

MÉTODOLOGIES

La pisa de Barcelona: una aproximació arqueomètrica al seu estudi

Javier G. Iñáñez¹ / Jaume Buxeda² / Marisol Madrid³

InanezJ@si.edu / jbuxeda@ub.edu / mmadrid@ub.edu

¹ Museum Conservation Institute, Smithsonian Institution² ARQUUB (Cultura Material i Arqueometria UB), Dept. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona³ GRACPE (Grup de Recerca d'Arqueologia Clàssica, Protohistòrica i Egípcia), Dept. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona

Introducció. La pisa de Barcelona, una producció documentada però de coneixement desigual

Sobre l'activitat ceramista a Barcelona disposem actualment d'una vasta documentació històrica procedent d'arxius notariais i comercials, inventaris i testaments, especialment, des del segle XIV. Al segle XIV, la ceràmica feta amb un vidrat estannífer, o pisa, rebia el nom d'obra blanca i constituïa la vaixel·la fina, generalment decorada amb verd i manganès. Segons la documentació, aquesta obra blanca era produïda pels ollers o gerrers blancs, dels quals el més antic conegut és Pere de Pla (1357) (RIU 2005). L'any 1404 es va constituir la Confraria de Sant Hipòlit, que agrupava els diversos ceramistes (diferenciats en gerrers, ollers i rajolers), cosa que va consolidar i desenvolupar les confraries i gremis d'ollers que ja s'havien iniciat al segle XIII. Aquesta Confraria es regulava a partir de les *Ordinacions d'ollers, gerres i rajolers*, i ha llegat una gran quantitat de documents relacionats amb la seva activitat (RIU 1990). Posteriorment, l'any 1450, es documenta la presència de productors de pisa daurada (CERDÀ 2001), anomenats blanquers, i posteriorment escudellers, d'entre els quals s'esmenta *Pere Axameno* (Eiximeno). A aquest mestre valencià, Pere Eiximeno o Eiximinis, de Mislata, se li va encomanar l'elaboració de peces "a la manera de Manises" el 1461. Aquest document podria provar l'existència, tot i que potser incipient a causa de la posterior revocació del contracte (LLUBIÀ 1967), d'una producció barcelonina de pisa decorada amb reflex metàl·lic⁴. Concretament sobre la producció de reflex metàl·lic a Barcelona s'ha de destacar el manuscrit conservat a l'Arxiu de la Catedral de Barcelona, *Llibre de les fornades*, el qual proporciona una gran quantitat de dades referents a les activitats del mestre ceramista Nicolau Reyner, des del 1514 fins al 1519, del qual Ainaud de Lasarte (1941) fa un extens estudi.

La importància dels escudellers de Barcelona queda finalment reflectida en la disputa que aquests varen tenir amb els ollers, gerrers i rajolers, que va dur a la creació del gremi dels escudellers, concedit el 1531 i confirmat per Carles V el 1538 (RIU 1990, 2005). En aquest mateix sentit, també s'ha donat a conèixer un contracte signat a Reus el 1548 entre l'escudeller Baltasar Oliver i un aprenent de Falset, pel qual el mestre es comprometia a ensenyar-li l'ofici de "scudeller segons ús y pràctica de Barcelona", fet que testimonia aquesta importància assolida per la pisa barcelonina, com a mínim al Principat. En aquest context, cal destacar el cens realitzat per Cerdà (2001) sobre els ceramistes de pisa, o majòlica, de Barcelona, a partir de la documentació existent, i que ha donat referència de més de 600 escudellers en el període comprès entre 1450 i 1650, la gran majoria d'origen català.

A més de la documentació escrita, també és important la informació obtinguda per la toponímia, i especialment en nuclis urbans, la dels noms dels carrers. En aquest sentit, cal recordar la pervivència, a l'actual nucli antic de Barcelona, del carrer dels Tallers, on s'agrupaven els productors d'obra basta i edificia, així com dels anomenats d'Escudellers, d'Escudellers Blancs i d'Obradors, anteriorment anomenats dels Ollers i dels Ollers Blancs, on es trobaven aquells artesans d'obra més fina i decorada. Aquests darrers carrers se situen en la zona de l'anomenat Turó dels Ollers, d'on probablement ja es proveïen d'argiles els ceramistes des d'època romana. A més, el portal de Trentaclus, a l'actual pla del Teatre, prop d'aquesta zona d'activitat ceràmica, era també conegut com el Portal dels Ollers. El coneixement que es té avui dia de la pisa barcelonina, quant a produccions, formes, decoracions, etc., ha avançat de manera significativa⁶, però resten per resoldre qüestions relacionades amb la tecnologia

de producció, l'evolució d'aquesta tecnologia, l'aprovisionament i el tractament de les matèries primeres o les diferències de qualitats entre els diversos tallers existents a la ciutat de Barcelona. Per aquest motiu, s'ha iniciat un programa de caracterització arqueomètrica de la pisa de Barcelona, del qual aquest treball presenta uns primers resultats⁶.

Contextos arqueològics estudiats

Fins a l'actualitat s'han estudiat 100 individus ceràmics que pertanyen a les produccions de verd i manganès, pisa decorada en blau i reflex metàl·lic, amb cronologies que abasten des del segle XIV fins al segle XVII. D'aquests, 15 procedeixen de l'església de Santa Maria del Pi (segle XIV), 27 de l'abocador de les Drassanes (segle XVI) i 8 de les voltes de l'antic Hospital de la Santa Creu (segle XVII). A més, també s'han considerat diversos individus procedents de centres receptors que podrien tenir un origen barceloní, com són 10 individus procedents de Girona (segle XIV) i un grup de 39 individus procedents de Mataró. Igualment, també s'ha tingut en compte en aquest estudi una ceràmica procedent de les excavacions arqueològiques de l'antic convent de San Francisco de les Palmes de Gran Canària (segle XVI) (taula 1).

El primer dels conjunts estudiats procedeix de les reformes de l'església de Santa Maria del Pi, realitzades a mitjan segle XX, que van proporcionar l'aparició d'un lot de ceràmiques amb decoració en verd i manganès a les seves voltes com a material de descàrrega, les quals van poder ésser datades al segle XIV per inferència de la cronologia documentada de la construcció de l'església (RIU 1992; IÑÁÑEZ 2007). Cal pensar que la utilització de ceràmiques en els forjaments dels sostres dels grans edificis era una tècnica constructiva molt emprada especialment durant l'edat mitjana i moderna per tal d'alleugerir el pes dels sostres (BELTRÁN DE HEREDIA 2006).

El segon conjunt constitueix una de les troballes arqueològiques més importants sobre pisa a Barcelona. Aquestes peces es van trobar l'any 1917 durant unes obres a les muralles de les Drassanes de Barcelona, construïdes entre el segle XIV i XV i

amb diverses ampliacions als segles XVI i XVII. En aquests treballs es van exhumar una gran quantitat de majòliques decorades, moltes daurades, procedents probablement dels forns barcelonins i datades des de finals del segle XVI fins a mitjan XVII. Sabem per la documentació existent que una gran quantitat de rebuigs ceràmics havien estat llençats a la Rambla durant molt de temps pels ceramistes de la zona del carrer Escudellers, fins que, per edicte de l'Ajuntament de l'any 1700, es manà que s'utilitzessin per farcir els terraplens de la muralla, des de la porta de les Drassanes fins a les torres de Sant Pau (RIU 1990). En aquest mateix sentit, existia des de l'any 1916 el precedent de la troballa d'alguns fragments d'aquestes ceràmiques a l'avinguda del Paral·lel, molt a prop del passeig de Colom (CIRICI 1977).

Finalment, el tercer conjunt estudiat de la ciutat de Barcelona correspon a les voltes de l'actual Biblioteca de Catalunya, les quals formaven part originària de l'antic Hospital de la Santa Creu. De l'Hospital de la Santa Creu s'havien recuperat ja conjunts ceràmics l'any 1949 i uns nous treballs l'any 1992 van permetre la realització d'unes excavacions arqueològiques modernes que proporcionaren un important conjunt tancat de pisos suposadament barcelonines, la majoria de les quals presentaven defectes de fabricació o havien estat amortitzades (MIRÓ 2000). L'Hospital de la Santa Creu era un edifici dedicat a activitats de beneficència i sanitat, construït al segle XV, tot i que s'hi afegiren diferents ales i estructures adjacents durant els segles XVI i XVIII. El conjunt dels materials es farcia les voltes i carcanyols de la sala de Reserva de l'Hospital. Les voltes estudiades d'aquesta sala van ésser construïdes al segle XVII i van ésser reblides entre el 1600 i el 1670. Tot i que també s'ha trobat material ceràmic residual anterior al segle XVII a l'anivellament del sòl de la sala, com ara ceràmiques en verd i manganès i també en reflex metàl·lic (possiblement del segle XVI), la majoria de les ceràmiques són datades al segle XVII. Aquestes són majoritàriament terrisses, tot i que també hi ha un nombre considerable de pisos decorades en blau i policromes (MIRÓ 2000).

Pel que fa als conjunts dels centres receptors, el primer dels aquí considerats és un dipòsit aparegut a les excavacions de la plaça Gran de Mataró. Amb motiu de la remodelació d'aquesta plaça, l'any 1981 es van portar a terme uns sondeigs davant la possibilitat que hi haguessin restes arqueològiques. La troballa de restes de diverses èpoques va portar a una excavació d'urgència, l'any següent, que va permetre la identificació d'una domus romana i de diverses construccions medievals i modernes. Entre aquestes últimes, destaca un petit dipòsit que va proporcionar un gran conjunt ceràmic, disposat en quatre estrats formats en abocaments successius. El darrer abocament, del qual procedeixen les ceràmiques aquí estudiades, es data cap al tercer quart del segle XVII (CERDÀ 2001).

El conjunt de Girona procedeix del fons del Museu de la Ceràmica de Barcelona i no hi ha referència al seu origen. Els materials aquí estudiats corresponen a peces de pisa decorada en verd i manganès datades al segle XIV.

Finalment, el darrer dels conjunts considerats és l'antic convent de San Francisco de Las Palmas (Gran Canària, illes Canàries). Aquest convent és la primera fundació de l'orde franciscà a les illes Canàries durant la seva conquesta, a finals del segle XV. L'any 1992, es van iniciar les excavacions arqueològiques en aquest convent, per iniciativa del Museo Canario de Las Palmas

4 Per a una discussió més aprofundida vegeu Ainaud de Lasarte (1941) i (1952), BATLLORI I LLUBIÀ (1974), CIRICI (1977), AINAUD DE LASARTE (1981), CASANOVAS (1984) i TELESE (1991)

5 Vegeu especialment TELESE (1991) i CERDÀ (2001), amb un estat de la qüestió.

6 Les anàlisis per FRX, DRX i MER-ER-EDX s'han realitzat als Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona. El present treball s'emmarca en el projecte CERAMED finançat per la Comunitat Europea (ICA-3-CT-2002-10018). Agraïm al Museu de la Ceràmica de Barcelona, i especialment a la seva cap de Conservació, M. Antònia Casanovas, el fet d'haver-nos proporcionat gran part de les ceràmiques necessàries per a la confecció d'aquest treball. També agraïm al Museu d'Història de la Ciutat i, en especial, a Julia Beltrán de Heredia i Isabel Fernández, la seva col·laboració en cedir-nos algunes de les peces estudiades i els seus valuosos comentaris. Igualment, volem agrair al Sr. Josep Antoni Cerdà la seva aportació a aquest treball. Agraïm al Museo Canario, al Gobierno de Canarias i Elena Sosa la col·laboració en l'estudi de la ceràmica procedent del convent de San Francisco. Finalment, agraïm al Dr. M.D. Glascock les facilitats per treballar a l'Archaeometry Laboratory del Missouri University Research Reactor. Javier G. Iñáñez agraïeix l'ajut del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu, així com a la Smithsonian Institution i el seu programa de beques d'investigació.

de Gran Canaria, gràcies a les quals es va descobrir una gran quantitat de pisa espanyola, italiana i portuguesa que es data entre els segles *xv* i *xvii* (Sosa 2004).

Metodologia, mostreig i rutina analítica

Els individus ceràmics que componen aquest estudi han estat caracteritzats químicament i mineralògicament mitjançant la fluorescència de raigs X (FRX), l'anàlisi per activació neutrònica (AAN) i la difracció de raigs X (DRX). D'acord amb els resultats i les diferents decoracions, es va seleccionar un grup d'individus per estudiar-los mitjançant la microscòpia electrònica de rastreig, amb detector d'electrons retrodispersats, acoblat a una microanàlisi per dispersió d'energies de raigs X (MER-ER-EDX). Per a la seva caracterització arqueomètrica, els individus han estat despresos de les capes superficials; posteriorment són polvoritzats i homogeneïtzats mitjançant un molí de boles amb cel·la de carbur de tungstè. La composició química del material mitjançant la fluorescència de raigs X (FRX) s'ha dut a terme 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 PerI'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. Les concentracions elementals s'han determinat amb un espectrofotòmetre Philips PW 2400, amb font d'excitació de Rh, i amb una recta de calibratge configurada amb 60 patrons (estàndards geològics internacionals). Així, s'han determinat els elements: Fe₂O₃ (com Fe total), Al₂O₃, MnO, P₂O₅, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, SiO₂, 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 detallada descripció de les condicions analítiques, la precisió i l'exactitud ha estat ja publicada (Hein *et al.* 2002).

La composició mineralògica de 99 dels individus ha estat estudiada mitjançant la difracció de raigs X (DRX). S'ha agafat la pols dels espècimens prèviament preparats, s'ha emprat un difractòmetre Siemens D-500 i s'ha treballat amb la radiació K α del Cu ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), 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 fet entre 4 i 70°2 θ amb una mida de pas de 0.05°2 θ i un temps de comptatge de 3 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). L'individu MJ0293 no va ésser estudiat per DRX per qüestions logístiques durant la realització d'aquest estudi.

La preparació i l'anàlisi de les 36 mostres seleccionades per l'AAN es va dur a terme a l'Archaeometry Laboratory of the Missouri University Research Reactor (MURR, EEUU). El procediment analític per AAN al MURR consisteix en un doble procés per a cada individu ceràmic analitzat. Per una banda es pesaren 150 mg de mostra molturada i prèviament assecada a 100 °C durant 24 h en recipients nets de polietilè d'alta densitat emprats per a les

irradiacions curtes. Alhora, es pesaren 200 mg de cada mostra en recipients de quars de gran puresa emprats per a les irradiacions llargues. Ambdós envasos foren segellats adequadament abans de les seves respectives irradiacions. Conjuntament amb les mostres desconeegudes, es prepararen de manera semblant estàndards de materials de referència certificats pel National Institute of Standards and Technology (NIST) de SRM-1633a (cendres de carbó) i SRM-688 (roca basàltica). A més, van ésser preparats d'igual manera mostres de control de qualitat, com el SRM-278 (obsidiana) i l'argila vermella d'Ohio (estàndard desenvolupat per a usos interns).

L'anàlisi per AAN de ceràmica al MURR consisteix en dues irradiacions, una curta i una d'altra de llarga, i en un total de tres lectures de raigs gamma, que determinen un total de 33 elements químics. La irradiació curta es realitza mitjançant un sistema pneumàtic de tubs. Així, les mostres que es troben dins dels recipients són irradiades de dos en dos cada vegada durant 5 s per un flux de neutrons de $8 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. La posterior lectura de 720 s proporciona espectres gamma que contenen pics per a 9 elements de vida mitjana curta: Al, Ba, Ca, Dy, K, Mn, Na, Ti i V. D'altra banda, la irradiació llarga es realitza sobre les mostres encapsulades en els envasos de quars de gran puresa durant 24 h amb un flux de neutrons de $5 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Aquesta irradiació llarga es pot considerar anàloga a la irradiació única emprada en la majoria de laboratoris. Després de la irradiació, les mostres han de "refredar-se" durant 7 dies. Posteriorment es fa una lectura de 2000 s (anomenada lectura mitjana) en un detector d'alta resolució de Ge hiperpur unit a un canviador automàtic de mostres. Aquesta lectura mitjana proporciona determinacions per a 7 elements amb vida mitjana: As, La, Lu, Nd, Sm, U i Yb. Després de 3 o 4 setmanes de refredament addicional es fa una lectura final de 8500 s per a cada mostra. Aquesta darrera lectura detecta 17 elements de vida mitjana llarga: Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Ni, Rb, Sb, Sc, Sr, Ta, Tb, Th, Zn, Zr (GLASCOCK *et al.* 2007).

Finalment, a partir dels resultats de FRX, d'AAN i de DRX, es van seleccionar un total de 7 individus (DIA535, DIA536, DIA865, DIA078 i DIA87 de reflex metàl·lic; i dos amb decoració groga i blava DIA643 i DIA652) per al seu estudi per MER-ER-EDX. Les observacions es van fer sobre seccions polides de la peça, mitjançant un microscopi Leica Stereoscan S-360 equipat amb un sistema quantitatiu de microanàlisi per a dispersió d'energies de raigs X (EDX) INCA Energy Sèrie 200 d'Oxford Instruments. Les ceràmiques, adherides al portamostres, s'han fet conductores amb plata col·loidal als costats de la superfície observada i recobertes amb una capa de carboni en una atmosfera d'alt buit. S'ha treballat amb un voltatge d'acceleració de 20 kV, una intensitat en el feix d'1 nA, una distància de treball de 25 mm i, típicament, a 2000X.

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 han estat tractats mitjançant tècniques estadístiques seguint les consideracions d'Aitchison sobre dades composicionals (AITCHISON 1986, BUXEDA 1999), i s'ha emprat la transformació en logaritmes de raons segons

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

Ic	Decoració	Cronologia	Procedència	FRX	DRX	AAN	Provinença
DIAX82	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIAX84	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIAX85	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIAX86	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIAX87	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIAX88	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIAX89	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIAX90	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
MJ0087	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-PI
MJ0088	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-PI
MJ0089	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-PI
MJ0090	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-DR
MJ0091	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-DR
MJ0092	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-PI
MJ0093	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-PI
MJ0094	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-DR
MJ0095	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-DR
MJ0096	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-PI
MJ0097	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x	x	BCN-DR
MJ0098	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x		BCN-PI
MJ0099	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x		BCN-PI
MJ0100	Verd-Manganes	XIV	Sta. Maria del Pi	x	x		BCN-DR
MJ0101	Blava	XIV?	Sta. Maria del Pi	x	x		BCN-DR
MJ0102	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0103	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0104	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x	x	BCN-DR
MJ0105	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0106	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0107	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0108	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0109	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0110	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x	x	BCN-DR
MJ0111	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0112	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0113	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0114	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0115	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x	x	BCN-DR
MJ0116	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0117	Blava	XVI-XVIII	Drassanes	x	x		BCN-DR
MJ0189	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x	x	BCN-PI
MJ0190	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x	x	BCN-DR
MJ0191	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x		BCN-PI
MJ0192	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x		BCN-PI
MJ0193	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x	x	BCN-DR
MJ0194	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x		BCN-PI
MJ0195	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x		BCN-PI
MJ0196	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x		BCN-PI
MJ0197	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x	x	BCN-DR
MJ0198	Verd-Manganes	XIV	Girona	x	x	x	BCN-DR
MJ0293	Blava	XVI	S. Francisco (LP)	x	x		BCN-SC

Ic	Decoració	Cronologia	Procedència	FRX	DRX	AAN	Provinença
DIA069	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIA070	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA071	Blava	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIA072	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA073	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA075	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA076	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIA077	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA078	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIA079	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA080	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA424	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA425	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA426	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA427	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA428	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA429	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA430	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA432	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA433	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA534	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA535	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA536	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA537	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA538	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA539	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA540	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-SC
DIA541	Reflex Metàlic	XVII	Hospital Sta. Creu	x	x	x	BCN-DR
DIA643	Blava	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIA644	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA645	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA647	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA649	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA650	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA651	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA652	Blava	XVII	Mataró	x	x	x	BCN-DR
DIA753	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA754	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA755	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA756	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA757	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA758	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA759	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA762	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA864	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x	x	BCN-DR
DIA865	Reflex Metàlic	XVI	Drassanes	x	x		BCN-DR
DIA966	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA967	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA968	Blava	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR
DIA981	Reflex Metàlic	XVII	Mataró	x	x		BCN-DR

Taula 1. Resum del individus estudiats d'acord a la seva procedència arqueològica, tècniques analítiques emprades i provenença suggerida. Totes les decoracions es troben aplicades sobre fons blanc.

FRXvar	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	Ba	Nb	Zr	Sr	Ce	V	Zn	Cu	Ni	Cr
Fe ₂ O ₃	0.00	0.00	0.01	0.78	0.00	0.02	0.08	0.31	0.11	0.00	0.03	0.06	0.01	0.03	0.02	0.01	0.05	0.34	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.01	0.74	0.00	0.01	0.06	0.31	0.11	0.00	0.03	0.08	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.35	0.01	0.01
MnO	0.01	0.01	0.00	0.77	0.01	0.03	0.08	0.33	0.11	0.01	0.04	0.08	0.02	0.04	0.03	0.02	0.06	0.33	0.02	0.01
P ₂ O ₅	0.78	0.74	0.77	0.00	0.77	0.78	0.77	1.01	0.91	0.75	0.78	1.12	0.86	0.78	0.75	0.78	0.57	1.15	0.78	0.84
TiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.77	0.00	0.02	0.07	0.31	0.11	0.00	0.03	0.07	0.01	0.03	0.02	0.00	0.05	0.34	0.01	0.00
MgO	0.02	0.01	0.03	0.78	0.02	0.00	0.05	0.30	0.14	0.02	0.06	0.10	0.04	0.02	0.03	0.01	0.05	0.38	0.01	0.02
CaO	0.08	0.06	0.08	0.77	0.07	0.05	0.00	0.36	0.22	0.07	0.13	0.20	0.10	0.04	0.10	0.07	0.10	0.50	0.06	0.10
Na ₂ O	0.31	0.31	0.33	1.01	0.31	0.30	0.36	0.00	0.73	0.31	0.41	0.48	0.36	0.37	0.35	0.28	0.28	0.76	0.28	0.32
K ₂ O	0.11	0.11	0.11	0.91	0.11	0.14	0.22	0.73	0.00	0.11	0.08	0.11	0.11	0.13	0.11	0.13	0.18	0.38	0.14	0.11
SiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.75	0.00	0.02	0.07	0.31	0.11	0.00	0.03	0.07	0.01	0.03	0.02	0.00	0.04	0.34	0.01	0.01
Ba	0.03	0.03	0.04	0.78	0.03	0.06	0.13	0.41	0.08	0.03	0.00	0.07	0.04	0.06	0.03	0.04	0.07	0.34	0.05	0.03
Nb	0.06	0.08	0.08	1.12	0.07	0.10	0.20	0.48	0.11	0.07	0.07	0.00	0.05	0.09	0.08	0.08	0.16	0.30	0.09	0.05
Zr	0.01	0.02	0.02	0.86	0.01	0.04	0.10	0.36	0.11	0.01	0.04	0.05	0.00	0.04	0.02	0.02	0.07	0.33	0.02	0.01
Sr	0.03	0.02	0.04	0.78	0.03	0.02	0.04	0.37	0.13	0.03	0.06	0.09	0.04	0.00	0.04	0.03	0.06	0.36	0.03	0.03
Ce	0.02	0.02	0.03	0.75	0.02	0.03	0.10	0.35	0.11	0.02	0.03	0.08	0.02	0.04	0.00	0.02	0.06	0.37	0.03	0.02
V	0.01	0.00	0.02	0.78	0.00	0.01	0.07	0.28	0.13	0.00	0.04	0.08	0.02	0.03	0.02	0.00	0.05	0.36	0.01	0.01
Zn	0.05	0.04	0.06	0.57	0.05	0.05	0.10	0.28	0.18	0.04	0.07	0.16	0.07	0.06	0.06	0.05	0.00	0.35	0.05	0.06
Cu	0.34	0.35	0.33	1.15	0.34	0.38	0.50	0.76	0.38	0.34	0.34	0.30	0.33	0.36	0.37	0.36	0.35	0.00	0.38	0.33
Ni	0.01	0.01	0.02	0.78	0.01	0.01	0.06	0.28	0.14	0.01	0.05	0.09	0.02	0.03	0.03	0.01	0.05	0.38	0.00	0.02
Cr	0.00	0.01	0.01	0.84	0.00	0.02	0.10	0.32	0.11	0.01	0.03	0.05	0.01	0.03	0.02	0.01	0.06	0.33	0.02	0.00
T.i	1.88	1.83	2.01	15.68	1.86	2.09	3.16	7.85	4.03	1.84	2.34	3.32	2.12	2.22	2.10	1.92	2.34	7.99	2.00	1.97
vt/r.i	0.94	0.96	0.88	0.11	0.95	0.85	0.56	0.22	0.44	0.96	0.75	0.53	0.83	0.80	0.84	0.92	0.75	0.22	0.88	0.89
r v, T	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00	0.98	0.91	0.95	1.00	0.99	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	1.00	1.00
vt	1.76																			

← Taula 2. Matriu de variació composicional dels 99 individus caracteritzats per FRX.

→ Taula 3. Mitjana i desviació standard de les dades normalitzades obtingudes per FRX dels 3 grups identificats a Barcelona (ppm = parts per milió). *: en parèntesi, valors calculats emprant els individuals que no mostren anàlisis en els seus difractograms per DRX (BCN-DR, n=17; BCN-PI, n=4).

	BCN-DR (n=72)		BCN-SC (n = 7)		BCN-PI (n=13)	
	Mitjana	Desv. Est.	Mitjana	Desv. Est.	Mitjana	Desv. Est.
Fe ₂ O ₃ (wt%)	5.34	0.32	4.65	0.21	5.83	0.20
Al ₂ O ₃ (wt %)	15.66	0.45	14.40	0.56	15.81	0.25
MnO (wt %)	0.07	0.01	0.06	0.00	0.08	0.01
P ₂ O ₅ (wt %)	0.74	0.62	0.63	0.80	0.28	0.17
TiO ₂ (wt %)	0.70	0.03	0.63	0.03	0.76	0.02
MgO (wt %)	2.22	0.18	1.93	0.15	1.96	0.09
CaO (wt %)	15.88	1.53	25.45	2.54	11.20	1.23
Na ₂ O (wt %)	1.32 (0.63)*	0.68 (0.40)*	0.54	0.09	0.82 (0.68)*	0.23 (0.02)*
K ₂ O (wt %)	3.09 (4.34)*	1.01 (0.46)*	2.59	0.30	3.86 (4.11)*	0.38 (0.18)*
SiO ₂ (wt %)	54.85	1.16	49.01	1.46	59.25	0.94
Ba (ppm)	439.00	71.00	331.00	27.00	481.00	32.00
Nb (ppm)	13.00	4.00	9.00	1.00	18.00	0.00
Zr (ppm)	178.00	16.00	174.00	10.00	231.00	12.00
Sr (ppm)	171.00	17.00	203.00	19.00	156.00	10.00
Ce (ppm)	62.00	8.00	50.00	6.00	69.00	7.00
V (ppm)	81.00	5.00	71.00	6.00	83.00	4.00
Zn (ppm)	129.00	17.00	101.00	6.00	118.00	13.00
Cu (ppm)	66.00	52.00	52.00	24.00	104.00	46.00
Ni (ppm)	38.00	3.00	34.00	3.00	36.00	2.00
Cr (ppm)	67.00	6.00	56.00	3.00	78.00	4.00

Els components Mo i Sn no han estat considerats per indeterminacions i imprecisions analítiques, mentre que el W i el Co han estat exclosos per les possibles contaminacions derivades del procés de polvorització. Tampoc no ha estat considerat el valor de la PAF. A més, i pel que fa a les dades de FRX, tots els individus analitzats presenten unes concentracions atípicament altes de Pb que responen a contaminacions de la difusió dels vidrats en les matrius ceràmiques, i per això aquest element tampoc no ha estat pres en consideració. Aquestes altes concentracions de Pb són sempre per sobre de les 900 parts per milió (ppm) (1 ppm = 0.0001%) i fins i tot superior a les 11000 ppm. En aquestes circumstàncies, amb un límit superior de regressió al voltant de les 900 ppm, segons les actuals condicions analítiques, les interferències del Pb no poden ésser degudament corregides i els valors d'elements com l'Y, el Rb i, especialment, el Ga es troben interferits. Així, doncs, aquests elements tampoc no han estat considerats. Igualment, s'ha descartat emprar el Th, ja que els seus valors poden estar afectats, per bé que en menor manera, per aquestes interferències del Pb (IÑÁÑEZ 2007, IÑÁÑEZ *et al.* 2007). Igualment, tampoc no han estat considerats el P₂O₅ ni el Cu, ja que molts individus presenten concentracions altes que semblen correspondre a contaminacions. Finalment, en el cas de l'AAN, a més del Co, tampoc no s'ha considerat el Ni per imprecisions analítiques.

Caracterització química

En el tractament estadístic, les dades obtingudes de la caracterització per FRX dels 99 individus ceràmics (Ic) van ésser transformades en logaritmes de raons seguint el procediment

exposat anteriorment a partir de la següent subcomposició: Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Ba, Nb, Zn, Sr, Ce, V, Zn, Ni and Cr, i es va emprar el SiO₂ com a divisor ja que, segons la matriu de variació, aquest mostra la contribució més petita a la variabilitat química (BUXEDA I KILIKOGLU 2003).

La matriu de variació composicional (taula 2), que permet quantificar la variació total (vt) existent a la matriu de dades, així com investigar l'origen d'aquesta variabilitat, presenta una variació total que es pot considerar alta (vt = 1.76) i permet pensar en un origen poligènic per a la mostra en estudi (BUXEDA I KILIKOGLU 2003). L'origen de la variació composicional és degut principalment a les variacions relatives dels components P₂O₅, Na₂O, K₂O i Cu (vt/ τ .i.<0.5) (vt/ τ .i.<0.5, és a dir 50%). Igualment, s'observa com és el SiO₂ el component que aporta menys variació al conjunt de les dades (vt/ τ .i.=0.96); només un 4% de la variabilitat al conjunt de les dades. Conseqüentment, el SiO₂ s'ha escollit com a divisor per a la transformació en logaritmes de raons.

Els resultats poden resumir-se en el dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament elaborat sobre la subcomposició prèvia, emprant la distància Euclidiana al quadrat i el mètode aglomeratiu del centroides realitzat amb el programa S-plus2000 (MATHSOFT 1999). No s'han tingut en compte el Na₂O i el K₂O, ja que aquests elements es veien afectats per un procés d'alteració i contaminació durant l'etapa d'enterrament de les ceràmiques. Aquest doble procés, documentat en un gran nombre dels individus analitzats, comporta la pèrdua de K₂O i Rb, i la subsegüent cristal·lització d'analcima, amb un enriquiment de Na₂O (BUXEDA *et al.* 2001, BUXEDA *et al.* 2002, SCHWEDT *et al.* 2006).

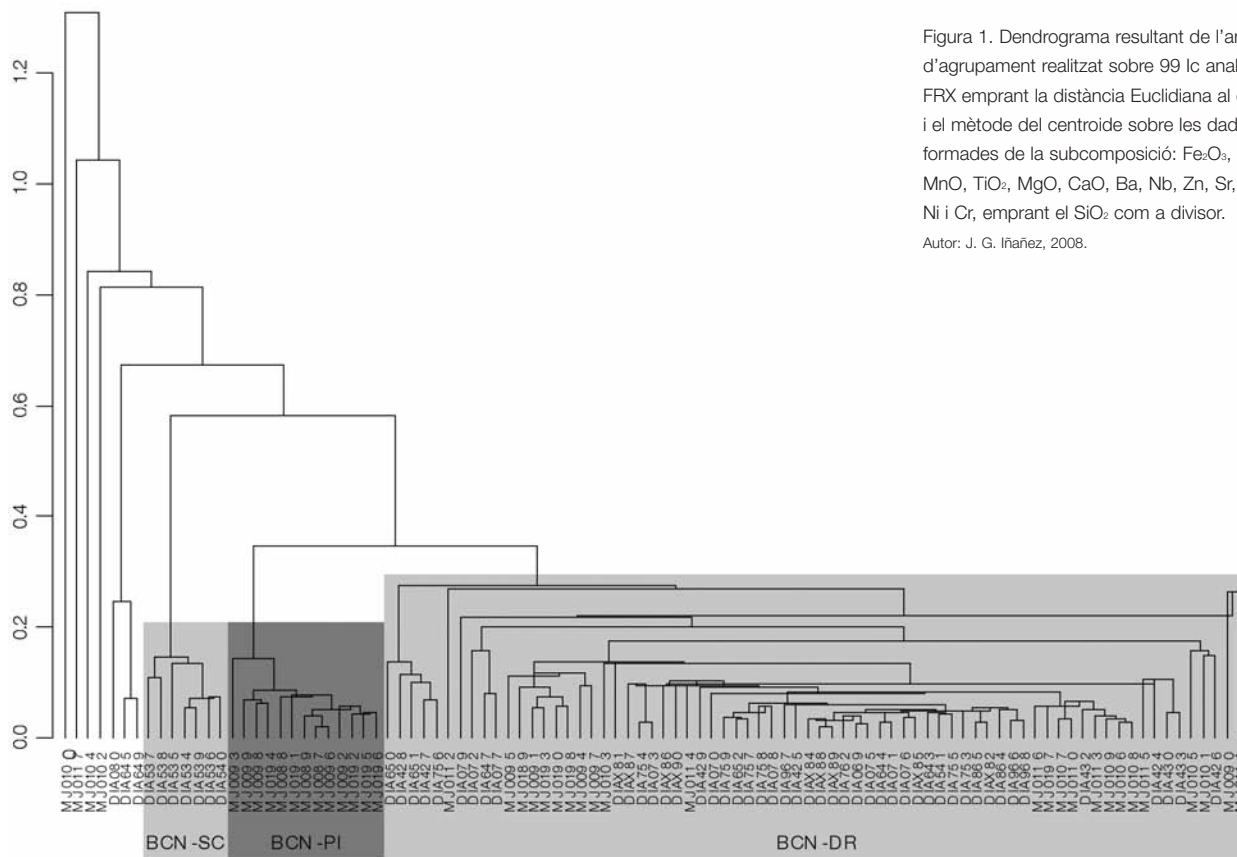


Figura 1. Dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament realitzat sobre 99 lc analitzats per FRX emprant la distància Euclidiana al quadrat i el mètode del centroide sobre les dades transformades de la subcomposició: Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Ba, Nb, Zn, Sr, Ce, V, Zn, Ni i Cr, emprant el SiO₂ com a divisor.

Autor: J. G. Iñáñez, 2008.

El dendrograma mostra una estructura clara identificada en tres grups: BCN-SC, BCN-PI i BCN-DR, i 7 individus situats a l'esquerra del gràfic que no s'ajunten a cap grup (Figura 1). Les diferències químiques entre els tres grups principals són degudes sobretot als seus continguts diferenciats en CaO. Tot i aquesta estructura, la composició química de tots els individus presenta una gran homogeneïtat. Això pot estar relacionat amb el paper que jugaven els gremis, els quals, segons els documents legals i comercials, proporcionaven als seus agremiats els materials necessaris per tal de preparar la pasta que s'empraria en la fabricació de les pises. Tot i això, no es pot excloure que cada taller o grup de tallers empresin la seva pròpia recepta sobre la base d'argila proporcionada pel gremi segons la seva pròpia tradició. En aquest cas, els ceramistes dels tallers o grups de tallers representats pels grups de referència de BCN-SC, BCN-PI i BCN-DR podrien haver manipulat unes mateixes matèries primeres segons les seves pròpies tradicions artesanes particulars.

Si centrem la nostra atenció en les agrupacions identificades veurem que la més gran és BCN-DR, formada per 72 individus. D'aquests, 24 individus procedeixen de l'abocador de les Drassanes mateix i 1 de l'antic Hospital de la Santa Creu; es daten en el segle XVII i tots ells estan decorats amb reflex metàl·lic. 6 individus són de l'excavació de l'església de Santa Maria del Pi, amb una cronologia del segle XIV. D'aquests, 1 individu té una decoració basada en motius blaus, mentre que els 5 restants tenen decoració en verd i negre. 36 individus procedeixen del centre receptor de Mataró i estan datats en el segle XVII. D'aquests, 13 tenen decoració de motius blaus, mentre que 23 la tenen de reflex metàl·lic. Finalment, 5 individus classificats arqueològicament com de Girona tenen una crono-

logia del segle XIV i presenten decoració en verd i negre. El grup de BCN-PI agrupa 8 individus procedents de Santa Maria del Pi i 5 de Girona. Tots els individus estan datats en el segle XIV i presenten decoracions en verd i negre. La diferència principal entre el grup BCN-DR i el BCN-PI està en una fase sorrenca més abundant d'aquest últim, que presenta, per tant, uns valors més elevats en SiO₂ i Zr, així com un valor més baix en CaO que el grup BCN-DR. Finalment, el grup de BCN-SC està compost per 7 individus procedents del mateix Hospital de la Santa Creu. Aquests individus estan datats en el segle XVII i presenten decoració de reflex metàl·lic.

Finalment, en el dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament es poden distingir 7 individus a l'esquerra, els quals sembla que podrien pertànyer al grup de BCN-DR, tot i que presenten petites diferències químiques. En aquest sentit, es destaca l'individu MJ0104, el qual presenta uns alts continguts en Ba (1008 ppm) que doblen els valors mitjans de la resta d'individus (taula 3). Aquest fet podria estar relacionat, possiblement, amb una contaminació postdeposicional.

Els resultats químics obtinguts de la caracterització per AAN sobre 35 individus seleccionats de Barcelona, prèviament analitzats per FRX, i 1 de l'antic convent de San Francisco de Las Palmas de Gran Canària, només analitzat per AAN (taula 1), mostren una alta concordança amb els resultats de FRX, tot i les diferències d'elements determinats. Per al tractament estadístic, les dades es van transformar en logaritmes de raons seguint el procediment exposat anteriorment a partir de la següent subcomposició: As, La, Lu, Nd, Sm, U, Yb, Ce, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Rb, Sb, Sc, Sr, Ta, Tb, Zn, Zr, Al, Ba, Ca, Dy, K, Mn, Na, Ti i V; i s'empra el Th com a divisor, ja que, segons la matriu de variació,

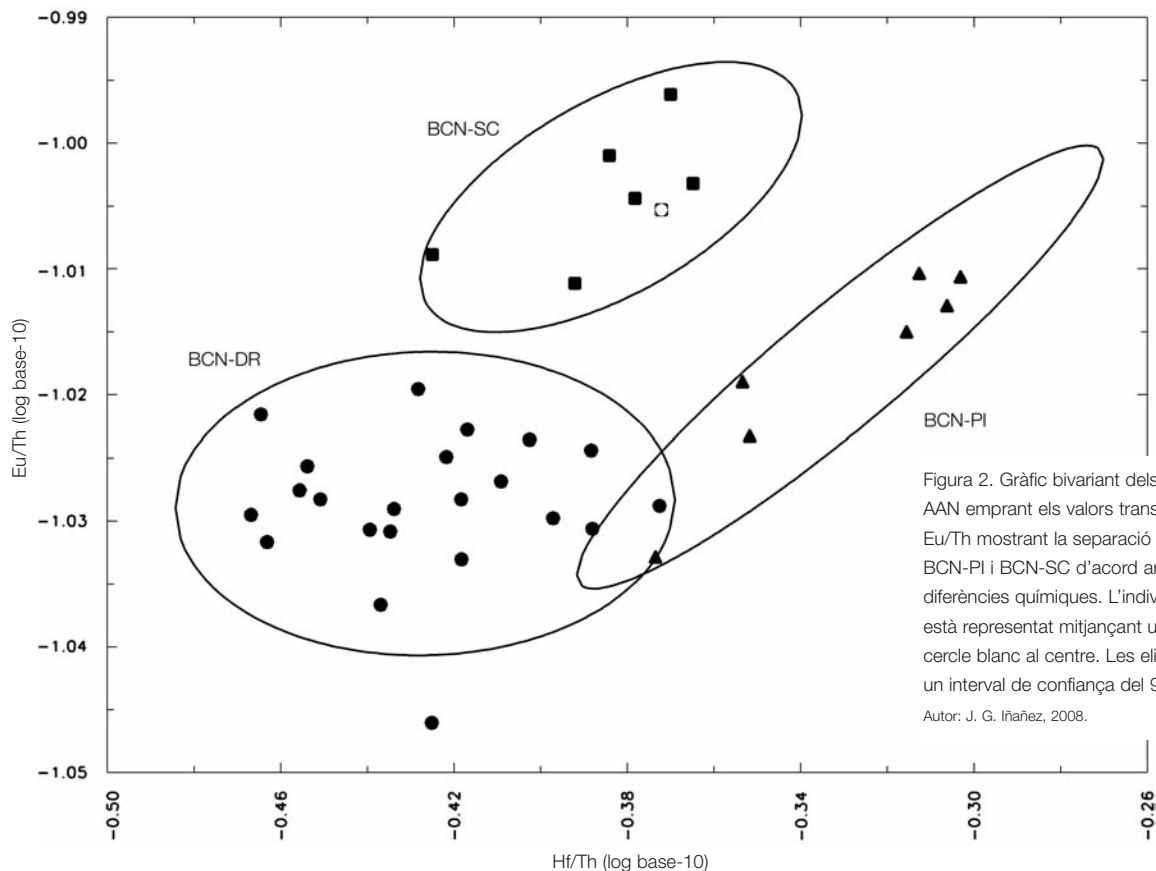


Figura 2. Gràfic bivariant dels 36 lc analitzats per AAN emprant els valors transformats de Hf/Th i Eu/Th mostrant la separació dels grups BCN-DR, BCN-PI i BCN-SC d'acord amb les seves diferències químiques. L'individu MJ0293 està representat mitjançant un quadrat amb un cercle blanc al centre. Les elipsis representen un interval de confiança del 90%.
Autor: J. G. Iñáñez, 2008.

aquest mostra la contribució més petita a la variabilitat química (BUXEDA I KILIKOGLU 2003). La variació total observada en el càlcul de la matriu de variació composicional sobre els 35 lc de Barcelona caracteritzats per AAN és de 1.29, valor alt que correspondria a una mostra poligenètica. Els components responsables per a la majoria d'aquesta variabilitat són sobretot As, Rb, Sb, K, Na, Sr, Cs i Ca ($vt/\tau .i < 0.5$) (taula 4). D'altra banda, el component que introdueix una variació més baixa en la matriu de dades sense tenir en compte les variables anteriors és el Th ($vt/\tau .i = 0.98$), que aporta així menys del 2% de la variabilitat al conjunt de les dades. Conseqüentment, el Th és la variable més idònia per ésser escollit com a divisor per a la transformació en logaritmes de raons del conjunt de les dades.

Els resultats poden resumir-se en el gràfic bivariant que resulta de l'anàlisi d'agrupament realitzat sobre la subcomposició prèvia emprant els valors transformats en logaritmes de raons de Hf i Eu i utilitzant el Th com a divisor. No s'han tingut en compte el Na, el K i el Rb ja que aquests elements es veien afectats per un doble procés d'alteració i contaminació, el qual ja ha estat comentat prèviament. L'estudi de l'anàlisi d'agrupament bivariant mostra una estructura clara identificada en 3 grups: BCN-SC, BCN-PI i BCN-DR (figura 2). Les principals diferències químiques (taula 5) entre aquests grups són degudes sobretot als valors més elevats de Ca i Sr, i més baixos de Cs dels 7 lc que formen el grup BCN-SC respecte als altres dos. En aquest sentit, és interessant destacar l'adscripció de l'individu MJ0293, procedent del jaciment canari del convent de San Francisco, al grup BCN-SC, fet que podria fer replantejar el rol que jugà el grup BCN-SC en la producció ceràmica de la ciutat de Barcelona durant l'edat moderna. Tot i això, caldrà una investigació més àmplia que permeti concretar més

sobre aquest punt. D'altra banda, la composició química de tots els individus que formen els grups BCN-DR i BCN-PI és força homogènia, donada la proximitat d'ambdós grups en l'anàlisi d'agrupament. No obstant això, les quantitats més elevades de Zr i lleugerament més baixes de Ca i Sr per al grup BCN-PI permeten diferenciar les ceràmiques pertanyents a aquest darrer grup d'aquelles del grup BCN-DR. La semblança química existent entre els individus dels grups BCN-DR i BCN-PI podria estar relacionada amb el paper que jugaven els gremis en els processos productius medievals i postmedievals, tal com ja s'ha comentat anteriorment. En aquest sentit, es podria confirmar com a plausible el fet que les tres grans agrupacions identificades en la caracterització de materials barcelonins van emprar unes matèries primeres molt similars o iguals, així com una manipulació a l'hora de preparar la pasta per a la ceràmica molt semblant.

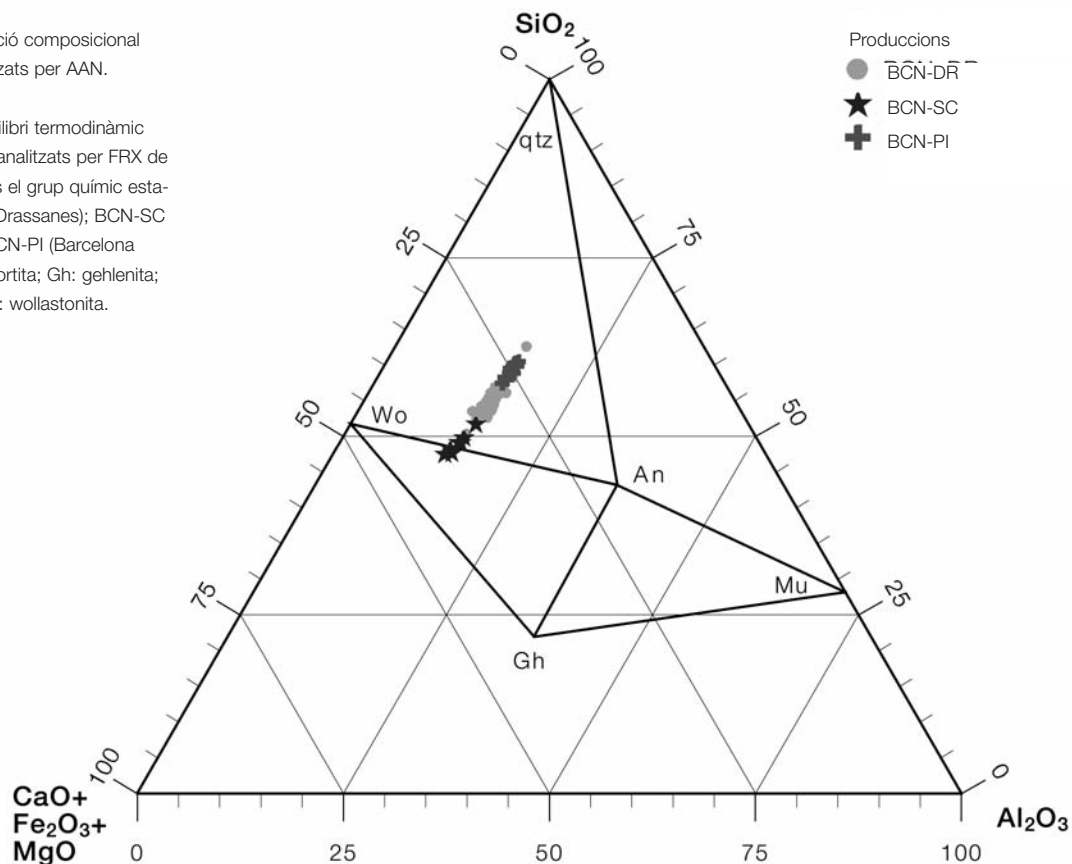
Caracterització mineralògica

Tecnològicament, tots els individus de Barcelona considerats en aquest treball són calcaris. Els continguts en CaO, resultat probablement de l'abundància de calcita (CaCO_3), són molt importants per tal d'aconseguir un color rosat o cremós per a la matriu ceràmica (MOLERA *et al.* 1998). Aquest color clar és desitjat per tal d'evitar un senyal massa fort de la pasta en el vidrat. Així s'aconsegueix ressaltar la decoració. A més, segons els documents històrics, l'òxid d'estany emprat per fer opaca la coberta vidrada de les pises, era un producte en general car. Per aquest motiu, es pot pensar que els ceramistes buscaven un color clar per a la pasta per tal d'estalviar partícules d'òxid d'estany en el procés de preparació del vidrat.

← Taula 4. Matriu de variació composicional dels 36 individus caracteritzats per AAN.

→ Figura 3. Triangle d'equilibri termodinàmic corresponent als individus analitzats per FRX de Barcelona agrupats segons el grup químic establert: BCN-DR (Barcelona Drassanes); BCN-SC (Barcelona Santa Creu) i BCN-PI (Barcelona Santa Maria del Pi). An: anortita; Gh: gehlenita; Mu: mullita; qtz: quars; Wo: wollastonita.

Autor: J. G. Iñáñez, 2008.



Mineralògicament, la situació dels individus caracteritzats de la mostra de Barcelona es pot observar en el sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ (figura 3). En aquest diagrama triangular es pot observar com tots els individus d'aquesta producció estan ubicats en el triangle d'equilibri ternari quars-anortita-wollastonita, excepte un que es troba ubicat en el triangle quars-anortita-mullita. Això significa que, partint d'un magma amb la composició d'aquests individus, el seu refredament portaria a la cristallització d'aquests quatre minerals. Evidentment, en l'estudi de les ceràmiques no es parteix d'un magma, sinó d'una pasta composta per minerals argilosos i d'altres, que formen part tant de la fase argilosa com de les partícules no plàstiques o desgreixants. A mesura que la temperatura augmenta durant la cocció, les fases minerals primàries començaran un procés de descomposició que tindrà com a resultat la formació d'una fase vítria i la cristallització de fases cristal·lines d'alta temperatura. D'aquesta manera, com més alta sigui la temperatura durant la cocció, les fases que cristal·litzen durant aquest procés més s'aproximaran a aquelles que formen el seu triangle d'equilibri termodinàmic (MAGGETTI 1981, HEIMANN 1989).

L'avaluació de les fases minerals permet establir la temperatura de cocció equivalent (TCE), la qual correspondrà a la temperatura més alta aconseguida durant el procés de cocció, que podria constar d'una o més coccions. L'estudi dels difractograms de DRX de les ceràmiques que componen la mostra del centre productor de Barcelona mostra que la TCE per a les pises barcelonines es troba normalment en el rang dels 1000-1050°C. Tot i així, l'estudi mineralògic ha permès identificar quatre fàbriques segons les associacions de fases cristal·lines observades i d'acord amb els tres grups químics establerts per provenença, BCN-DR, BCN-SC i BCN-PI. Aquestes fàbriques

es corresponen amb diferències tecnològiques relacionades amb diferents temperatures de cocció per a cada fàbrica (taula 6). Així, la fàbrica Fa (figura 4, superior esquerra), representada pel difractograma de l'lc DIA754, presenta una associació de fases cristal·lines de fil·losilicats, o minerals d'argila, del grup de les il·lites-moscovites, quars, feldspat alcalí, plagiòclasi, calcita, hematites, piroxè i gehlenita. Aquesta associació de fases cristal·lines permet estimar una temperatura de cocció equivalent (TCE) en el rang dels 850 a 950/1000°C, ja que la presència de gehlenita i del piroxè, probables fases de cocció, indica que es va superar la temperatura dels 850°C, mentre que la presència encara de les il·lites-moscovites permet estimar que no es va sobrepassar els 950-1000°C.

La fàbrica Fb, representada per l'lc DIA537 (figura 4 superior dreta), presenta una total descomposició de la calcita juntament amb la presència de wollastonita. La TCE es pot estimar en el rang de 950-1000°C, mentre que possiblement la cristallització de la wollastonita es pugui posar en relació amb una durada més llarga de la cocció que permetria la total reacció del CaO produït per la descomposició de la calcita (BUXEDA I CAU 1995). Cal destacar que aquesta fàbrica només ha estat identificada en dos individus del grup de BCN-SC.

La fàbrica Fc, juntament amb la seva variant amb analcima (Fc-anl) presenta diferències respecte de les fàbriques Fa i Fb, que poden ésser observades en el difractograma de l'individu DIA539 (figura 4, centre esquerra). En destaquen la total descomposició de les il·lites-muscovites, el desenvolupament de fases de cocció, com els piroxens i gehlenita, així com la cristallització de plagiòclasi, probablement anortita. A més, un nombre important d'individus, agrupats en la

Elements	BCN-DR (n=22)		BCN-PI (n=7)		BCN-SC (n=7)	
	Mitjana	Desv. Est.	Mitjana	Desv. Est.	Mitjana	Desv. Est.
As (ppm)	20.22	11.29	16.91	1.79	32.70	14.15
La (ppm)	38.78	1.53	41.40	0.78	35.84	1.88
Lu (ppm)	0.40	0.03	0.43	0.02	0.36	0.02
Nd (ppm)	33.51	2.08	34.77	1.65	31.30	2.35
Sm (ppm)	6.84	0.29	7.35	0.13	6.33	0.36
U (ppm)	3.38	0.34	3.41	0.26	2.52	0.47
Yb (ppm)	2.96	0.18	3.32	0.27	2.68	0.22
Ce (ppm)	77.15	3.58	85.03	5.01	72.09	3.82
Co (ppm)	15.81	4.61	16.27	1.71	17.90	3.97
Cr (ppm)	69.13	4.61	72.98	1.97	62.47	5.05
Cs (ppm)	17.96	2.45	17.57	1.48	6.45	1.66
Eu (ppm)	1.27	0.05	1.36	0.03	1.19	0.06
Fe (%)	3.52	0.22	3.77	0.09	3.14	0.20
Hf (ppm)	5.07	0.34	6.60	0.39	4.98	0.22
Ni (ppm)	27.95	27.34	31.11	24.21	14.01	24.15
Rb (ppm)	223.78	21.00	210.25	9.25	104.83	24.85
Sb (ppm)	3.15	2.26	2.24	0.12	4.45	4.94
Sc (ppm)	13.55	0.65	13.90	0.39	12.12	0.84
Sr (ppm)	165.17	40.41	127.15	13.65	220.51	28.63
Ta (ppm)	1.21	0.08	1.27	0.03	1.04	0.08
Tb (ppm)	0.93	0.09	0.99	0.10	0.82	0.06
Th (ppm)	13.52	0.60	14.12	0.31	12.06	0.67
Zn (ppm)	117.46	19.60	112.19	15.82	93.70	10.20
Zr (ppm)	126.43	18.60	162.75	23.94	129.72	20.69
Al (%)	7.54	0.34	7.64	0.24	6.70	0.42
Ba (ppm)	541.51	136.96	484.83	52.98	361.25	42.53
Ca (%)	10.84	1.08	8.30	0.83	16.78	1.23
Dy (ppm)	4.88	0.26	5.06	0.19	4.46	0.38
K (%)	2.67	0.76	2.78	0.30	1.80	0.35
Mn (ppm)	568.61	48.06	671.50	75.11	506.85	26.33
Na (%)	0.59	0.35	0.53	0.16	0.37	0.12
Ti (%)	0.38	0.05	0.40	0.03	0.35	0.02
V (ppm)	94.57	7.49	99.68	8.69	87.28	13.86

Taula 5. Mitjana i desviació standard de les dades normalitzades obtingudes per AAN dels 3 grups identificats a Barcelona (ppm = parts per milió).

72 variant Fc-anl, com l'individu DIA426, presenten també analcima com a fase secundària (figura 4 centre dreta), la qual està relacionada amb els alts continguts de Na₂O i baixos de K₂O, detectats a les seves composicions químiques, tal com s'ha discutit prèviament. Igualment, s'ha de destacar la presència de leucita, feldspatoide potàssic, la cristallització del qual no permet observar adequadament si tot el feldspat potàssic inicial s'ha descompost o no. La cristallització de la leucita, amb la presència encara de gehlenita, permet estimar una TCE entre 1000 - 1050°C.

Finalment, la fàbrica Fd, representada pel lc DIA430 (figura 4 inferior), tot i presentar grans paral·lelismes amb la fàbrica Fc, mostra com la gehlenita es troba totalment descomposta. A més, tots els lc d'aquesta fàbrica presenten analcima secundària en el seus difractogrames, amb pics molt intensos, fet relacionat amb l'existència d'una fase vítria important i la concurrència de processos d'alteració en les ceràmiques calcàries, tal com ja s'ha comentat anteriorment. Aquestes característiques permeten estimar una TCE al voltant dels 1050°C. Igualment, és interessant destacar el fet que l'lc DIA430 presenta en el seu

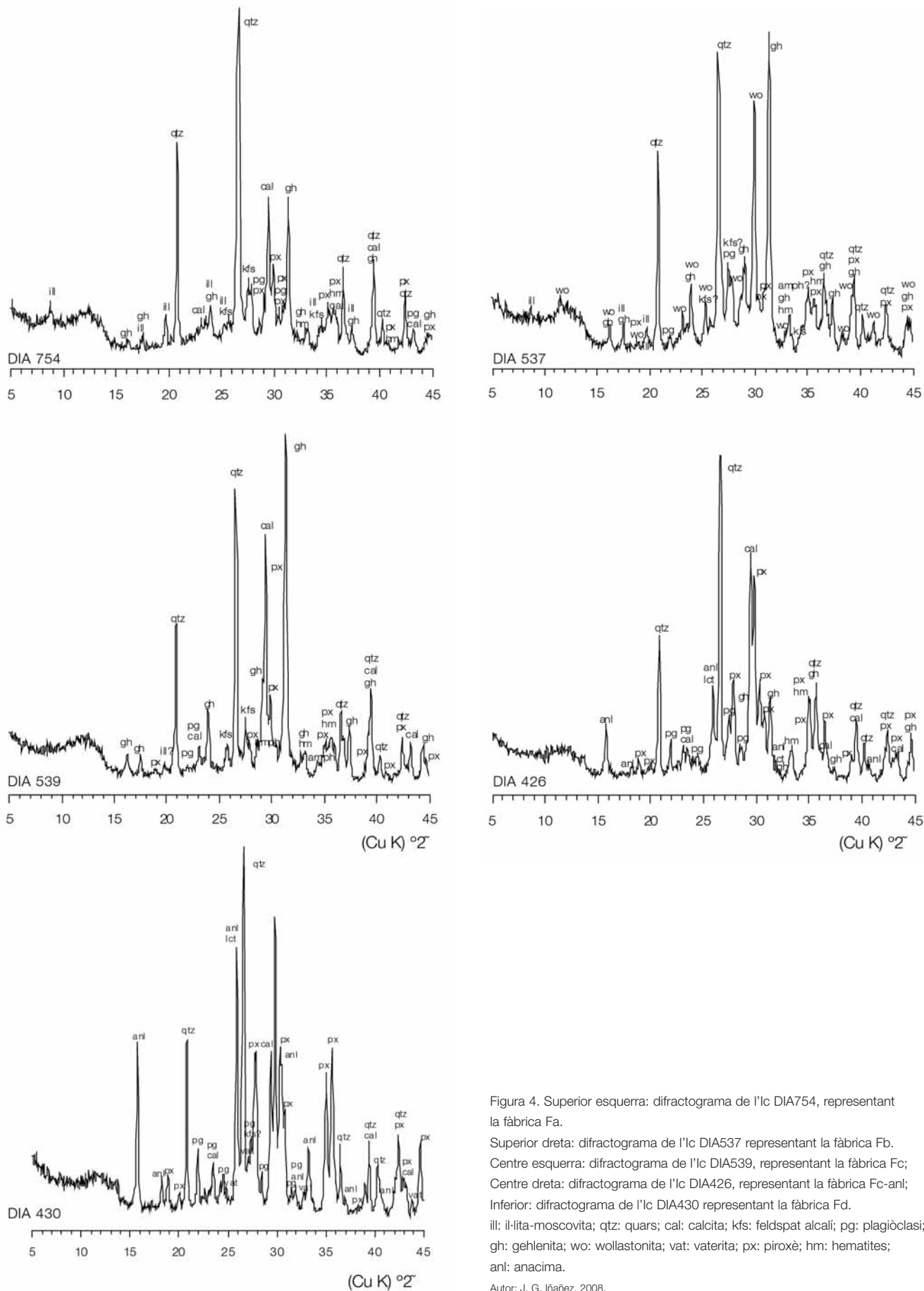


Figura 4. Superior esquerra: difractograma de l'lc DIA754, representant la fàbrica Fa. Superior dreta: difractograma de l'lc DIA537 representant la fàbrica Fb. Centre esquerra: difractograma de l'lc DIA539, representant la fàbrica Fc; Centre dreta: difractograma de l'lc DIA426, representant la fàbrica Fc-anl; Inferior: difractograma de l'lc DIA430 representant la fàbrica Fd.

Taula 6. Fàbriques definides a Barcelona a partir de l'associació de fases cristal·lines per DRX, amb l'expressió de la temperatura de cocció equivalent (TCE).

Fàbrica	BCN-DR	BCN-PI	BCN-SC	Total
Fa (850-950/1000°C)	(18) DIA073, DIA076, DIA754, DIA88, DIA90, MJ0090, MJ0091, MJ0104, MJ0106, MJ0112, MJ0114, MJ0115, MJ0116, MJ0117, MJ0189, MJ0190, MJ0196, MJ0193, MJ0197	(3) MJ0191, MJ0195,		21
Fb (950-1000°C)			(2) DIA537, DIA538	2
Fc (1000°C)	(2) MJ0100, MJ0101	(4) MJ0088, MJ0089, MJ0098, MJ0099	(5) DIA534, DIA535, DIA536, DIA539, DIA540	11
Fc-anl (1000°C)	(40) DIA069, DIA070, DIA072, DIA075, DIA077, DIA078, DIA079, DIA080, DIA425, DIA426, DIA428, DIA429, DIA432, DIA643, DIA644, DIA651, DIA755, DIA758, DIA759, DIA762, DIA864, DIA966, DIA81, DIA85, MJ0096, DIA86, DIA87, DIA89, MJ0094, MJ0095, MJ0097, MJ0192, MJ0102, MJ0103, MJ0105, MJ0107, MJ0108, MJ0194, MJ0109, MJ0110, MJ0111, MJ0113, MJ0198	(6) MJ0087, MJ0092, MJ0093,		46
Fd (1000-1050°C)	(19) DIA430, DIA652, DIA865, DIA424, DIA433, DIA753, DIA82, DIA84, DIA967, DIA071, DIA756, DIA645, DIA427, DIA650, DIA649, DIA647, DIA757, DIA968, DIA541			19
Total	79	13	7	99

difractograma vaterita, un carbonat de calci no gaire comú. La precipitació d'aquest carbonat es troba sovint relacionada bioquímicament amb l'orina. Aquest fet, tot i que el fragment de ceràmica estudiada sembla correspondre a una escudella, podria tenir alguna relació amb una possible funció o reutilització de la peça com a orinal o bací, tot i que no es pot assegurar segons l'estat actual de coneixements.

Caracterització dels vidrats

- 74 L'estudi dels vidrats i de les decoracions de les pises de Barcelona s'ha dut a terme sobre 7 individus, 5 dels quals presentaven decoració de reflex metàl·lic (DIA078, DIA865, DIA87, DIA535 i DIA536) i 2 decoracions blava i groga (DIA652 i DIA643). L'anàlisi dels vidrats mitjançant MER-ER-EDX ha permès determinar que els seus gruixos varien aproximadament entre 100 i 200/250 μ m. També que els vidrats estan bàsicament compostos per silici, plom i, en menor grau, potassi, tal com pot desprendre's de les microanàlisis realitzades sobre el vidrat sense decoració (taula 7). En alguns casos, també s'aprecia la presen-

cia d'alumini i calci, probablement difosos de la matriu argilosa durant la cocció. Igualment, s'han identificat partícules d'òxid d'estany (SnO_2) disperses en el vidrat com a inclusions, amb una mida màxima de fins a 2 μ m (figura 5 superior esquerra). Aquestes partícules, conjuntament amb bombolles, ja siguin intencionals o accidentals i inclusions de quars i feldspats alcalins, són les responsables de l'opacitat dels vidrats. Aquest efecte es deu a la dispersió de la llum incident causada per aquestes partícules, que proporcionen un color blanc opac al vidrat (MASON i TITE 1997, MOLERA *et al.* 1997). L'aplicació del vidrat sobre el cos ceràmic podria donar-se abans de la cocció, quan el cos ceràmic es trobaria en l'estat conegut com de duresa de cuir, o bé després d'una primera cocció de la peça ceràmica, en la qual aquesta ceràmica rebria el nom de bescuitada. La utilització d'aquesta última pràctica evitaria alguns problemes al vidrat, com són la formació excessiva de bombolles a causa de la formació de gas durant la cocció, així com d'altres dificultats relacionades amb encongiments i porositats.

En el cas de Barcelona, entre les ceràmiques amb decoracions blava i blava i groga, s'han observat diferències en les coccions

Ic	Decoració	Centre	Al ₂ O ₃	As ₂ O ₃	CaO	CuO	CoO	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	Sb ₂ O ₃	TiO ₂	Ag ₂ O	PbO	SiO ₂	SnO ₂	Total
DIA078	reflex	BCN-DR	3.58	0.00	0.64	1.30	0.00	0.19	2.52	0.18	0.00	0.00	0.32	22.14	30.39	0.32	61.58
DIA078	blanc	BCN-DR	3.33	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	3.82	0.81	0.00	0.00	0.00	35.28	44.95	2.27	92.10
DIA652	blanc	BCN-DR	3.15	0.00	2.61	0.00	0.00	0.32	3.53	1.67	0.00	0.00	0.00	28.69	44.60	1.93	86.50
DIA652	groc	BCN-DR	0.06	0.00	1.30	0.00	0.00	0.16	0.00	0.20	11.28	0.00	0.00	13.90	0.00	2.04	28.94
DIA865	blanc	BCN-DR	2.87	0.00	1.43	0.00	0.00	0.41	2.85	0.46	0.00	0.00	0.00	35.12	39.99	4.01	87.14
DIA865	reflex	BCN-DR	11.05	0.00	1.52	0.09	0.00	9.28	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	19.07	0.00	45.10
DIA87	blanc	BCN-DR	3.34	0.00	1.52	0.00	0.00	0.31	4.00	0.48	0.00	0.10	0.00	42.85	42.43	3.93	98.95
DIA87	reflex	BCN-DR	2.05	0.18	1.13	0.75	0.00	0.14	2.97	0.00	0.00	0.15	0.36	36.74	35.46	1.24	81.17
DIA652	blau	BCN-DR	1.94	0.00	1.08	0.00	0.87	1.22	2.70	1.28	0.00	0.00	0.00	31.63	32.57	0.00	73.28
DIA643	blanc	BCN-DR	2.67	0.00	2.26	0.00	0.00	1.05	2.60	0.35	0.00	0.00	0.00	33.55	42.82	0.00	85.31
DIA643	groc	BCN-DR	0.00	0.00	5.32	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	16.64	0.00	0.00	25.55	3.61	12.29	63.63
DIA535	blanc	BCN-SC	5.31	0.00	2.58	0.00	0.00	0.54	7.13	0.45	0.00	0.00	0.00	24.48	51.80	0.00	92.29
DIA535	reflex	BCN-SC	2.55	0.00	1.27	2.72	0.00	0.43	3.06	0.22	0.00	0.00	2.20	12.99	30.66	0.00	56.10
DIA536	blanc	BCN-SC	3.76	0.00	2.79	0.00	0.00	0.67	7.22	0.46	0.00	0.14	0.00	26.18	55.17	0.00	96.38
DIA536	reflex	BCN-SC	2.98	0.00	1.96	3.23	0.00	0.30	3.94	0.28	0.00	0.04	0.38	17.87	40.91	0.00	71.86

Taulara 7. Resultats obtinguts mitjançant l'estudi de microanàlisi per MER de 6 Ic, seleccionats i ordenats segons les seves decoracions, del centre productor de Barcelona

emprades per obtenir la coberta vidrada, fins i tot en una mateixa producció (BCN-DR). En el primer cas, aquell en què el vernís s'hauria aplicat en cru i s'hauria realitzat una monococció, l'individu estudiat, DIA643, mostra una forta interacció entre el vidrat i el cos ceràmic. Es produeix així un fort desenvolupament de cristalls en la interfase entre el vidrat i la matriu ceràmica. D'aquesta manera, aquest procés resulta en una gruixuda àrea de contacte entre el vidrat i la matriu, al voltant de les 80 μm (figura 5 inferior esquerra). Per contra, en el procés de doble cocció, com és el cas de l'individu DIA87, la interacció entre la matriu i el vidrat és baixa, amb un creixement reduït de cristalls a la interfase.

Conseqüentment, aquesta interfase entre el vidrat i la matriu és força prima, de 20-30 μm com a màxim. Aquest fet evidencia clarament, d'acord amb Molera i els seus col·laboradors (1997), que aquesta peça havia estat bescuitada prèviament a l'aplicació del vidrat (figura 5 inferior dreta). La identificació d'aquests dos processos de cocció diferenciats per al mateix grup podria significar que ens trobem davant de diferents tallers que treballaven amb diferents tradicions de fabricació dins del mateix centre productor, en aquest cas la ciutat de Barcelona. És interessant de destacar que totes les pises decorades amb reflex metàl·lic estudiades en aquest treball presenten un procés de bescuitat previ a l'aplicació del vidrat, amb concordança amb les observacions fetes per altres autors (MOLERA *et al.* 2001, LAZIC *et al.* 2003).

Per acabar, cal dir que les dades obtingudes per MER també ens han permès observar que els pigments responsables de les decoracions emprades a Barcelona eren sempre aplicats sobre el vidrat en cru, independentment del color de què es tractava. La identificació del cobalt en les microanàlisis de la decoració blava permet assegurar l'ús d'aquest element com a pigment, mentre que el groc correspondria a l'antimoniat de plom, conegut a l'antiguitat com a "Groc de Nàpols" (figura 5 superior dreta). Pel que fa a la decoració de reflex metàl·lic, les observacions per MER-ER-EDX revelen que els pigments emprats eren sempre aplicats després d'una segona cocció, tal com es pot apreciar pel poc desenvolupament cristal·lí a la interfase entre el vidrat i la matriu ceràmica. La decoració de reflex metàl·lic, tal com ha quedat exposat per diversos autors, s'aplicaria en una tercera cocció en condicions reductores (PADELETTI I FERMO 2003, ROQUÉ *et al.* 2006). En aquest sentit, la decoració de reflex metàl·lic formaria d'aquesta manera, i segons diversos autors (PÉREZ-ARANTEGUI *et al.* 2001, GALLI *et al.* 2004), una capa diferenciada molt prima, al voltant de 0.1 – 2 μm, ubicada a la part més externa del vidrat. Malauradament, aquest extrem no ha pogut ésser determinat amb seguretat en les pises analitzades en aquest estudi per MER. D'altra banda, la consideració que aquesta decoració podria tenir generalment com a base òxids de coure amb l'addició, sovint, d'òxid de plata juntament amb ferro o argiles, sí que ha estat documentada en les microanàlisis realitzades en els individus, fet que concorda amb els estudis elaborats per altres autors (PADELETTI I FERMO 2003, PRADELL *et al.* 2005, ROQUÉ *et al.* 2006).

Conclusions

La caracterització arqueomètrica de la pisa de Barcelona ha permès identificar tres grups químicament diferenciats que corresponen a tres produccions diferents, totes tres de la ciutat de Barcelona. Malgrat tot, l'homogeneïtat química de tots els

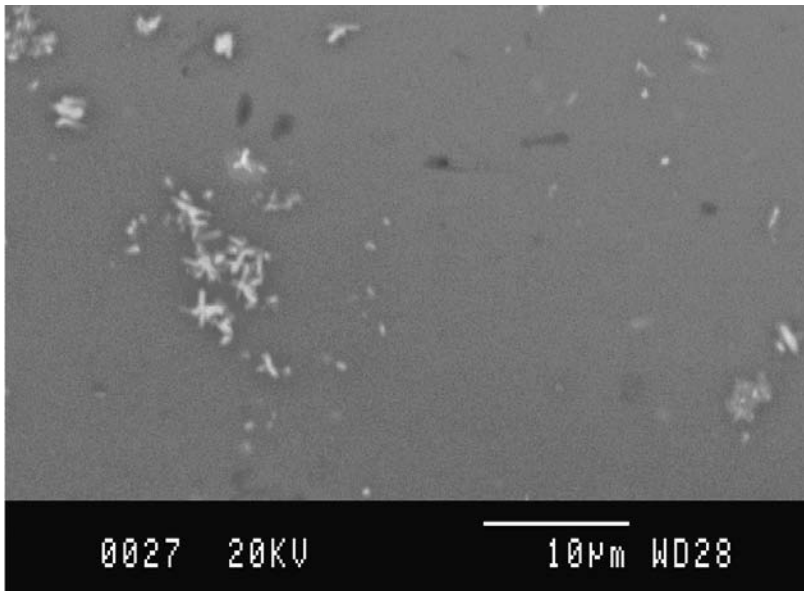


Figura 5.1
Microfotografia realitzada per MER-ES del Ic DIA643, en la que es poden apreciar en gris clar els cristalls d'òxid d'estany (SnO2) dispersos en el vidrat.

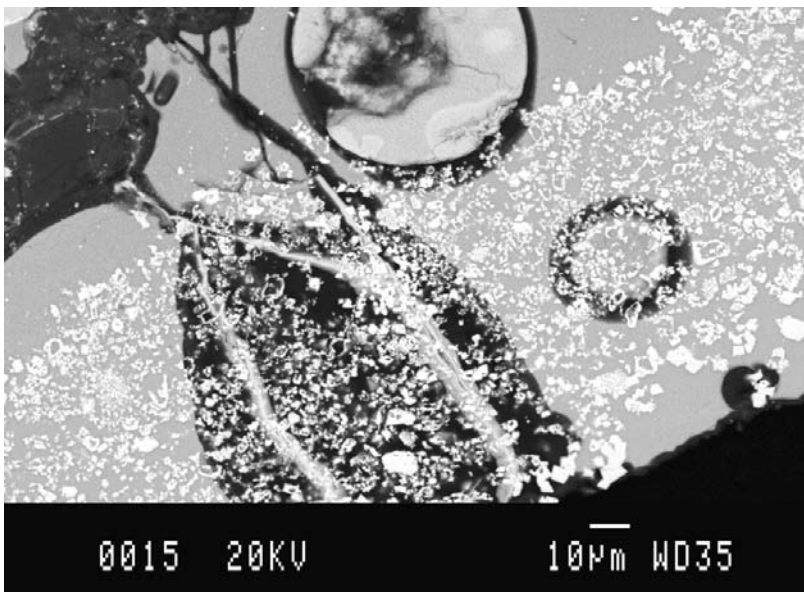


Figura 5.2
Microfotografia realitzada per MER-ES del Ic DIA652 del grup BCN-DR mostren una alta densitat de partícules d'antimoni de plom disperses en el vidrat. Les línies negres transversals corresponen a una alteració del vidrat.

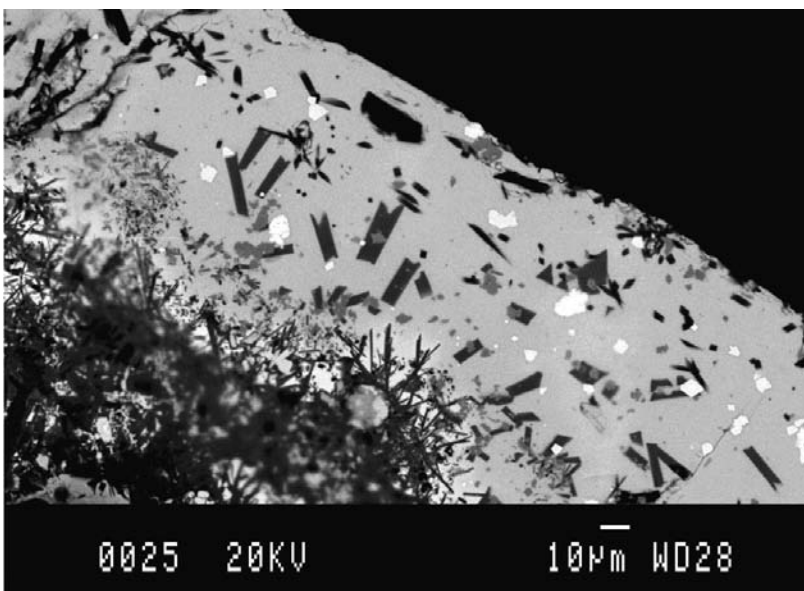


Figura 5.3
Microfotografia per MER-ES del Ic DIA643 del grup BCN-DR mostrant una gran interacció a la interfase entre vidrat i matriu ceràmica, amb un gran desenvolupament de cristalls.

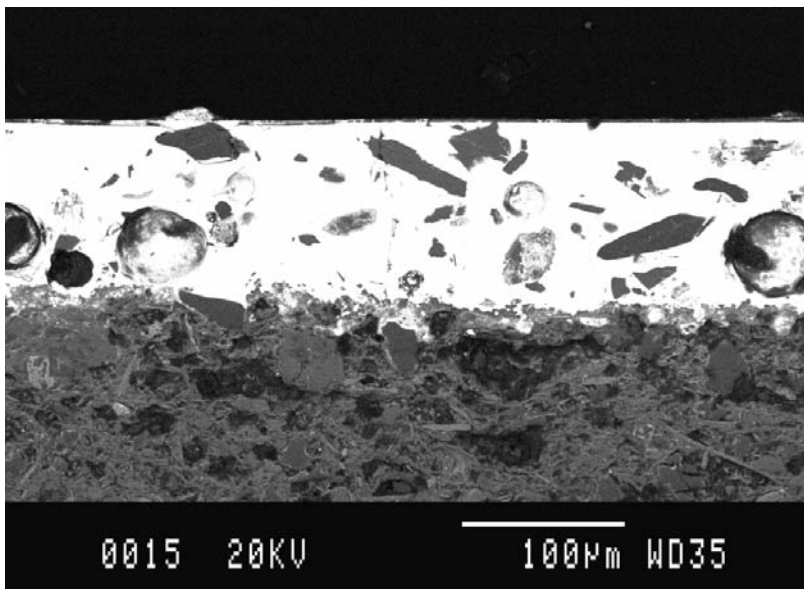


Figura 5.4
Microfotografia per MER-ES del Ic DIAX87 del grup BCN-DR mostrant una baixa interacció a la interfase amb un desenvolupament de cristalls baix.
Autor: J. G. Iñáñez, 2008.

individus analitzats fa pensar que les tres produccions van emprar matèries primeres molt semblants i homogènies per a la preparació de les seves pastes. Així doncs, les petites diferències químiques existents entre els grups podrien respondre a diferents tradicions tecnològiques o receptes de treballar les pastes. La composició força homogènia per a aquest període, així com l'alt nombre de ceramistes involucrats en la producció de pisa, tal com indiquen les fonts documentals, està en total concordança amb el rol que juguen els gremis en la distribució dels materials (CERDÀ 2001). A més, el contrast dels resultats analítics amb els resultats derivats de l'estudi dels individus decorats i datats permet inferir que les produccions de BCN-DR i BCN-PI estarien produint pisa des del segle XIV, especialment decorada en verd i negre. També que, al segle XVII, la producció de BCN-DR continuaria fabricant pisos decorades en reflex metàl·lic i blaves, mentre que la producció de BCN-SC fabricaria principalment reflex metàl·lic, tot i que no exclusivament. En aquest sentit, l'atribució d'un individu ceràmic procedent del jaciment canari de l'antic convent de San Francisco, de Las Palmas de Gran Canària, com a producció del grup BCN-SC posa de relleu la importància, fins ara no revelada, d'aquest grup dins les produccions barcelonines. A més, aquest cas és singularment important ja que no només representa l'única ceràmica barcelonina caracteritzada com a tal a Gran Canària, sinó que, a més, també representa la primera ceràmica amb decoració blava atribuïble al grup BCN-SC, fins al moment format únicament per ceràmiques decorades amb reflex metàl·lic. Aquest fet obligaria a una reflexió, ja que el grup de BCN-SC és, fins ara, molt minoritari dins del que coneixem a la producció de Barcelona, especialment davant la producció de BCN-DR. Aquesta darrera, com també la producció de BCN-PI, s'han identificat en els centres

receptors de Catalunya, on no hi és present, fins ara, la producció de BCN-SC. Respecte als individus procedents dels altres dos centre receptors analitzats en aquest estudi, s'ha demostrat que aquells procedents de Mataró tindrien un origen barceloní, i pertanyerien a la producció de BCN-DR. En el cas de les ceràmiques procedents de Girona, aquestes han estat finalment atribuïdes a les produccions de BCN-DR i BCN-PI, amb cap evidència d'una producció local fins ara.

Per la seva banda, l'estudi tecnològic ha permès estimar una TCE al voltant de 1000°C per a tots els individus analitzats. Aquesta uniformitat suggereix per part dels ceramistes la utilització d'una tecnologia amb uns límits molt estrictes amb un control molt precís del procés de cocció, així com un coneixement molt acurat de la complexa producció i maduració dels vidrats característics de les pises. En aquest sentit, s'han pogut determinar diferències tecnològiques en la fabricació dels vidrats, ja que es van fer servir dos processos de cocció diferents, monococció i bescuitat, fins i tot dins el mateix centre productor, per tal de fabricar pisa decorada en blau i en blau i groc. Per contra, sembla que la pisa amb decoració de reflex metàl·lic va ésser fabricada emprant ceràmiques prèviament bescuitades per part de tots els ceramistes. Així doncs, és important destacar que quan es treballa amb produccions preindustrials de ceràmiques vidrades d'estany i plom, medievals i modernes, s'hauria de considerar que la majoria de les matèries primeres necessàries eren proporcionades pels gremis o agrupacions de ceramistes. D'aquesta manera, un grup químic pot donar-se per a diversos tallers només amb petites diferències químiques. Per aquesta raó, la diversitat de producció entre els tallers donats en un centre de producció podria determinar-se, només, a partir de les seves diferències o similituds tecnològiques. ■

BIBLIOGRAFIA

AINAUD DE LASARTE, J. (1941): Loza dorada y alfarería barcelonesa. Siglos xv - xvi, *Anales y Boletín de los Museos de Arte de Barcelona. Arte Antiguo*, 1, 89 - 104.

— (1952): *Cerámica y vidrio*, Colección Ars Hispaniae, 10, Ed. Plus Ultra, Madrid.

AINAUD DE LASARTE, J., 1981, Cataluña, a *Cerámica esmaltada española*, (ed. AD.), 127 - 148, Labor, S.A., Barcelona.

ATKINSON, J. (1986): *The statistical analysis of compositional data*, Monographs on Statistics and Applied Probability, Chapman and Hall, London - New York.

BATLLORI, A. I LLUBIÀ, L. M. (1974): *Cerámica catalana decorada, anastática*. Vicens-Vives, Barcelona.

BELTRÁN DE HEREDIA, J. (2006): La cerámica de les voltes del convent de Sant Agustí de Barcelona. Noves formes per la tipologia de la cerámica comuna baix medieval de Barcelona, *Arqueologia Medieval*, 2, 46-67.

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

Buxeda i GARRIGÓS, J. i CAU, M. A. (1995): Identificación y significado de la calcita secundaria en cerámicas arqueológicas, *Complutum*, 6, 293 - 309.

Buxeda i GARRIGÓS, J. i 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*, (ed. L. Van Zelst), 185 - 198, Smithsonian Center for Materials Research and Education, Suitland, Maryland.

BUXEDA I GARRIGÓS, J. MADRID FERNÁNDEZ, M. I GURT I ESPARRAGUERA, J. M. (2001): Provenença i tecnologia de les ceràmiques de pisa i d'obra de Manises del dipòsit de la Plaça Gran de Mataró, a *La cerámica catalana del segle xvii trobada a la plaça Gran (Mataró)*, (ed. 155 - 170, Associació Catalana de Ceràmica Decorada i Terrissa, Barcelona.

BUXEDA I GARRIGÓS, J., MOMMSEN, H. I TSOLAKIDOU, A. (2002): Alterations of Na, K and Rb concentrations in Mycenaean pottery and a proposed explanation using X-ray diffraction, *Archaeometry*, 44, 187-198.

CASANOVAS, M. A. (1984): *La cerámica catalana*, Libres de la frontera, 4, La llar del llibre, Barcelona.

CERDÀ, J. A. (2001): *La cerámica catalana del segle xvii trobada a la plaça Gran (Mataró)*, Associació Catalana de Ceràmica Decorada i Terrissa, Barcelona.

CIRICI, A. (1977) *Cerámica catalana*, Imatge de Catalunya, Destino, Barcelona.

GALLI, A., MARTINI, M., SIBILIA, E., PADELETTI, G. I FERMO, P. (2004): Luminescence properties of lustre decorated majolica, *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 79, 293 - 297.

GLASCOCK, M. D., SPEAKMAN, R. J. I NEFF, H. (2007): Archaeometry at the University of Missouri Research Reactor and the provenance of obsidian artefacts in North America, *Archaeometry*, 49, 343-357.

HEIMANN, R. (1989): Assessing the technology of ancient pottery. The use of ceramic phase diagrams, *Archeomaterials*, 3, 123 - 148.

HEIN, A., TSOLAKIDOU, A., ILIOPOULOS, I., MOMMSEN, H., BUXEDA I GARRIGÓS, J., MONTANA, G. I KILIKOGLU, V. (2002): Standardisation of elemental analytical techniques applied to provenance studies of archaeological ceramics: an inter laboratory calibration study, *Analyst*, 127, 542-553.

IÑÁÑEZ, J. G. (2007): *Caracterització arqueomètrica de la cerámica vidrada decorada de la Baixa Edat Mitjana al Renaixement dels principals centres productors de la Península Ibèrica*, Tesis Doctoral en Xarxa, 0205107-115739, Universitat de Barcelona, Barcelona.

Iñáñez, J. G., Schwedt, A., MADRID I FERNÁNDEZ, M., BUXEDA I GARRIGÓS, J. I GURT I ESPARRAGUERA, J. M. (2007): Caracterización arqueométrica de los principales centros productores catalanes de cerámica mayólica de los siglos xvi y xvii, a *Avances en Arqueometría 2005. Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría*, (ed. J. Molera, J. Farjas, P. Roura i T. Pradell), 97-107, Universitat de Girona, Girona.

LAZIC, V., COLAO, F., FANTONI, R., PALUCCI, A., SPIZZICHINO, V., BORGIA, I., BRUNETTI, B. G. I SGAMELLOTTI, A. (2003): Characterisation of lustre and pigment composition in ancient pottery by laser induced fluorescence and breakdown spectroscopy, *Journal of Cultural Heritage*, 4, 303-308.

LLUBIÀ, L. M. (1967): *Cerámica medieval española*, Nueva colección labor, 55, Labor, Barcelona.

MAGGETTI, M., (1981) Composition of Roman pottery from Lousonna (Switzerland), a *Scientific studies in ancient ceramics*, (ed. M. J. Hughes), Occasional Paper, 19, British Museum, London.

MASON, R. B. I TITE, M. S. (1997) The beginnings of tin-opacification of pottery glazes, *Archaeometry*, 39, nº 1, 41 - 58.

MATHSOFT 1999 S-PLUS 2000. *User's Guide*, Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle.

MIRÓ, N. (2000): Excavació de les voltes de la sala de reserva de la Biblioteca de Catalunya, antic Hospital de la Santa Creu, Barcelona, a *I Congrés d'Arqueologia Medieval i Moderna a Catalunya*,. 168 - 176, Associació Catalana per a la Recerca en Arqueologia Medieval (ACRAM), Igualada.

MOLERA, J., VENDRELL, M., GARCÍA, M. I PRADELL, T. (1997): Technology and colour development of hispano-moresque lead-glazed pottery, *Archaeometry*, 39, 23 - 39.

MOLERA, J., PRADELL, T. I VENDRELL, M. (1998): The colours of Ca-rich ceramic pastes: origin and characterization, *Applied Clay Science*, 13, 187-202.

Molera, J., MESQUIDA, M., PÉREZ-ARANTEGUI, J., PRADELL, T. I VENDRELL, M. (2001): Lustre recipes from a medieval workshop in Paterna, *Archaeometry*, 43, 455 - 460.

PADELETTI, G. I FERMO, P. (2003): How the masters in Umbria, Italy, generated and used nanoparticles in art fabrication during the Renaissance period, *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 76, 515-525.

PÉREZ-ARANTEGUI, J., MOLERA, J., LARREA, A., PRADELL, T., VENDRELL-SAZ, M., BORGIA, I., BRUNETTI, B. G., CARIATI, F., FERMO, P., MELLINI, M., SGAMELLOTTI, A. I VITI, C. (2001): Lustre Pottery from the Thirteenth Century to the Sixteenth Century: A Nanostructured Thin Metallic Film, *Journal of the American Ceramic Society*, 84, 442-446.

PRADELL, T., MOLERA, J., ROQUE, J., VENDRELL-SAZ, M., SMITH, A. D., PANTOS, E. I CRESPO, D. (2005): Ionic-Exchange Mechanism in the Formation of Medieval Luster Decorations, *Journal of the American Ceramic Society*, 88, 1281-1289.

Riu, C. (1990): Les ordinations i l'evolució del gremi de terrissers a Barcelona, *Pedralbes*, 10, 67-97.

— (1992): Las piezas de cerámica halladas en las bóvedas de las iglesias barcelonesas del siglo xv,

Acta historica et archaeologica mediaevalia, 13,
375-424.

— (2005): Ceramistas barceloneses del siglo XIV,
Boletín de Arqueología Medieval, 12, 193-208.

ROQUÉ, C., MOLESA, J., SCIAU, P., PANTOS, E.
I VENDRELL-SAZ, M. (2006): Copper and silver
nanocrystals in lustre lead glazes: Development
and optical properties, *Journal of the European
Ceramic Society*, 26, 3813-3824.

SCHWEDT, A., MOMMSEN, H., ZACHARIAS, N. I
BUXEDA I GARRIGÓS, J. (2006): Analcime crystalliza-
tion and compositional profiles - comparing
approaches to detect post-depositional altera-
tions in archaeological pottery, *Archaeometry*,
48, 237-251.

SOSA, E. (2004): Las cerámicas del antiguo
convento de San Francisco de Las Palmas:
un modelo cronológico para el estudio de los
yacimientos del Archipiélago Canario, a XV
Coloquio de Historia Canario-Americana
(ed. F. Morales Padrón), 1999 - 2021, I, Ediciones
del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas
de Gran Canaria.

TELESE, A., 1991, *La vaixela blava catalana
de 1570 a 1670. Repertori, catalogació i pro-
posta per a la seva nomenclatura*, Barcelona. ■