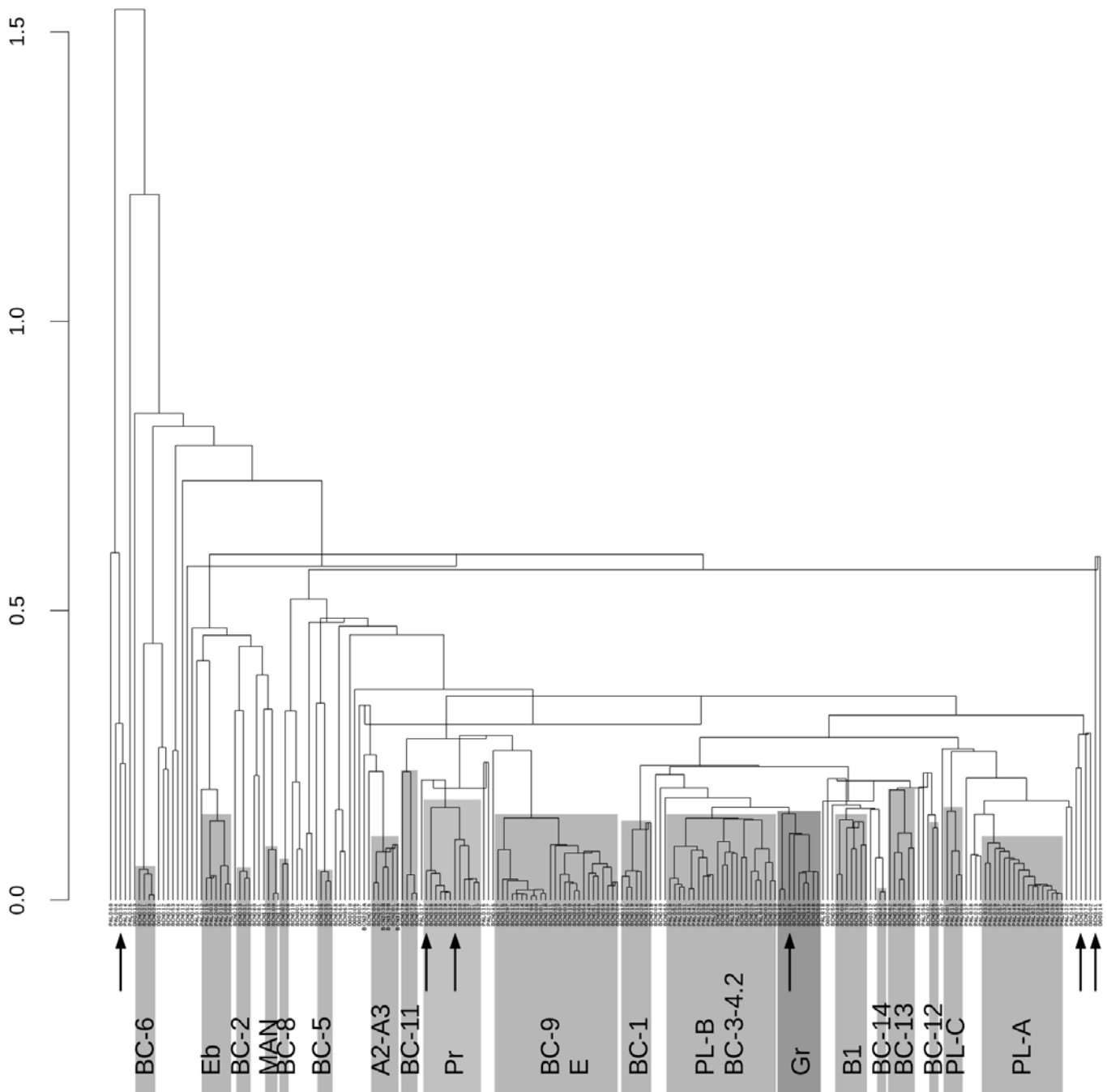


Figura 13

Dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupaments, realitzat amb la distància euclidiana al quadrat i l'algorisme aglomeratiu del centroide, sobre la subcomposició MgO, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, V, Fe₂O₃, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Ce i Th en transformació clr. Les fletxes indiquen individus concrets comentats en el text.

	Gr (n = 8)		Pr (n = 10)		BCN342	BCN343	BCN328	BCN335	BCN340	BCN341
	x	s	x	s						
Na ₂ O (%)	3.68 (0.98)*	2.55 (0.02)*	1.14	0.08	1.34	1.55	0.84	0.58	1.77	0.37
MgO (%)	1.41	0.11	1.02	0.08	1.06	0.89	1.5	2.75	1.39	0.93
Al ₂ O ₃ (%)	18.35	0.46	16.64	0.38	17.16	16.71	19.07	17.51	16.24	21.18
SiO ₂ (%)	64.38 (66.81)*	2.39 (0.85)*	70.3	0.58	69.24	70.13	60.94	54.94	70.58	63.92
P ₂ O ₅ (%)	0.06	0.02	0.08	0.02	0.13	0.07	0.14	0.25	0.18	0.27
K ₂ O (%)	3.49	0.49	3.45	0.07	3.77	4.05	3.89	3.52	3.52	2.67
CaO (%)	0.97	0.19	1.13	0.24	0.97	1.16	5.31	12.88	1.66	4.74
TiO ₂ (%)	0.72	0.03	0.73	0.05	0.67	0.56	0.87	0.74	0.7	0.82
V (µg g-1)	103	8	91	8	87	68	118	110	83	110
Cr (µg g-1)	55	9	64	8	48	47	118	81	51	82
MnO (%)	0.05	0.01	0.08	0.01	0.05	0.03	0.06	0.07	0.04	0.04
Fe ₂ O ₃ (%)	6.69	0.4	5.26	0.32	5.45	4.69	7.18	6.53	3.74	4.91
Ni (µg g-1)	21	6	26	3	20	17	42	35	17	40
Cu (µg g-1)	531 (30)*	568 (10)*	18	2	27	26	29	23	24	18
Zn (µg g-1)	67	11	74	4	71	54	140	117	114	97
Ga (µg g-1)	21	1	20	1	21	19	24	22	19	25
Rb (µg g-1)	123	21	124	7	123	127	146	149	114	120
Sr (µg g-1)	90	6	92	8	85	90	100	377	128	177
Y (µg g-1)	26	3	29	4	30	23	35	29	31	33
Zr (µg g-1)	195	20	224	17	226	197	245	172	224	177
Nb (µg g-1)	12	1	14	2	13	11	17	15	13	14
Ba (µg g-1)	538	35	742	97	640	758	677	917	673	447
Ce (µg g-1)	72	7	76	7	75	63	85	77	73	101
Pb (µg g-1)	69	60	31	1	33	33	41	28	39	32
Th (µg g-1)	18	1	16	1	18	17	19	18	15	17

336, 337 i 338) presenten una TCE que es pot estimar com a inferior a 900 °C–950 °C. La intensitat dels pics de fil·losilicats és especialment important en l'individu BCN336 que és, molt probablement, el que es troba a una TCE més baixa del conjunt. Les difraccions dels individus BCN342 i 343 no presenten espinel·la, però sí hematites, cosa que explica el seu color vermellós, clarament diferenciat de l'aspecte dels materials del taller de Pedralbes. Amb tot, la manca d'individus de comparació no permet una estimació segura de la seva TCE. Una situació completament diferent la trobem en estudiar la difracció de la tègula BCN328, apareguda en les excavacions del taller de Pedralbes però que no correspon a un material del taller. En aquest cas, no s'observen pics de fil·losilicats del grup de les miques. Junt amb el quars, el feldespat alcalí i la plagiòclasi en destaquen els intensos pics d'hercinita. La seva cristallització es produeix a alta temperatura i en ambients de forta reducció i explica el color gris-negre

Taula 2

En valors normalitzats, mitjanes (x) i desviacions estàndard (s) dels dos grups definits, així com els valors dels individus aïllats. *: valors calculats només per al tres gresols BCN344, 346 i 349 no afectats pels enriquiments deguts a l'ús (s'inclou el SiO₂ no perquè estigui afectat, sinó perquè l'enriquiment, especialment en Na₂O, implica un descens en la resta d'elements, essent el SiO₂ el més afectat).

d'aquest material. La TCE que es pot estimar és superior als 950 °C–1000°C i podria tractar-se d'una sobrecoccio en un ambient altament reductor. Evidentment, també l'individu BCN335, que correspon a una producció calcària, presenta igualment una difracció completament diferent. En aquest cas cal destacar que al costat dels pics de fil·losilicats dels grups de les miques i la calcita s'observa el piroxè i, especialment, la gehlenita. Aquests dos darrers minerals, però molt especialment la gehlenita, es poden

considerar fases de cocció i permeten estimar una TCE en el rang 850 °C–900 °C a 950 °C–1000 °C.

Els altres dos individus de comparació (taula 1), BCN340 i 341, presenten composicions (taula 2) clarament diferenciades de les dels materials del taller de Pedralbes i de les dels gresols, però també de la de qualsevol altre material conegut fins el present, tal i com s'evidència per la seva posició marginal en el dendrograma (indicada per les dues fletxes que es troben a la dreta del dendrograma de la fig. 13). Les difraccions d'aquests dos individus són molt diferents entre sí. En el cas de l'individu BCN340 no s'hi observen clares fases de cocció i, a manca d'elements comparatius, no es pot estimar cap TCE amb seguretat més enllà de trobar-se per sota dels 950 °C–1000 °C pel manteniment dels pics de fil·losilicats del grup de les miques. L'individu BCN341, però, presenta un difractograma molt diferent on només s'identifiquen clarament el quarz, els fil·losilicats del grup de les miques i la calcita, que cal relacionar amb el contingut de CaO, lleugerament superior a la de la major part dels materials estudiats (taula 2). En cap cas no es pot identificar clarament la presència de feldespat alcalí ni de plagiòclasi, fet aquest darrer que es pot relacionar amb la baixa concentració en Na₂O. Finalment, cal destacar igualment el contingut alt en Al₂O₃ que es podria relacionar amb una presència en la matèria primera de caolinita, el que explicaria la singularitat d'aquest material en el conjunt estudiat. La TCE es pot estimar en aquest cas com a inferior als 800 °C–850 °C, en el cas que la calcita sigui primària.

Finalment, és important destacar també que les dues peces, BCN053 i 54, referides anteriorment com a possibles cassoles altes amb dues nanses i parets acanalades, representen produccions diferenciades entre elles. Així, l'individu BCN053 és un individu aïllat sense cap relació amb cap altra individu considerat, mentre que el BCN054 es troba en el grup BC-9/E. Aquest grup que ara observem inclou d'una banda els materials del taller del carrer de Carders (E) (Di Febo *et alii*, 2012) i el grup BC-9 definit en l'estudi de les ceràmiques espatulades d'època carolíngia i format pels individus BCN051, 54, 55, 59 i 60 (Buxeda, Cau, 2006), als que ara se'ls uneix l'individu BCN049. Amb tot, aquest grup corresponia als materials tardans que no formaven directament part de l'estudi de materials carolingis i que només es van emprar a títol de comparació. Una observació detallada de les composicions dels materials del taller del carrer de Carders i d'aquest grup BC-9, permet veure que les

darreres presenten uns continguts de CaO lleugerament superiors, però que les similituds composicionals són suficientment importants com per pensar que es tracta de produccions ceràmiques que exploten, possiblement, les mateixes matèries primeres o, en tot cas, materials molt similars i necessàriament relacionats. En aquest cas, es podria presentar com a molt probable un origen local per als materials del grup BC-9.

Conclusions

L'estudi arqueomètric ha permès identificar que els gresols estudiats són, probablement, una producció homogènia, tot i que es necessita encara d'una mostra més gran per a poder assegurar aquest extrem. Aquesta possible producció homogènia no es correspon a cap altra coneguda fins el present i, per ara, tampoc no es pot dir res sobre la seva provinença. En l'estat actual dels treballs no es pot descartar que siguin produccions locals i regionals o que es tracti de materials importats.

Els quatre individus de comparació (BCN340 a 343), així com els materials apareguts en les excavacions del taller de Pedralbes, que inclouen fins a 10 individus del propi taller, que permeten definir el seu grup de referència, i dos altres individus que queden aïllats, no presenten similituds amb els gresols estudiats, però sí que hi ha dos individus (BCN342 i 343) que presenten clares similituds amb els materials del taller de Pedralbes.

A més, aquest estudi ha permès també relacionar el grup BC-9, de materials tardans dels segles VI-VII, i que possiblement arriba al segle VIII, amb els materials del taller del carrer de Carders (no amb el taller mateix), però permetent la identificació d'aquests materials com a producció local de Barcelona.

Des del punt de vista tècnic, els gresols estan fets a partir d'argiles il·lítiques que no són les més indicades per a tractaments tèrmics ja que no es poden considerar com a materials refractaris. Amb tot, per a la seva elaboració s'han preparat unes pastes poc calcàries que, un cop cuites, aporten una alta resistència mecànica i una microestructura densa, amb poca porositat. Cal dir, però, no s'han determinat tampoc les seves propietats tèrmiques per a poder avaluar millor les seves característiques d'acompliment.

Els gresols presenten originàriament unes baixes temperatures de cocció, inferiors a les del seu ús, que és el treball d'argenteria. Els treballs que es desenvolupen amb aquests gresols impliquen, amb tota seguretat, la fosa de

la plata i, molt possiblement, el seu aliatge amb el coure. En aquest procés és evident la utilització de sal, o d'alguna altra font de sodi, per tal que actuï com a font facilitant la tasca de l'argenter, tal i com suggereix el text de Teòfil. Aquest ús implica uns enriquiments molt importants en sodi dels gresols, especialment en la seva base, que va igualment acompanyat per la fixació de traces de plata i coure. Tant l'important enriquiment de sodi com, especialment, la cristallització finalment de la nefelina i, possiblement, de la cancrinita indiquen clarament un ús repetitiu dels gresols que tindrien així una vida efectiva segurament llarga. En aquest sentit, cal remarcar que la TCE estimada no és necessàriament la temperatura màxima a la que van arribar els gresols, ja que altres paràmetres com la durada de la cocció també intervenen en el resultat final en els materials tal i com els observem avui dia. Així, la repetició de cicles de cocció deu contribuir de manera significativa a una estimació d'una major TCE, sense que impliqui efectivament el haver arribat a temperatures més elevades. Això és especialment així davant la utilització de sodi en el treball de la plata, ja que aquest àlcali actuaria com a font afavorint les transformacions induïdes per la cocció a temperatures més baixes de les habituals.

L'existència de gresols amb baixes TCE que podrien no haver estat utilitzats és difícil d'interpretar, però no és excepcional i s'han observat altres casos en els quals els mestres s'han desplaçat als llocs de treball portant els seus propis gresols –nous i sense haver estat utilitzats–, i només algun d'ells ha estat emprat en el lloc de destinació degut a que, molt probablement, els treballs han estat menys importants del que s'havia estimat en un inici¹⁷.

Aquesta activitat d'argentera sembla relacionar-se amb altres activitats de caire exclusiu com les que suggereix la presència de latzurita en els contextos de deposició d'aquests gresols. Aquest material, tant si es va emprar com a pigment com si es va emprar com a fàrmac implica la capacitat d'adquirir materials singulars i molt valuosos. Ambdues coses, apunten possiblement a unes activitats,

artesanals o d'experts, d'alt valor i exclusives que es podrien posar en relació amb el centre de poder que suposa la residència del *wali* durant el període islàmic de la ciutat i que s'ha situat al propi jaciment de la Plaça del Rei, al subsòl del Tinell (Beltrán de Heredia, 2013).

És evident que el principal resultat de l'estudi és la identificació d'uns possibles tallers d'argentera lligats al centre de poder, en uns àmbits que no són aliens a la presència de latzurita, un material rar i exclusiu en aquest moment i que és una troballa singular. Amb tot, els mecanismes lligats a aquesta producció, el seu ús concret i l'adequació dels gresols i la tècnica dels argentera necessiten encara d'una avaluació més profunda, que es troba actualment desenvolupant-se en una nova fase d'estudi.

17. Això ha estat observat a Santa María la Antigua del Darién (Colòmbia) a inicis del segle XVI. Els resultats que afecten als gresols que es van dur a aquesta primera ciutat fundada a l'Amèrica continental no han estat encara publicats però van ser presentats en un congrés (Buxeda i Garrigós, J.; Madrid i Fernández, M.; Ferrer, S.G.; Alzate Gallego, A. "Santa María de la Antigua del Darién (Colòmbia). A first archaeometric approach to the material culture". *38th International Symposium on Archaeometry ISA 2010, May 10th - 14th, 2010 Tampa, Florida*).

BIBLIOGRAFIA

AITCHISON, J. 1986. *The Statistical Analysis of Compositional Data*. Chapman and Hall. London.

BELTRÁN DE HEREDIA BERCERO, J. 2005. "Las producciones locales e importaciones de cerámica común del yacimiento de la plaza del Rey de Barcelona, entre la época visigoda y el período islámico. Siglos VI-VIII". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*. Època II, 1. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 68-89.

BELTRÁN 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 de Barcelona*. Època II, 2. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 108-139.

BELTRÁN DE HEREDIA BERCERO, J. 2013. "Barcelona de colònia romana a *sede regia* visigoda, medina islàmica i ciutat comtal: una *urbs* en transformació". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*. Època II, 9. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 16-118.

BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1999. "Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The Perturbation Problem". *Journal of Archaeological Science*, 26. pp. 295-313.

BUXEDA I GARRIGÓS, J. 2010. *La Caracterització arqueomètrica de la ceràmica de Terra Sigillata Hispanica Avançada de la ciutat romana de Clunia i la seva contrastació amb la Terra Sigillata Hispanica d'un centre productor contemporani, el taller d'Abella*. TDX Tesis Doctorals en xarxa, Universitat de Barcelona. [consulta: 10 de febrer del 2018]. <http://www.tdx.cat/handle/10803/2609>

BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M. A. 2004. "Caracterització arqueomètrica de les produccions tardanes del jaciment d'Iluro". *Laietana*, 15. pp. 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 de Barcelona*. Època II, 1. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 90-99.

BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M. A. 2006. "Caracterització arqueomètrica de les ceràmiques espatulades de la plaça del Rei de Barcelona". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*. Època II, 2. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 140-151.

BUXEDA I GARRIGÓS, J.; IÑÁÑEZ, J. G.; CAPELLI, C. 2009. "La producció de ceràmica comuna vidriada del taller del carrer de l'Hospital al segle XIII a partir de la seva caracterització arqueomètrica". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*. Època II, 5. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 202-215.

BUXEDA I GARRIGÓS, J.; IÑÁÑEZ, J. G.; MADRID I FERNÁNDEZ, M.; BELTRÁN DE HEREDIA BERCERO, J. 2011. "La ceràmica de Barcelona. Organització i producció entre els segles XIII i XVIII a través de la seva caracterització arqueomètrica". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*. Època II, 7. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 192-207.

BUXEDA I GARRIGÓS, J.; KILIKOGLU, V. 2003. "Total variation as a measure of variability in chemical data sets". *A Patterns and Process. A Festschrift in honor of Dr. Edward V. Sayre* (L. van Zelst, ed.). Smithsonian Center for Materials Research and Education. Suitland, Maryland. pp. 185-198.

BUXEDA I GARRIGÓS, J.; MADRID I FERNÁNDEZ, M. 2016. "Designing Rigorous Research: Integrating Science and Archaeology". *A The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (A. M. W. Hunt, ed.). Oxford Handbooks in Archaeology. Oxford University Press. Oxford. pp. 19-47.

CAU ONTIVEROS, M. A. 2003. *Ceràmica tardorromana de cocina de las Islas Baleares. Estudio arqueométrico*. BAR International Series 1182. Archaeopress. Oxford.

DI FEBBO, R.; MADRID I FERNÁNDEZ, M.; CAPELLI, C.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; IÑÁÑEZ, J. G.; CABELLA, R. 2012. "Noves dades sobre la producció de ceràmica medieval de Barcelona. La caracterització arqueomètrica del taller del carrer de Carders". *Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*. Època II, 8. Museu d'Història de Barcelona. Institut de Cultura. Barcelona. pp. 150-164.

FRISON, G.; BRUN, G. 2016. "Lapis lazuli, lazurite, ultramarine 'blue', and the colour term 'azure' up to the 13th century". *Journal of the International Colour Association*, 16. pp. 41-55.

GARCIA BIOSCA, J. E.; MACIAS SOLÉ, J. M.; REYES BELMUNT, T. 1993. "Intervencions arqueològiques a l'àrea del monestir de Pedralbes". *III Congrés d'Història de Barcelona*. Tomo 1. pp. 139-144.

GUTIÉRREZ LLORET, S. 2015. "Early Al-Andalus: An Archaeological approach to the process of islamization in the Iberian Península (7th to 10th centuries)". *New directions in early medieval european archaeology: Spain and Italy compared* (Sauro Gelichi, Richard Hodges, ed.). pp. 43-86.

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. pp. 542-553.

MACIAS, J. M^a 1999. *La ceràmica comuna tardoantiga a Tàrraco. Anàlisi tipològica i històrica (segles V-VII)*. Monografies Tarraconenses, 1. Tarragona.

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. pp. 263-269.

MANIATIS, Y.; SIMOPOULOS, A.; KOSTIKAS, A.; PERDIKATIS, 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. pp. 773-781.

MARTÍN-FERNÁNDEZ, J. A.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. 2015. "Logratio Analysis in Archeometry: Principles and Methods". A *Mathematics and Archaeology* (J. A. Barceló i I. Bogdanovic, ed.). Science Publishers. Boca Raton. pp. 178-189.

R CORE TEAM, 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [en línia]. [Consulta: 20 de gener de 2018]. <http://www.R-project.org>

TEÒFIL, *De diuersis artibus* (SEGARRÉS GISBERT, M. 2015. *De diuersis artibus de Teòfil: Edició, traducció al català i comentari*. TDX Tesis Doctorals en xarxa, Universitat de Barcelona. [consulta: 10 de febrer del 2018]. <http://www.tdx.cat/handle/10803/396122>

TITE, M. S.; MANIATIS, Y.; MEEKS, N. D.; BIMSON, M.; HUGHES, M. J.; LEPPARD, S. C. 1982. "Technological Studies of Ancient Ceramics from the Near East, Aegean and Southeast Europe". A *The evolution of the first fire-using industries* (T. A. Wertime i S. F. Wertime, ed.). Smithsonian Institution Press. Washington. pp. 61-71.

WHITNEY, D. L.; EVANS, B. W. 2010. "Abbreviations for names of rock-forming minerals". *American Mineralogist*, 95. pp. 185-187.