

PROBLEMÀTICA DE L'ESTUDI ARQUEOMÈTRIC: MARQUES I ÀMFORES DEL MERCAT DE SANTA CATERINA A PARTIR DE L'ESTUDI ARQUEOMÈTRIC

Verònica Martínez Ferreras
*Equip de Recerca Arqueomètrica
de la Universitat de Barcelona (ERAUB)*

1. INTRODUCCIÓ

Els diferents estudis centrats en la producció i el comerç de les àmfores vinàries romanes de la costa catalana (àmfores Dressel 1 citerior, les diverses variants del tipus tarraconense i àmfores Pascual 1 i Dressel 2-4) han posat de manifest l'existència d'una gran quantitat i diversitat de marques epigràfiques (Miró, 1988; Pascual, 1991; Revilla, 1995; Comas, 1997; Tremoleda, 2000). Els estudis epigràfics portats a terme (Christol i Plana, 1997; Pena, 1999; Pena i Barreda, 1997; Comas, 1997; Berni *et al.*, 1998; Berni i Carreras, 2001; Carreras i Berni, 2002; Tremoleda, 2005) han permès relacionar, en alguns casos, el nom de la marca amb personatges de l'època, tot i que en la majoria dels casos es desconeix si el personatge estava vinculat a la producció vinícola, a la producció amforal o al comerç del producte final. Si més no, la comparació de dades epigràfiques i dades arqueològiques ens ajuda a identificar les formes de producció artesanal i de comercialització d'aquestes produccions, les quals ens faciliten el coneixement del context socioeconòmic en què es desenvoluparen aquestes activitats.

Igualment, s'ha intentat establir el lloc de proveniència de l'àmfora segellada a partir d'estudis epigràfics. Aquests equiparen la proveniència de l'àmfora amb la seva procedència, amb la qual cosa estableixen que el centre productor on ha estat trobada respon al taller que l'ha fabricada. D'aquesta manera, mitjançant estudis comparatius es facilita l'atribució als centres productors de les àmfores procedents de derelictes o de cen-

tres receptors. Igualment, s'accepta la múltiple proveniència d'una marca quan aquesta ha estat trobada en diversos centres productors (Berni i Carreras, 2001; Carreras i Berni, 2002; Aguelo *et al.*, 2006). S'obvia, en molts casos, el problema de l'homonímia, que només tenen en compte alguns investigadors (Carreras i Berni, 2002).

Des dels anys vuitanta del segle passat, alguns dels estudis epigràfics incorporen la caracterització macroscòpica i microscòpica de la pasta de les àmfores segellades, per tal d'establir la seva proveniència mitjançant l'anàlisi mineralògica dels seus components (Mayet i Tobie, 1982; Keay i Jones, 1982). Aquests estudis posen en evidència l'existència d'una gran diversitat de pastes en aquests tipus amforals i amplien l'atribució, apareguda als anys setanta, d'una pasta per a aquestes produccions, anomenada *pasta tarraconense* (Tchernia i Zevi, 1972, p. 37).

La caracterització química i mineralògica d'algunes àmfores amb marca epigràfica (Buxeda i Gurt, 1998; Buxeda *et al.*, 2002a) ofereix una aproximació més exacta pel que fa a la determinació de la proveniència i permet estimar la compatibilitat o incompatibilitat d'una marca amb el centre productor al qual s'atribueix. En altres casos, es constata que no sempre existeix una relació unívoca entre una marca i el taller on l'àmfora ha estat trobada (Martínez, Buxeda i López, 2006).

A l'àrea del pla de Barcelona es coneix un ampli *corpora* de marques epigràfiques que han estat atribuïdes majoritàriament a centres productors localitzats en un entorn immediat a la

ciutat, tot i que una part s'han considerat provinents d'altres comarques, per les característiques i la composició de la pasta. La diversitat de proveniències de les àmfores atribuïdes per les marques del pla de Barcelona a partir de l'estudi macroscòpic i epigràfic, porta a considerar l'antiga ciutat de *Barcino* com un centre redistribuidor dels envasos fabricats no només al pla de Barcelona, sinó també al Baix Llobregat, al Maresme i al Vallès Occidental (Berni i Carreras, 2001). Recentment, l'estudi epigràfic de quinze marques (Aguelo *et al.*, 2006) aparegudes sobre pivots d'àmfora (A, AVC, EPAPR, ?, PIL, PHILO, I, PLOC, LAETI, LESB, O, P, PRI, T, THEOP) ha incrementat el nombre de marques que es considerava que es produïen al territori del pla de Barcelona. Els autors identifiquen la mateixa marca en els dos tipus de pasta (PLOC i LAETI) i determinen el tipus amforal i la cronologia de la circulació de la marca a partir de la comparació amb altres individus procedents d'altres jaciments que presenten el mateix segell.

Per tal d'aprofundir en el coneixement de l'epigrafia amforal del pla de Barcelona, l'estudi que presentem pretén determinar la proveniència i la tecnologia de fabricació de les marques procedents del possible taller ceràmic situat al mercat de Santa Caterina, mitjançant la caracterització química i mineralògica de les pastes de les àmfores. Aquest treball forma part d'un ampli estudi, el projecte Prodifan, que té com a objectiu la caracterització arqueomètrica de les àmfores vinàries d'època romana de la costa catalana, per tal d'identificar els grups de referència d'aquestes produccions, la tecnologia desenvolupada en la seva fabricació i les línies de difusió d'aquests envasos.

Els segells amforals del mercat de Santa Caterina han estat comparats amb els d'altres àmfores Pascual 1 procedents de les excavacions del mateix solar, així com amb les procedents del taller ceràmic del carrer de la Princesa, número 21 (Casas i Martínez, 2006), i les procedents d'altres centres productors propers, com Can Peixau (Badalona), Cal Ros de les Cabres (el Masnou) i el Barri Antic (Sant Boi de Llobregat) (Buxeda i Gurt, 1998). La comparació de l'anàlisi química ens permetrà identificar els grups de referència (GR) corresponents a les produccions de cada taller. Aquests GR seran utilitzats com a patrons en l'associació de les marques del mercat amb aquestes produccions. L'anàlisi mineralògica ens per-

metrà determinar alguns dels processos tecnològics portats a terme en la cadena operacional i els quals són els responsables de les diferències en les característiques físiques i en les propietats mecàniques que presenten aquests envasos segellats.

2. EL CONTEXT ARQUEOLÒGIC

El període comprès entre el final del segle I aC i el segle I dC no està gaire representat en els vestigis apareguts en diversos solars de l'avinguda de Francesc Cambó i del mercat de Santa Caterina (Aguelo *et al.*, 2005; Aguelo, Huertas i Carreras, 2006). Aquests vestigis apareixen localitzats en una zona concreta, però no gaudeixen d'un bon estat de conservació. Malgrat tot, es poden apreciar les restes d'una canalització, d'un pou d'extracció d'aigua i d'una sèrie d'estructures que formen uns sectors que sembla que responen a diferents funcions dins del procés de la producció ceràmica (Aguelo *et al.*, 2006). Els nivells d'alguns d'aquests sectors es caracteritzen per contenir una gran quantitat d'escòries ceràmiques i rebuigs de la producció, juntament amb peces deformades per sobrecocció. A més, han estat documentats uns retalls de grans dimensions, que s'han interpretat com a àrees d'extracció d'argila. Aquests retalls estaven reomplerts amb abundant material ceràmic, sobretot àmfores dels tipus Pascual 1 i Dressel 2-4. Tots aquests indicis han portat els excavadors a afirmar l'existència d'un taller ceràmic en aquest solar, malgrat que no ha estat identificada cap estructura relacionada amb la cocció d'aquests envasos.

Des del punt de vista arqueològic, la hipòtesi de la presència d'un centre de producció ceràmica al solar del mercat de Santa Caterina es fonamenta, a més, en l'existència d'altres restes d'època romana en zones properes al mercat, relacionades amb la producció ceràmica (figura 25). Aquest és el cas del centre ceràmic d'època romana localitzat a l'interior de l'església de Sant Cugat del Rec (carrers de la Princesa, 21 - d'en Boquer, 8-12) (Casas i Martínez, 2006; Martínez *et al.*, 2007), emplaçat a uns cent metres de distància del mercat de Santa Caterina. També s'han recuperat una sèrie d'abocadors amb material amforal situats al carrer de Montcada i una altra acumulació d'àmfores al carrer de l'Argenteria (Berni i Carreras, 2001). La lo-

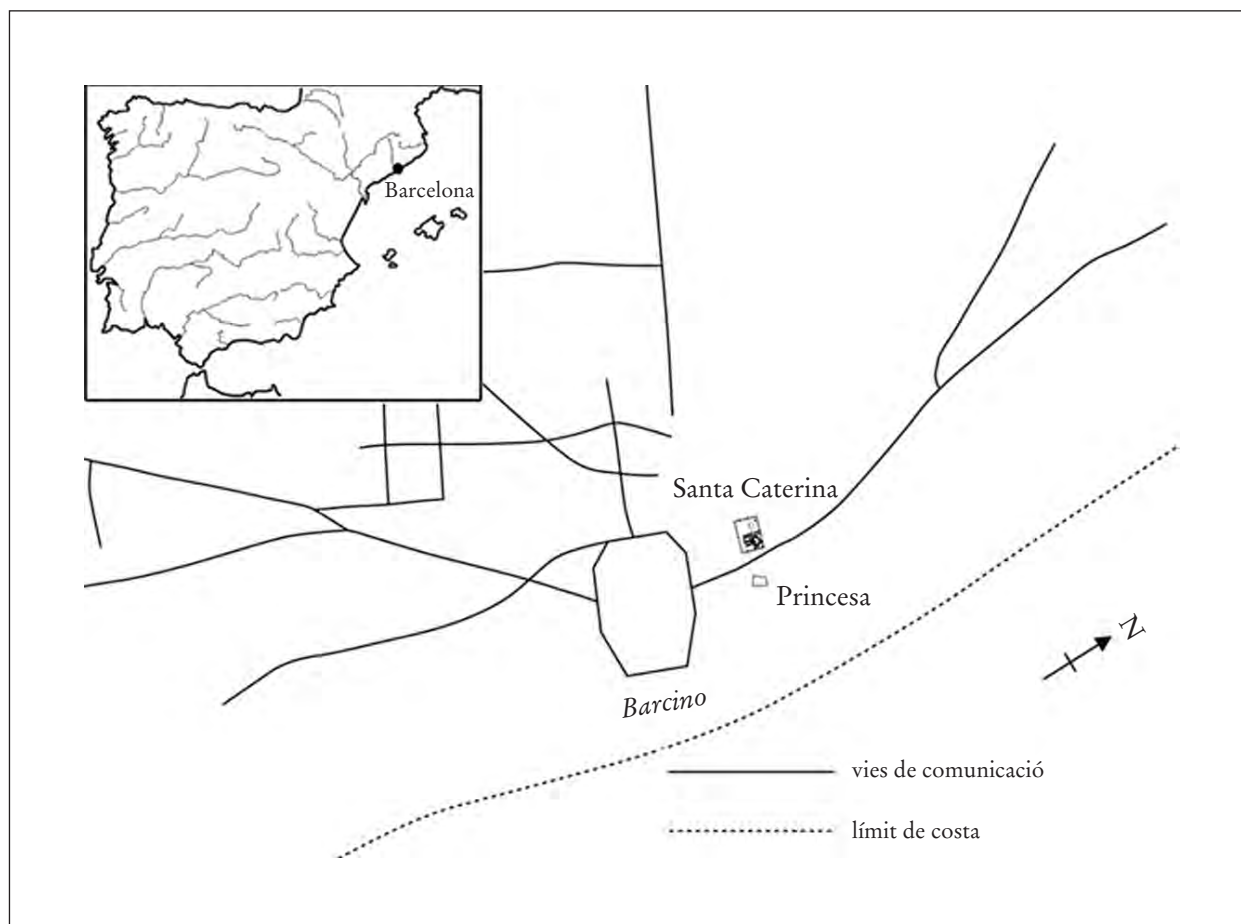


FIGURA 24. Mapa de localització dels abocadors ceràmics del mercat de Santa Caterina i del taller ceràmic del carrer de la Princesa en relació amb la colònia de *Barcino* (Barcelona).

calització d'aquestes troballes ha portat a pensar en l'existència d'una zona artesanal especialitzada en la producció ceràmica, principalment amforal, ubicada en el *suburbium* est de la ciutat romana de *Barcino*.

En les excavacions del mercat, les àmfores representen el 78 % del material recuperat i s'han arribat a identificar un total de quinze segells epigràfics diferents. Aquestes àmfores presenten dos tipus de pasta ceràmica. La majoria de les àmfores presenten una pasta de color clar amb un desengreixant poc visible. Una petita part de les àmfores presenten una tonalitat més vermella, amb gran presència d'inclusions de quars molt visible. Els excavadors pensen que el possible taller devia iniciar la seva producció amb els contenidors de pasta clara, que corresponia majoritàriament a l'àmfora Pascual 1, mentre que en un darrer moment havia fabricat els tipus de tonalitat vermella (Aguelo, Huertas i Carreras, 2006).

3. MOSTREIG I METODOLOGIA SEGUIDA

S'han caracteritzat arqueomètricament divuit fragments d'àmfora amb marca procedents de les excavacions del mercat de Santa Caterina (figura 26). Els individus analitzats han estat enumerats amb la sigla CSC (convent de Santa Caterina). D'aquesta manera, s'han analitzat:

- 4 individus que presenten la marca LAETI, dos amb pasta de color vermell (CSC104 i CSC112), un amb pasta de color rosat clar (CSC103) i un amb pasta de color beix clar (CSC113).
- 4 individus estampats amb la marca EPAPR sobre pasta de color vermell (CSC105 a CSC108).
- 3 individus amb la marca LESB sobre pasta de color rosat beix clar (CSC109 a CSC111).
- 1 individu que presenta una P sobre pasta de color vermell (CSC114).

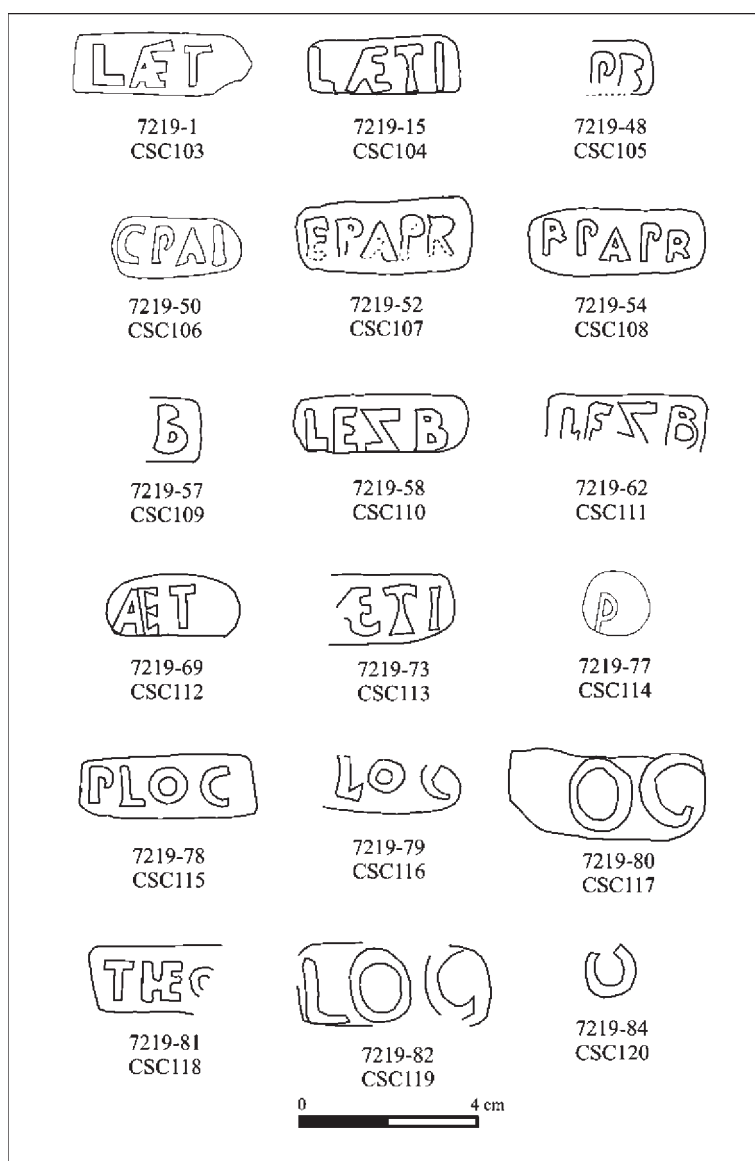


FIGURA 25. Marques procedents de les excavacions del mercat de Santa Caterina analitzades arqueomètricament.

- 4 individus que porten la inscripció PLOC, tres sobre pasta de tonalitat vermella (CSC115, CSC117 i CSC119) i un sobre pasta de color beix clar (CSC116).
- 1 individu amb la marca THEOP sobre pasta de color rosat beix clar (CSC118).
- 1 individu que presenta una O sobre pasta de color rosat beix clar (CSC120).

L'atribució d'aquestes marques a un tipus amforal concret es fa difícil, ja que totes apareixen sobre pivots d'àmfora. Malgrat tot, els excavadors creuen que la majoria de les marques es poden associar amb el tipus Pascual 1, però no en precisen res més. Totes aquestes marques han

estat mostrejades dins la mateixa unitat estratigràfica (MSC 2-00-7219), que correspon a un dels reompliments de les grans fosses d'extracció d'argila. Aquests divuit individus han estat comparats amb un total de cinquanta-dos individus d'àmfora Pascual 1 procedents de diferents nivells de les excavacions de l'avinguda de Francesc Cambó i del mercat de Santa Caterina. Finalment, hem afegit a l'estudi quaranta individus d'àmfora Pascual 1 recuperats a les excavacions de Sant Cugat del Rec, als carrers de la Princesa, 21 - d'en Boquer, 8-12 (taula 1).

Les dues-centes trenta-quatre mostres han estat caracteritzades químicament, mitjançant fluo-

TAULA 3
Procedència del material amforal analitzat arqueomètricament

<i>Jaciment</i>	<i>Unitat estratigràfica</i>	<i>Total individus</i>	<i>Individus</i>
Mercat de Santa Caterina (Barcelona)	1/01-7809	6	CSC001-CSC006
	1/01-7219	19	CSC007-CSC025
	2/00-7219	18	CSC103-CSC120
	6/02-2565	3	CSC026-CSC028
Carrer d'en Giralt el Pellisser (Barcelona)	18/01-5050	7	CSC029-CSC035
	18/01-5060	13	CSC036-CSC048
	18/01-6054	1	CSC049
	18/01-7050	2	CSC050-CSC051
	18/01-7053	1	CSC052
Carrers de la Princesa, 21 - d'en Boquer, 8-12 (Barcelona)	—	40	CSC054-CSC092
Can Peixau (Badalona)	—	57	036801x-960331
Cal Ros de les Cabres (el Masnou)	—	30	CRC001-CRC030
Barri Antic (Sant Boi de Llobregat)	—	37	SBL001- SBL037
Total			234

rescència de raigs X (FRX) i mineralògicament per difracció de raigs X (DRX). Tanmateix, la determinació de la pèrdua al foc (PAF) ens ha permès calcular la pèrdua que presenta cada individu (en termes d'eliminació de l'aigua de composició, de CO₂ i de la possible matèria orgànica continguda), relacionada, en part, amb la temperatura de cocció. La rutina analítica portada a terme ja ha estat descrita altres vegades (Hein *et al.*, 2002; Buxeda *et al.*, 2004).

L'interès de l'estudi arqueomètric de les marques recuperades al mercat rau en la possibilitat de constatar si la matèria primera amb la qual van ser fabricades correspon, químicament, a la pasta d'algun dels grups químics definits per a les àmfores del pla de Barcelona i, concretament, del mercat de Santa Caterina. Atesa l'existència d'una dualitat de pastes caracteritzades macroscòpicament pels arqueòlegs, esperem poder associar els segells, que representen igualment una pasta clara i una pasta més vermellova, amb els grups químics definits al mercat.

D'acord amb les dades proporcionades per la metodologia arqueològica, partim de la hipòtesi que les àmfores segellades del mercat de Santa Caterina van ser fabricades a la terrisseria localitzada en aquest punt del suburbi de la ciutat. A partir del coneixement empíric sobre les produccions amforals de la *Tarraconense*, pensem que les diferències físiques existents entre les àmfores clares i les àmfores vermelles responen a l'ús de matèries primeres i processos tecnològics diferents en el procés de fabricació. Si l'anàlisi arqueomètrica constata aquesta hipòtesi, haurem de preguntar-nos sobre l'existència del mateix segell en àmfores de produccions diferents. Podria respondre aquest canvi tecnològic a produccions del mateix taller però de moments cronològics diferents, com apunten els arqueòlegs? I si és així, en quin moment i per quines raons s'adoptaren processos tecnològics nous? O, contràriament, aquesta dualitat de pastes podria haver compartit el mateix període de fabricació però respondre a produccions de diferents ta-

llers? I, en aquest sentit, podem parlar de personatges que van segellar els seus noms en produccions de diversos tallers que utilitzaren tecnologies diferents en la manufactura ceràmica?

4. L'ANÀLISI QUÍMICA PER FLUORESCÈNCIA DE RAIGS X (FRX)

L'anàlisi per FRX ens ha permès determinar, dels divuit individus d'àmfora amb marca procedents del mercat de Santa Caterina (CSC103 a CSC120), la concentració química dels elements químics majors i menors (expressada en òxids) i dels elements traça següents: Fe_2O_3 (com a Fe total), Al_2O_3 , MnO , P_2O_5 , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Mo, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Sn, Ce, Co, Ga, V, Zn, W, Cu, Ni i Cr.

Tanmateix, en el tractament estadístic de les dades composicionals no s'han considerat els valors del Co ni del W, per tal d'evitar alguns problemes lligats a possibles contaminacions durant el procés de preparació de les mostres ceràmiques. Tampoc no s'han tingut en compte les concentracions de Sn i Mo, ja que es troben en els lí-

mits inferiors de detecció de la tècnica i per sota dels límits de determinació, ni les de Th, que pateixen interferències produïdes pels alts valors de Sr, que comporten la seva infravaloració. Altres elements que no han estat normalment considerats en el nostre estudi són el P_2O_5 , el Pb i el Cu, ja que són fàcilment alterables i poden portar a la lectura incorrecta de les dades.

Els resultats han estat tractats estadísticament seguint les consideracions d'Aitchison sobre dades composicionals (Aitchison, 1986; Aitchison, 1992; Buxeda, 1999). Així, les concentracions elementals de cada individu han estat transformades en logaritmes de raons. La matriu de la variació composicional resultant d'aquest tractament ens proporciona la variació total (VT), que quantifica la variabilitat existent en les dades químiques.

D'aquesta manera, tenint en compte vint-i-un elements químics, la matriu de la variació composicional (MVC) dels divuit individus amb marca del mercat de Santa Caterina (taula 2) mostra una variació total (VT) d'1,4293. Aquest valor és molt elevat per a considerar els divuit individus ceràmics la producció d'un taller ceràmic (Buxeda i Kilikoglou, 2003). En aquesta matriu

TAULA 4

Matriu de la variació composicional dels divuit individus d'àmfora Pascual 1 amb marca procedents del mercat de Santa Caterina, a partir de la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Ni i Cr

	Fe_2O_3	Al_2O_3	MnO	TiO_2	MgO	CaO	Na_2O
t.i	1,6374	1,5411	2,2049	1,6583	9,1252	9,1893	5,1582
vt/t.i	0,8729	0,9275	0,6482	0,8619	0,1566	0,1555	0,2771
r v,t	0,9919	0,9951	0,9952	0,9907	—0,6590	—0,6614	0,2024
	K_2O	SiO_2	Ba	Rb	Nb	Zr	Y
t.i	1,9151	1,5668	1,7397	3,3332	1,5337	2,0298	1,6648
vt/t.i	0,7463	0,9122	0,8216	0,4288	0,9320	0,7042	0,8585
r v,t	0,9829	0,9951	0,9935	0,9825	0,9950	0,9836	0,9910
	Sr	Ce	Ga	V	Zn	Ni	Cr
t.i	3,9554	2,0916	1,5537	2,0617	1,6601	1,6502	2,7611
vt/t.i	0,3614	0,6834	0,9199	0,6933	0,8610	0,8662	0,5177
r v,t	—0,2821	0,9839	0,9955	0,9837	0,9943	0,9936	0,9793
VT	1,4293						

observem, a més, que tots els elements químics presenten una gran variabilitat química en el conjunt de dades (τ_i). Els elements que proporcionen més variabilitat són el CaO ($\tau_{\text{CaO}} = 9,1893$), el MgO ($\tau_{\text{Mg}} = 9,1252$), el Na₂O ($\tau_{\text{Na}_2\text{O}} = 5,1582$), el Sr ($\tau_{\text{Sr}} = 3,9554$), el Rb ($\tau_{\text{Rb}} = 3,3332$), el Cr ($\tau_{\text{Cr}} = 2,7611$), el MnO ($\tau_{\text{MnO}} = 2,2049$), el Ce ($\tau_{\text{Ce}} = 2,0916$), el V ($\tau_{\text{V}} = 2,0617$) i el Zr ($\tau_{\text{Zr}} = 2,0298$). Contràriament, el Nb és l'element que presenta menys variabilitat, tot i que aquesta continua sent alta ($\tau_{\text{Nb}} = 1,5337$).

En afegir al tractament estadístic els cinquanta-dos individus d'àmfora Pascual 1 procedents del mercat, el valor de la VT és molt elevat ($VT = 1,7427$) i característic d'una població poligènica. Els elements que més contribueixen a crear aquesta variabilitat continuen sent el CaO, el Sr, el MgO, el Na₂O, el Cr, el Rb i el K₂O.

Aquestes diferències químiques entre els individus són força elevades per a considerar que tots aquests individus amforals van ser fabricats amb la mateixa pasta. A més, si ens fixem en les diferències que observem en alguns elements traça que són químicament i geològicament força estables, com és el cas del Zr i el Ce, ens adonem

que la variabilitat que presenten els divuit individus amforals analitzats es deu al fet que van ser elaborats, molt probablement, amb matèries primeres de composició química i geològica diferent. Malgrat això, la variabilitat que presenten alguns elements químics, com el CaO, el Na₂O, el K₂O, el Rb i el Sr, pot ser deguda parcialment a processos secundaris que van ocasionar alteracions en la pasta de les àmfores del mercat durant el procés postdeposicional.

En el gràfic bivariant de la figura 26 es pot observar la distribució que presenten els individus amforals a partir de les concentracions relatives de Na₂O i K₂O. Els individus presenten una correlació directa i inversa, ja que els que tenen valors alts de Na₂O, com les àmfores de pasta clara, presenten valors baixos de K₂O, i viceversa. Aquestes concentracions elevades de Na₂O són típiques de l'existència de fases secundàries, sobre les quals parlarem àmpliament en l'apartat de l'estudi mineralògic.

Com que podem intuir, doncs, alteracions d'origen secundari que podrien haver modificat la composició química de la pasta durant el procés d'enterrament i que podrien ser les causants

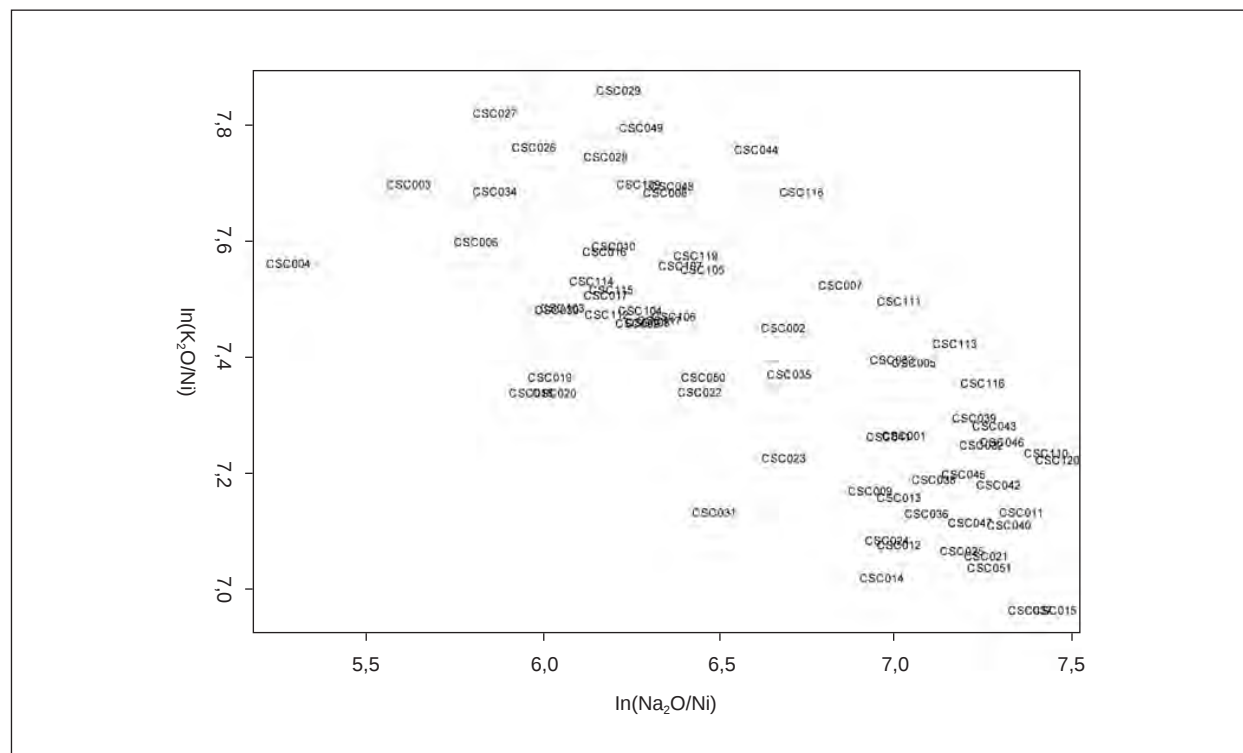


FIGURA 26. Gràfic bivariant dels valors $\ln(\text{Na}_2\text{O}/\text{Ni})$ i $\ln(\text{K}_2\text{O}/\text{Ni})$ per a les àmfores Pascual 1 i els pivots amb marca epigràfica.

de la variabilitat química existent entre els individus del mercat, tornarem a repetir la matriu de la variació composicional per als setanta individus del mercat però sense tenir en compte el Na_2O , el K_2O i el Rb , ja que poden haver patit alteracions durant el període de deposició de les àmfores. En aquest cas, la VT ha disminuït significativament ($VT = 1,2782$), però continua sent força elevada per a representar una població monogènica.

Per tal de conèixer com es distribueixen els individus i si n'hi ha que queden sense associar-se, la figura 27 mostra el dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament realitzada amb el programa S-Plus (MathSoft, 1999). Per a calcular la distància que separa els diferents individus s'han utilitzat la distància euclidiana al quadrat i el mètode aglomeratiu del centroid sobre la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , SiO_2 , Ba , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni

i Cr , i s'ha utilitzat el Nb com a divisor en la transformació de logaritmes de raons.

El dendrograma s'estructura en dos conjunts principals. A l'esquerra hi ha un conjunt minoritari format per les àmfores de pasta poc calcària i tonalitat vermella, entre les quals es troben les marques PLOC (CSC115, CSC117 i CSC119), EPAPR (CSC106, CSC107 i CSC108), LAETI (CSC104, CSC112), LESB (CFSC105) i P (CSC114).

Dins del conjunt CSCM-1, però, no podem considerar que els deu individus van ser fabricats al mateix centre. D'una banda, la marca P (CSC114) s'uneix a la resta a una distància ultramètrica major. De l'altra, una de les marques LAETI (CSC112) es distancia de la resta de marques i s'associa amb les tres àmfores Pascual 1 de pasta vermella procedents del mercat (CSC018, CSC019 i CSC020), tot i que a una gran distància.

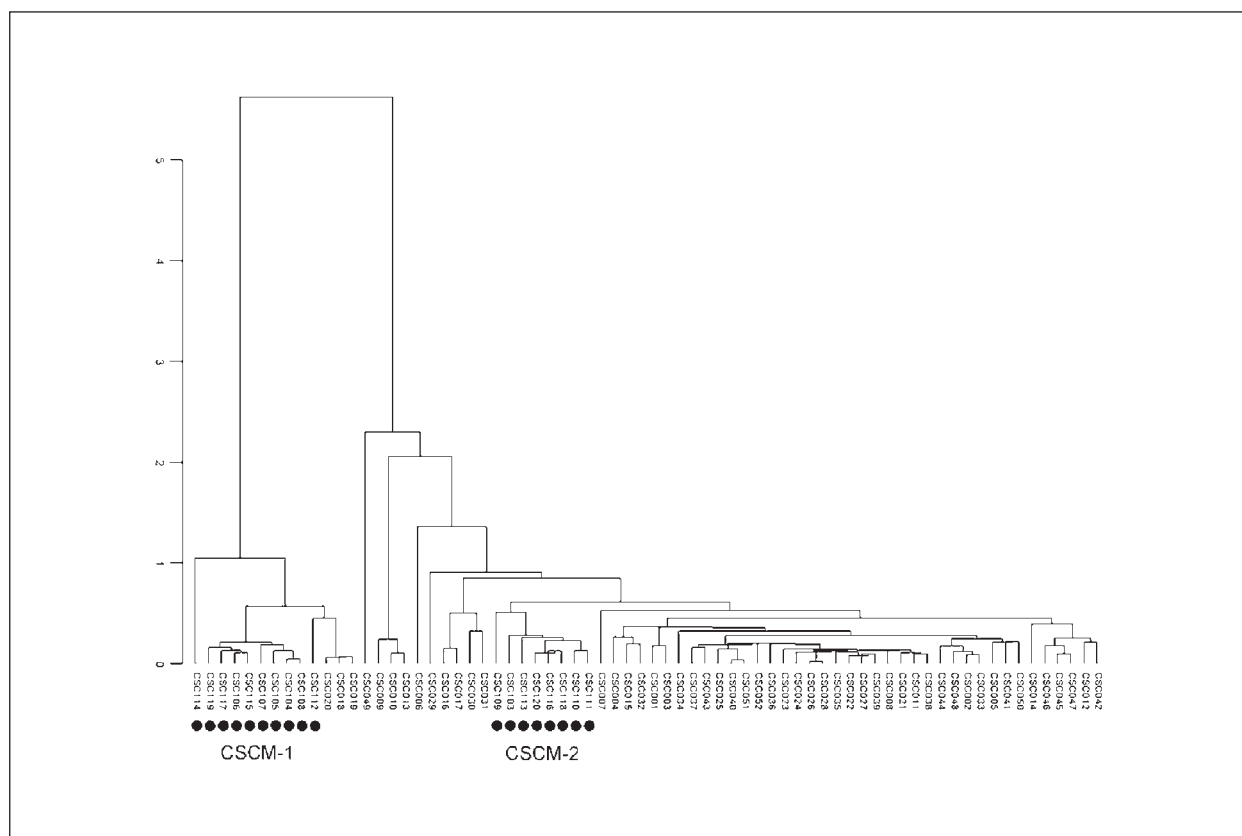


FIGURA 27. Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats dels setanta individus amforals procedents del mercat de Santa Caterina a partir de la subcomposició Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , SiO_2 , Ba , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr , transformada en logaritmes de raons utilitzant el Ni com a divisor i emprant la distància euclidiana al quadrat i el mètode aglomeratiu del centroid. S'indiquen amb un punt negre els pivots amb marca procedents del mercat i els conjunts químics CSCM-1 i CSCM-2.

TÀULA 5
Valors de la composició química normalitzada dels divuit individus amb marca epigràfica procedents del mercat de Santa Caterina

Individus	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	TiO ₂ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	Ba (ppm)*	Rb (ppm)	Nb (ppm)	Zr (ppm)	Y (ppm)	Sr (ppm)	Ce (ppm)	Ga (ppm)	V (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
CSC114	5,54	15,90	0,04	0,73	2,13	3,77	0,75	3,05	67,92	576	114	16	236	30	126	77	19	126	71	32	159
CSC119	5,09	14,72	0,08	0,70	1,29	2,88	0,95	3,00	71,15	531	105	15	251	26	108	69	16	88	78	25	118
CSC117	5,88	16,28	0,08	0,76	1,33	2,68	0,96	3,00	68,88	522	116	17	248	27	98	75	18	102	92	30	140
CSC106	5,78	15,89	0,09	0,76	1,44	2,61	1,00	3,02	69,24	620	118	17	259	28	99	100	18	103	91	30	161
CSC115	6,32	16,74	0,09	0,83	1,68	2,95	0,84	3,17	67,22	529	120	17	255	29	107	92	19	110	95	33	153
CSC107	5,46	15,54	0,08	0,70	1,52	3,56	0,96	3,13	68,90	549	111	16	225	25	111	67	17	93	88	27	206
CSC105	5,67	15,62	0,08	0,73	1,45	2,84	1,02	3,08	69,35	498	115	16	231	25	105	77	17	101	87	28	261
CSC104	6,09	16,55	0,09	0,80	1,46	2,54	0,91	3,06	68,34	567	117	17	245	27	102	81	18	111	93	32	218
CSC108	6,00	16,42	0,09	0,79	1,39	2,77	0,93	3,02	68,44	497	116	17	260	28	100	86	18	108	94	31	205
CSC112	6,15	16,50	0,11	0,79	1,47	2,86	0,85	3,14	67,96	745	106	18	257	26	163	72	18	101	93	34	128
CSC109	4,78	13,97	0,08	0,62	5,16	10,91	0,80	3,35	60,17	736	83	15	189	23	326	52	15	74	89	25	140
CSC103	4,99	14,03	0,09	0,70	4,19	11,76	0,68	2,85	60,57	529	79	16	218	25	183	70	15	74	73	27	166
CSC113	4,89	14,19	0,07	0,65	3,83	7,51	1,96	2,55	64,22	546	70	15	198	22	154	61	16	80	78	25	128
CSC120	4,80	14,05	0,07	0,63	4,49	8,33	2,44	1,95	63,11	451	46	14	182	23	197	68	16	79	74	24	120
CSC116	4,67	13,50	0,08	0,65	4,08	9,55	1,99	2,24	63,10	546	64	14	200	23	203	64	15	76	66	24	124
CSC118	4,64	13,84	0,07	0,61	4,88	9,39	1,19	3,11	62,13	574	78	14	174	23	202	55	16	71	75	25	123
CSC110	5,33	15,29	0,07	0,63	6,59	8,94	2,55	2,12	58,33	474	57	15	160	22	199	66	18	84	82	30	111
CSC111	4,97	14,51	0,07	0,61	5,64	9,78	1,69	2,77	59,82	542	69	15	171	23	184	54	18	79	81	28	110

* Parts per milió.

A la dreta del dendrograma hi ha la majoria d'individus del mercat, caracteritzats per presentar una pasta calcària de tonalitat clara. Entre aquests es troben les marques LESB (CSC109, CSC110, CSC111), LAETI (CSC103, CSC113), PLOC (CSC116), THEOP (CSC118) i O (CSC120). Les àmfores del conjunt CSCM-2 apareixen agrupades i individualitzades de la resta d'àmfores Pascual 1 de pasta clara del mercat. En aquest conjunt trobem tres individus amb la marca LESB, si bé l'àmfora CSC109 s'agrupa amb la resta d'individus d'aquest conjunt a una distància ultramètrica major. Igualment, s'observa poca relació entre les dues marques LAETI. En canvi, les marques O, PLOC i THEOP semblen associades a poca distància de la base del dendrograma, cosa que indica una major semblança composicional.

Arribats a aquest punt, podem observar que les vuit àmfores de pasta vermella amb marca del mercat de Santa Caterina (CSCM-1) semblen químicament força diferents de la resta d'individus analitzats d'aquest centre. En canvi, els individus amb marca i pasta de color clar (CSCM-2) presenten certes semblances amb les àmfores procedents del mateix centre que tenen també una tonalitat clara, tot i que no sembla que es tracti de la mateixa producció.

Per tal de resumir les diferències químiques entre les àmfores amb marca del mercat de Santa Caterina, la taula 3 representa la mitjana aritmètica i la desviació estàndard respecte a la mitjana de les diverses concentracions elementals. Aquests valors són els valors de les dades normalitzades al 100 %, sense considerar la PAF.

En comparar els resultats químics obtinguts per a les divuit marques del mercat de Santa Caterina amb les àmfores Pascual del mercat, del carrer de la Princesa de Barcelona i dels tallers de Can Peixau, de Cal Ros de les Cabres i del Barri Antic, tenint en compte dos-cents trenta-quatre individus ceràmics i vint-i-una concentracions elementals (Fe_2O_3 [com a Fe total], Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Ni i Cr), la VT és d'1,0991, que és un valor alt però normal tractant-se de diverses produccions. Les concentracions relatives que aporten més variabilitat al conjunt de dades són les mateixes que en les MVC anteriors. Si no es tenen en compte el Na_2O , el K_2O i el Rb, el valor de la VT disminueix notablement (VT = 0,8196).

Per tal d'esquematzar com es distribueixen els divuit individus amb marca del mercat entre les produccions dels tallers ceràmics considerats, s'ha fet una anàlisi d'agrupament amb el programa S-Plus (MathSoft, 1999) a partir de la subcomposició Fe_2O_3 (com a Fe total), Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Ni i Cr. S'han emprat la distància euclidiana al quadrat i el mètode aglomeratiu del centroide. El dendrograma resultant (figura 28) posa en relleu una estructura complexa en la qual podem estimar una sèrie d'agrupacions amb més o menys variabilitat interna.

Les àmfores amb marca de pasta vermella del mercat (CSCM-1) apareixen a l'esquerra del dendrograma, pròximes a altres individus poc calcàries del mateix jaciment, i són totes poc calcàries (CaO < 5 %). La pasta d'aquestes àmfores es caracteritza, a més, per presentar unes concentracions elevades de V i Cr.

L'agrupació més homogènia correspon a les àmfores del taller del carrer de la Princesa i evidencia una producció amforal força estandarditzada.

Les àmfores Pascual 1 del taller del Barri Antic (Sant Boi de Llobregat) apareixen pròximes a les àmfores del carrer de la Princesa, i totes presenten uns continguts de CaO mitjans (Casas i Martínez, 2006; Martínez *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2007).

A continuació de les àmfores del carrer de la Princesa es distribueixen les àmfores calcàries (CaO > 5 %) del mercat de Santa Caterina i dels tallers ceràmics de Can Peixau i Cal Ros de les Cabres, situats a l'altra banda del riu Besòs. La distribució d'aquests individus és força heterogènia, ja que, si bé es poden identificar algunes agrupacions procedents dels diversos centres, les àmfores apareixen força barrejades. Entre aquestes agrupacions, les àmfores amb marca de pasta clara procedents del mercat (CSCM-2) formen un conjunt força heterogeni, però apareixen barrejades amb aquestes una àmfora de Can Peixau i dues de Cal Ros de les Cabres. Tanmateix, les diferències composicionals que presenten els individus que formen aquest conjunt són força notables per a pensar que tots comparteixen la mateixa provinença. Els diversos conjunts que es formen a la dreta del dendrograma es caracteritzen principalment per mostrar, respecte als individus del conjunt CSCM-1

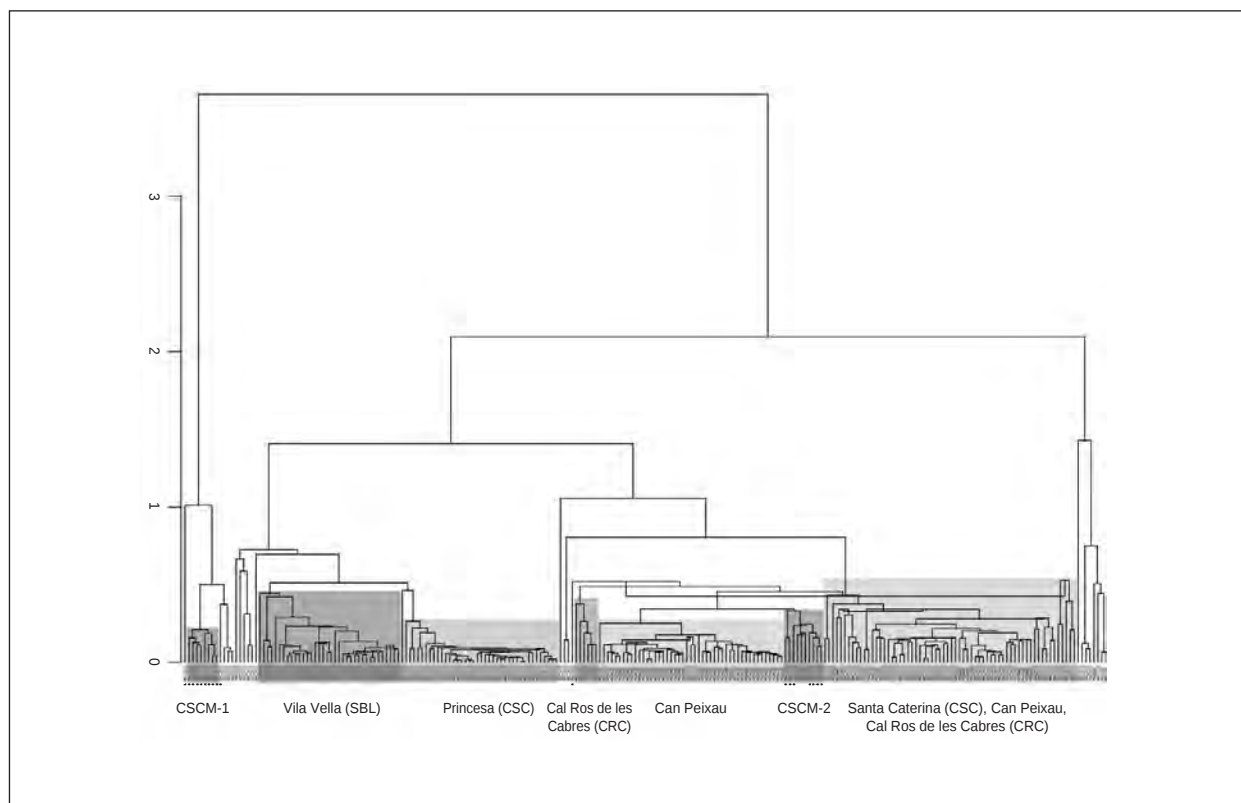


FIGURA 28. Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats de 234 individus d'àmfora del mercat de Santa Caterina, del carrer de la Princesa de Barcelona i dels tallers de Can Peixau (Badalona), Cal Ros de les Cabres (el Masnou) i la Vila Vella (Sant Boi de Llobregat) a partir de la subcomposició Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , SiO_2 , Ba , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr . S'indica el GR dels tallers del carrer de la Princesa i de la Vila Vella. S'indiquen els conjunts químics CSCM-1 i CSCM-2 del mercat i de les àmfores procedents dels centres ceràmics de l'àrea del Besòs (Can Peixau i Cal Ros de les Cabres).

i les àmfores procedents del carrer de la Princesa o del Barri Antic, concentracions més elevades de CaO , MgO i Sr i concentracions inferiors de Zr .

La variabilitat que observem en el caràcter més o menys calcari de les àmfores sembla que està relacionada amb la utilització d'argiles poc calcàries, en el cas de les àmfores de pasta vermella del mercat de Santa Caterina, i d'argiles més calcàries, en el cas de la majoria d'àmfores del mercat, així com dels centres productors considerats. L'ús de l'un o l'altre tipus d'argila requereix uns processos tecnològics determinats en la cadena operacional de manufactura i influeix notablement les característiques físiques i les propietats mecàniques dels contenidors vinaris. Tanmateix, durant el període de deposició de les àmfores es produïren altres processos de fixació de calcita secundària en la matriu ceràmica, els quals comportaren alteracions en el component

calcari original de les pastes ceràmiques. Per tal d'evitar altres possibles fonts de variabilitat que poden introduir errors en el tractament estadístic, s'ha tornat a repetir la MVC dels dos-cents trenta-quatre individus amforals però a partir de la subcomposició Fe_2O_3 (com a Fe total), Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , SiO_2 , Nb , Zr , Y , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr , sense tenir en compte ni el CaO , ni el Sr , ni el Ba . La MVC mostra una variabilitat total de 0,4587, que és normal ateses la quantitat i la diversitat de procedències de les àmfores, tot i que només han estat catorze els elements químics considerats.

El gràfic resultant de l'anàlisi dels components principals (figura 28) mostra una estructura de cinc conjunts principals. La producció del taller del carrer de la Princesa apareix com la més homogènia. Al voltant d'aquest taller s'han trobat algunes àmfores del mercat que semblen més compatibles amb la producció del taller. Les àm-

fores de la Vila Vella també apareixen agrupades i mostren una forta semblança composicional.

El conjunt que formen les àmfores Pascual 1 del mercat de Santa Caterina mostra una estructura més dispersa, cosa que indica l'existència de més d'una producció. Les àmfores Pascual 1 de Can Peixau i Cal Ros de les Cabres presenten una composició molt similar a la de les àmfores de pasta clara del mercat, ja que presenten majoritàriament uns valors elevats de MgO.

Els dos grups superiors corresponen a les àmfores segellades de pasta clara (CSCM-2) i de pasta vermella (CSCM-1) procedents del mercat, que es diferencien de la resta de materials del mateix centre pels valors de MgO, Zr, V i Cr.

Tot i que els individus que formen els conjunts CSCM-1 i CSCM-2 presenten certes semblances en la composició química de les seves pastes, la variabilitat interna de cada un continua sent força elevada per a poder considerar que les àmfores que formen cada conjunt responen a una sola producció. Només en alguns casos, per la seva semblança composicional, ens atrevim a atribuir la mateixa provinença. Aquest seria el cas, dins el conjunt CSCM-1, dels *cognomina* EPAPR (CSC108) i LAETI (CSC104). Entre les àmfores de pasta clara del conjunt CSCM-2, podrien compartir la mateixa provinença l'individu CSC118, corresponent a la marca THEOP, i l'individu CSC120, corresponent a la marca O.

Com a síntesi del tractament estadístic de les dades composicionals, s'observa que les àmfores procedents del mercat de Santa Caterina mostren una alta variabilitat composicional, que no és el que s'espera de la producció d'un taller ceràmic. Aquesta variabilitat contrasta amb l'homogeneïtat observada en les produccions amforals del taller del carrer de la Princesa de Barcelona o en les àmfores Pascual 1 del taller de la Vila Vella (Sant Boi de Llobregat). Aquesta variabilitat composicional tan elevada obliga a parlar de diverses produccions amforals en el cas dels materials procedents del mercat. Durant la fabricació d'aquestes diverses produccions es van utilitzar unes pastes ceràmiques que responien a diferents estratègies d'aprovisionament de les matèries primeres. Aquestes pastes eren, a més, força diferents de la pasta utilitzada en la producció amforal del taller del carrer de la Princesa i responien a diversos processos tecnològics portats a terme en la cadena operacional de fabricació. L'ús

d'uns processos o d'uns altres va donar lloc, d'una banda, a unes pastes poc calcàries i de tonalitat vermella, i, de l'altra, a unes pastes calcàries i de tonalitat clara. Però, a més d'aquestes diferències, s'observa que la matèria primera utilitzada en la fabricació d'aquests contenidors presenta composicions diferents. Alguns dels individus ceràmics del mercat, els de pasta amb una tonalitat més vermellosa, semblen més pròxims, des del punt de vista composicional, a les àmfores del carrer de la Princesa i de Sant Boi de Llobregat, que, tot i que són calcàries, presenten valors inferiors de CaO i comparteixen uns valors baixos de MgO. En canvi, un gran volum de materials del mercat, els de pasta clara, semblen més compatibles, des del punt de vista composicional, amb les produccions de l'àrea del riu Besòs, pròximes a la ciutat romana de *Baetulo* (Badalona). Els tallers de Can Peixau i Cal Ros de les Cabres es caracteritzen per haver fabricat àmfores Pascual 1 calcàries, tot i que algunes presenten uns valors de MgO més elevats que les altres (Buxeda i Gurt, 1998). Trobem el mateix esquema en els contenidors de pasta calcària del mercat, els quals, per aquest motiu, apareixen barrejats amb aquestes produccions. Tot i que s'evidencien certes agrupacions entre els individus dels tallers de Can Peixau, per una banda, de Cal Ros de les Cabres, per l'altra, i del mercat, per una altra, és molt difícil diferenciar químicament aquestes produccions, ja que en totes sembla que es van utilitzar matèries primeres força similars. Així, ens trobem davant d'una zona d'incertitud, on tenim documentats diversos tallers situats en una àrea propera a la plana baixa del riu Besòs i que van fabricar àmfores Pascual 1 en època d'August utilitzant unes matèries primeres i uns processos tecnològics força similars.

A partir d'aquestes dades, podríem pensar que els contenidors procedents dels abocadors del mercat van ser manufacturats en alguns dels centres propers a *Baetulo* que conformen aquesta zona d'incertitud, van ser traslladats fins a les portes de la colònia de *Barcino* i van ser llençats en uns abocadors situats a l'àrea suburbana, pròxims a la via que connectava les dues ciutats. Tanmateix, la presència d'escòries ceràmiques i de rebuigs de cocció, juntament amb la gran abundància de fragments amforals apareguts dins dels abocadors del mercat de Santa Caterina, ens porta també a suposar que les àmfores del

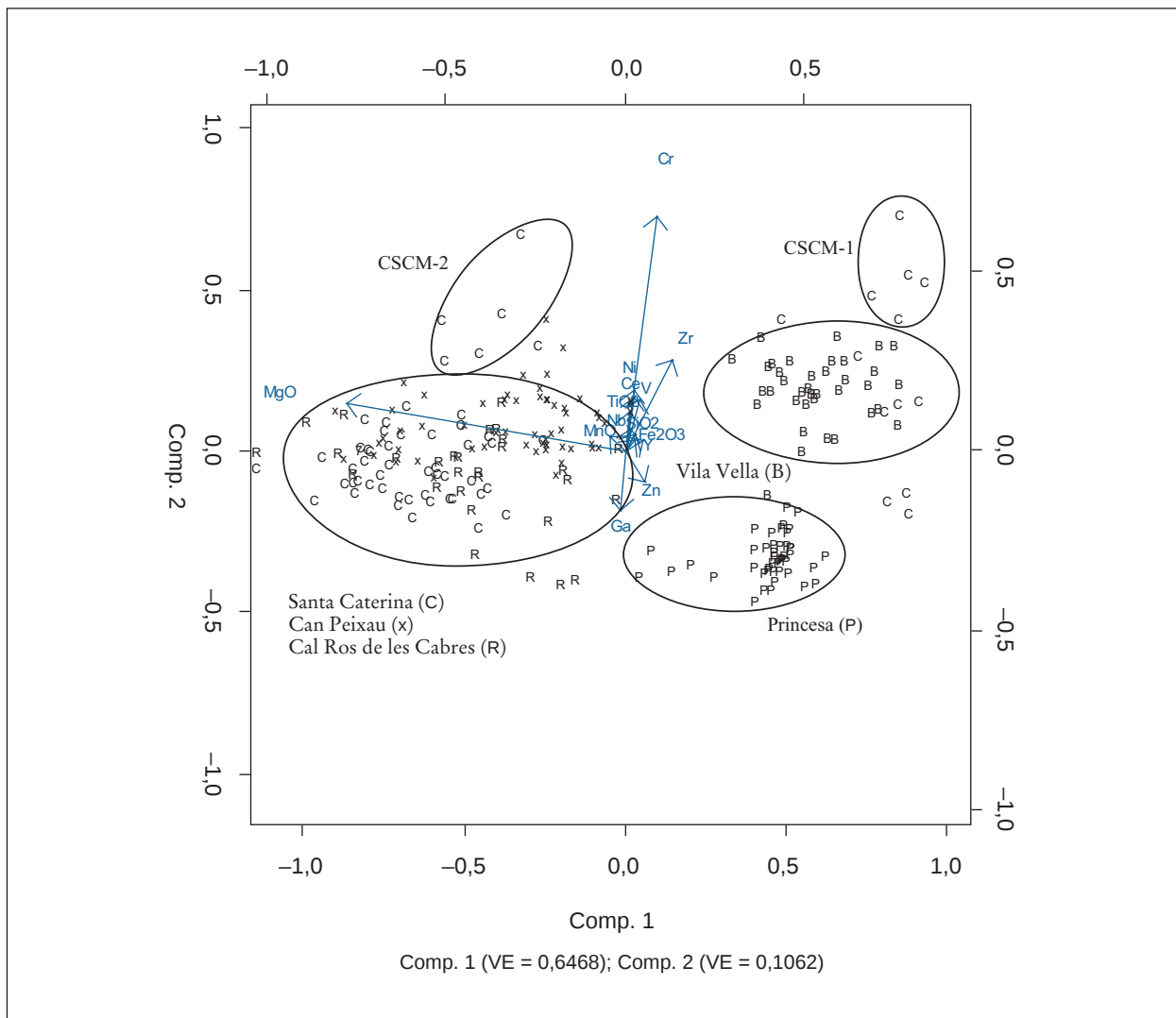


FIGURA 29. Gràfic bivariant de la primera i la segona components principals obtingudes de l'ACP. S'indiquen les agrupacions corresponents a les àmfores del carrer de la Princesa, de la Vila Vella, del mercat de Santa Caterina, de Can Peixau i de Cal Ros de les Cabres a partir de la subcomposició Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , SiO_2 , Nb , Zr , Y , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr , transformada en logaritmes de raons utilitzant Al_2O_3 com a divisor.

mercat van ser fabricades en aquest indret proper a la ciutat i al centre ceràmic del carrer de la Princesa. Un altre aspecte que dóna suport a la hipòtesi d'una producció al pla és que tant les àmfores procedents dels abocadors ceràmics del mercat com les recuperades al jaciment romà del carrer d'en Giralt el Pellisser, annex al mercat de Santa Caterina, s'insereixen en aquesta zona d'incertitud. Si es tractés de deixalles ocasionals en uns abocadors de l'exterior de la ciutat, no trobaríem aquests individus tan àmpliament escampats ni en aquesta proporció.

Podríem acceptar que les àmfores dels abocadors ceràmics del mercat de Santa Caterina

van ser fabricades en diversos tallers situats al suburbi de la colònia de *Barcino*, els quals van fabricar el mateix model, l'àmfora Pascual 1, però van adoptar estratègies diferents quant a l'aprovisionament de les matèries primeres i el processament de la pasta. Les diferències composicionals indicarien que les àrees d'extracció de les argiles devien ser diferents, tant en la fabricació de les diverses produccions del mercat com entre aquestes i la producció amforal del carrer de la Princesa. També s'observen diferències tecnològiques en les diverses manufactures, ja que, mentre que uns ceramistes utilitzaven pastes poc calcàries que conferien una tonalitat ver-

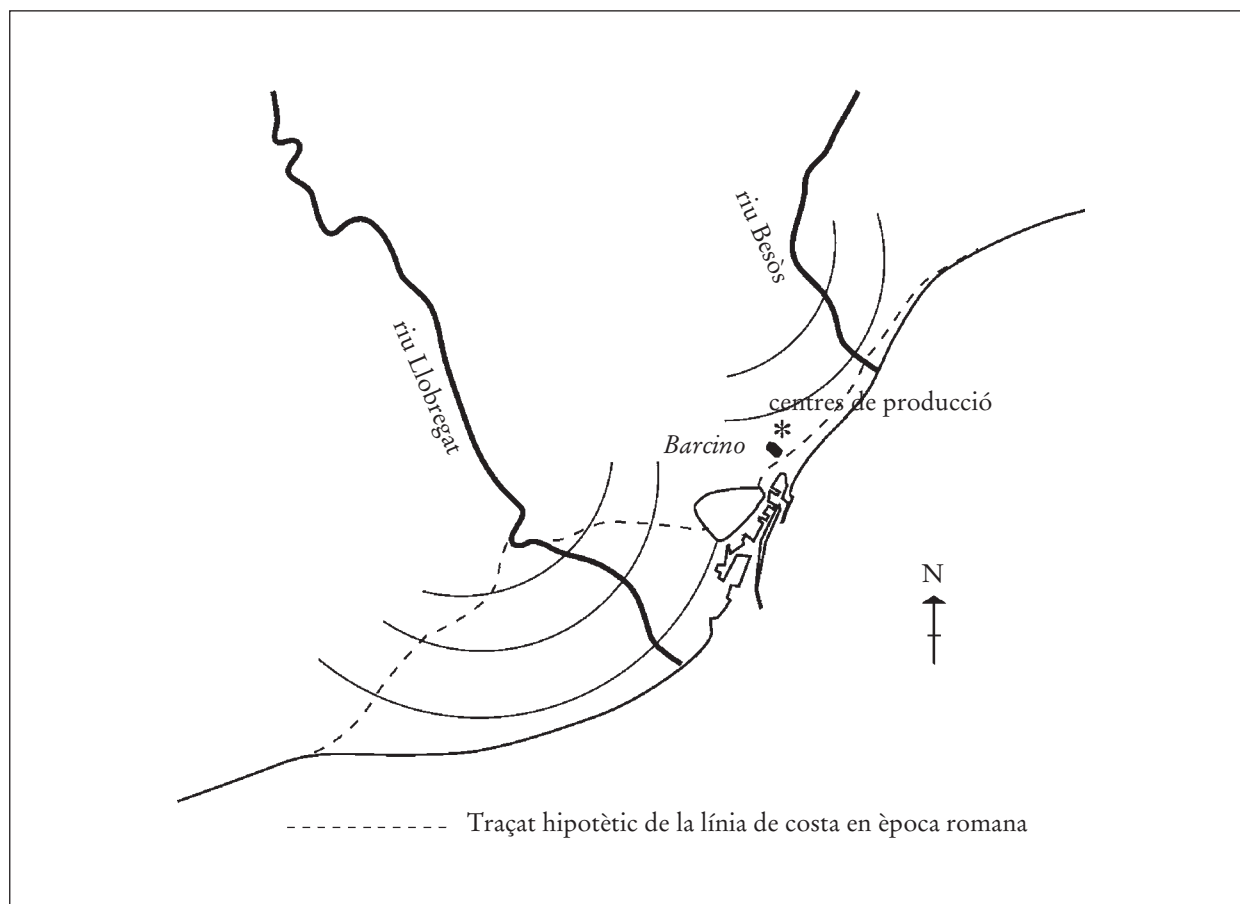


FIGURA 30. Localització dels centres ceràmics del pla de Barcelona respecte a les conques baixes dels rius Besòs i Llobregat.

mella al producte manufacturat final, altres utilitzaven pastes calcàries que, cuites a bona o a alta temperatura, conferien al producte una tonalitat més clara.

La resposta a la diversitat de matèries primeres, si partim de la idea que l'aprovisionament es feia en llocs pròxims a la ciutat, pot estar relacionada amb la diversitat geològica del medi en el qual s'emplaça la zona productora de *Barcino*. La ciutat romana i el territori circumdant s'assentaren just en el punt de connexió dels sediments aportats pels cursos fluvials del Besòs i el Llobregat (figura 30). La composició dels sediments seleccionats per a la manufactura ceràmica varia en funció de si corresponen a aportacions sedimentàries de les conques de l'un o l'altre riu. Això explica la proximitat existent entre les àmfores del Barri Antic (Sant Boi de Llobregat), d'una banda, i les produccions del carrer de la Princesa de Barcelona i els contenidors poc calcaris del mercat de Santa Caterina. Totes aques-

tes produccions, tant les calcàries com les poc calcàries, es caracteritzen globalment per presentar uns valors relatius baixos de MgO. D'altra banda, sembla que la major part de ceramistes que llençaren els rebuigs de la seva producció als abocadors del mercat utilitzaren unes pastes predominantment calcàries, pròximes, des del punt de vista composicional, a les produccions dels centres instal·lats a l'àrea del Besòs. Aquestes produccions, a més de ser sempre calcàries, es caracteritzen per presentar un contingut de MgO molt superior al de les produccions de pasta vermella del pla de Barcelona. La similitud composicional entre les pastes calcàries del mercat i les produccions de l'àrea de *Baetulo* podria explicar-se per la utilització d'uns sediments argilosos aportats principalment pel riu Besòs.

Tot i que ens podríem decantar per aquesta segona hipòtesi, per tal d'atribuir una provenença segura del pla de Barcelona a les àmfores del mercat de Santa Caterina caldria, en primer lloc,

documentar alguna resta arqueològica en aquest sector de la ciutat relacionada amb possibles estructures de producció ceràmica. D'altra banda, caldria ampliar l'estudi petrogràfic a tots els individus, tant del mercat com dels centres productors propers a la ciutat, per tal d'avaluar les seves similituds quant als constituents no plàstics. Igualment, seria important identificar les possibles fonts d'aprovisionament d'argila en cada producció, però l'anàlisi de les matèries primeres requereix un estudi geològic i sedimentològic aprofundit que excedeix els objectius d'aquest treball.

5. LA CARACTERITZACIÓ TECNOLÒGICA

A partir de la caracterització química hem pogut identificar una gran diversitat de pastes ceràmiques entre les àmfores analitzades procedents del mercat de Santa Caterina. Des del punt de vista de la caracterització mineralògica, s'han pogut determinar diferents processos tecnològics de la cadena operacional entre les diverses produccions. La diversitat de matèries primeres i la pre-

sència de produccions calcàries i produccions poc calcàries han donat lloc, en part, a la variabilitat composicional observada. La diferenciació entre els individus calcaris i els individus poc calcaris es pot observar en situar els individus estudiats en el diagrama ternari del sistema $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (figura 31). Les àmfores del carrer de la Princesa i els individus poc calcaris del mercat (CSCM-1) o els pròxims a la producció del taller del carrer de la Princesa (CSC016, CSC017 i CSC049) se situen dins el triangle de compatibilitat quars-anortita-mullita, la qual cosa indica que les concentracions de CaO són poc importants. En canvi, la resta d'individus calcaris del mercat, entre els quals es troben els pivots amb marca de pasta clara, s'agrupen de manera més dispersa en el triangle de compatibilitat quars-wollastonita-anortita (Heimann, 1989; Maggetti, 1982).

Els processos tecnològics relacionats amb la cocció de les àmfores (el tipus d'atmosfera de cocció i postcocció i la temperatura de cocció) determinen en gran manera les característiques físiques (microestructura, color, etc.) i les propietats físiques i mecàniques (porositat, resistència mecànica a la fractura, tenacitat, etc.) dels materials. Igualment, els processos d'ús, deposició i postdeposi-

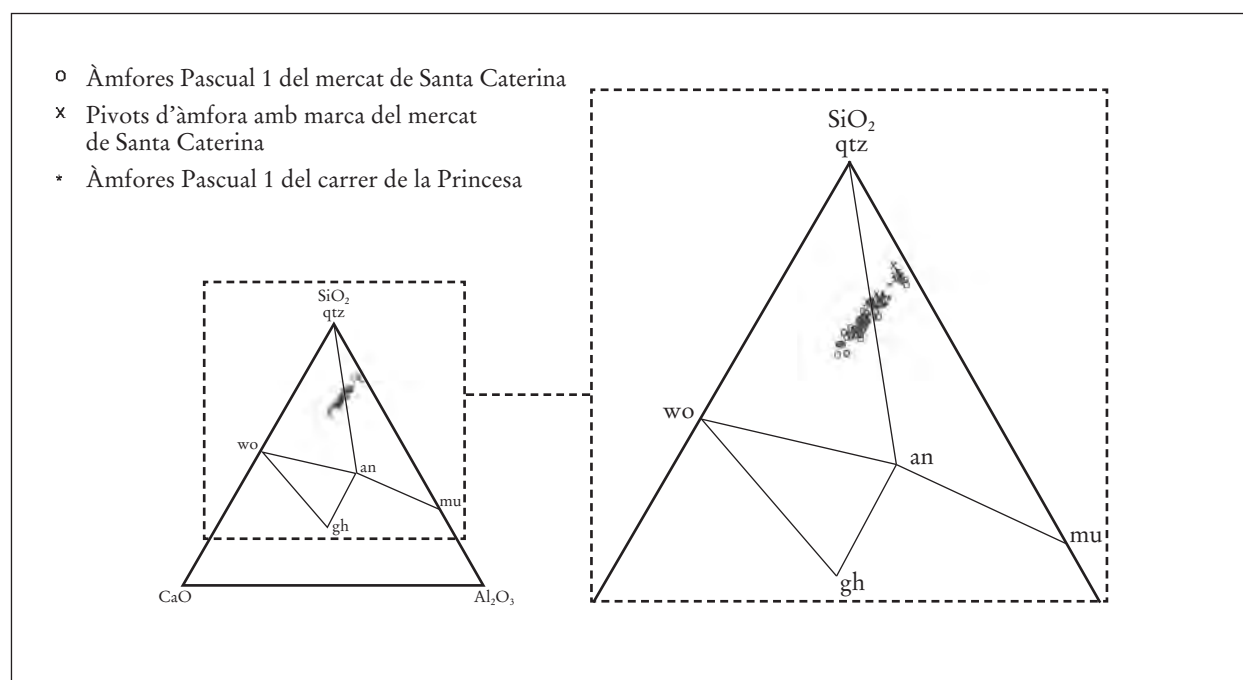


FIGURA 31. Diagrama ternari del sistema $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, amb l'emplaçament dels 110 individus analitzats procedents del mercat de Santa Caterina i del carrer de la Princesa de Barcelona; qtz = quars (SiO_2); wo = wollastonita (CaSiO_3); an = anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$); mu = mullita (Al_2SiO_5); gh = gehlenita ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$).

ció de les ceràmiques arqueològiques poden provocar alteracions i transformacions mineralògiques que produiran canvis en les seves propietats físiques finals (Picon, 1973; Picon, 1991; Heimann i Maggetti, 1981; Heimann, 1982; Heimann, 1989; Maggetti, 1982).

La caracterització mineralògica per DRX ens permet identificar les fases cristallines presents en la ceràmica, que poden ser fases minerals primàries, de cocció i/o secundàries. Les fases minerals que es troben a la pasta ceràmica abans de la cocció són les primàries. Les fases cristallines de cocció són els minerals que es formen a la matriu durant el procés de cocció a causa de les transformacions ocasionades per la temperatura, l'atmosfera i el temps de cocció. Finalment, les fases cristallines secundàries són degudes a la formació de minerals per alteració i/o contaminació de les fases precedents i es formen generalment durant el procés postdeposicional de les ceràmiques.

L'estudi de les fases cristallines difractades, en el cas dels individus analitzats, ens porta a estimar la temperatura de cocció equivalent (TCE) de cada individu i a identificar les fàbriques mi-

neralògiques, enteses com la diversitat d'individus ceràmics en un mateix taller (Buxeda, Cau *et al.*, 1995).

Per tal d'avaluar l'evolució de les fases cristallines en els individus poc calcaris del mercat, s'ha fet un experiment termodifractomètric sobre l'individu CSC020 de pasta vermella. S'observa que a 800 °C la calcita s'ha descompost totalment però resten altres fases primàries, com el quars, les illites, els feldspats potàssics, la plagiòclasis i l'hematites, que podria tractar-se, en part, d'una fase de cocció (figura 32). Durant el procés de cocció, la poca presència de carbonats reaccionarà amb altres elements de l'argila i crearà magnesiosilicats i aluminosilicats. Així, a partir de 850 °C s'observa la cristallització de l'espinel·la. Tanmateix, a partir de 1.000 °C desapareixen les illites i es fan més intenses altres fases minerals de cocció, com l'hematites i l'espinel·la. A partir de 1.050 °C es documenta un gran increment de la plagiòclasis en detriment dels feldspats potàssics, així com una gran intensitat dels pics d'hematites. La cristallització d'aquests òxids de ferro contribueix a crear una tonalitat

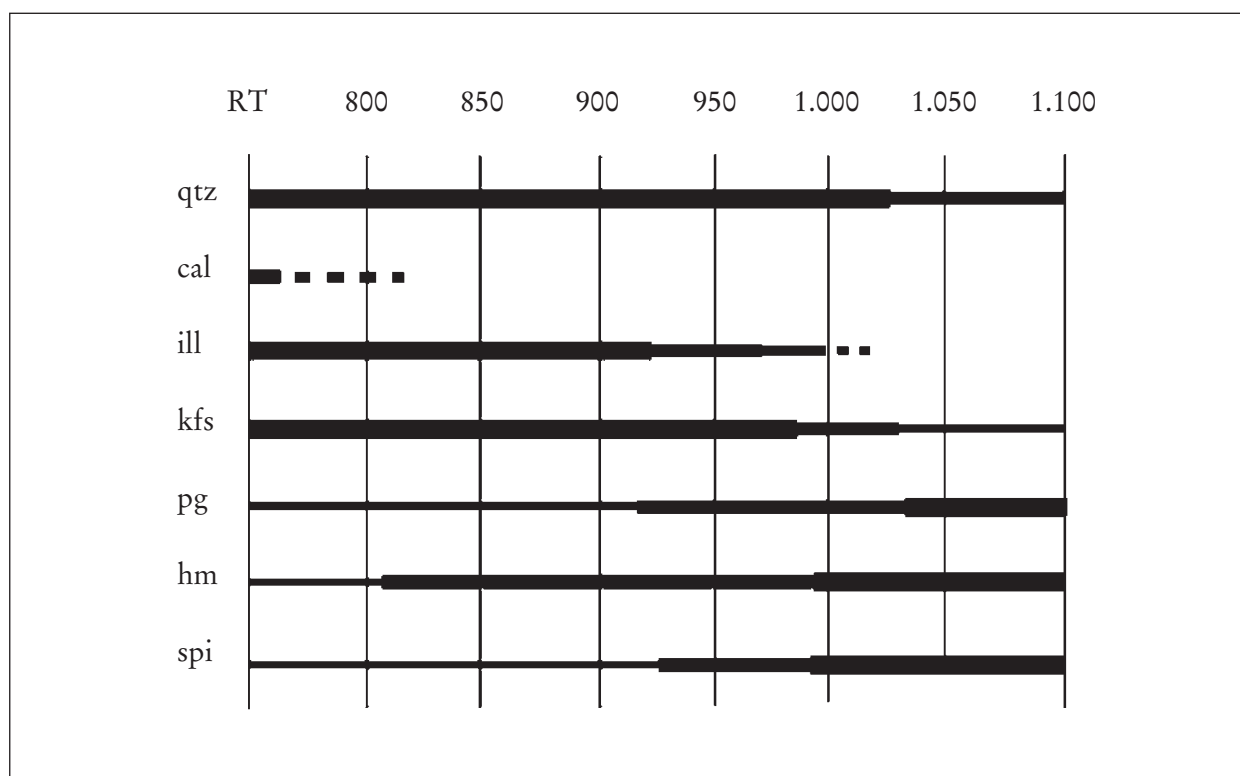


FIGURA 32. Resultats dels experiments termodifractomètrics de l'individu CSC020, poc calcari i amb pasta de tonalitat vermella, procedent del mercat de Santa Caterina. RT: temperatura ambient; qtz: quars; cal: calcita; ill: illita moscovita; kfs: feldspat potàssic; pg: plagiòclasis; hm: hematites; spi: espinel·la.

vermella cada cop més intensa a mesura que augmenta la temperatura de cocció.

A partir d'aquest esquema termodiffractomètric podem estimar la TCE per als individus poc calcaris amb marca del mercat. Les àmfores CSC114 i CSC119 semblen cuites a bona temperatura (al voltant de 850-900 °C), per la presència de fases primàries, com el quars, les illites moscovites, la calcita, els feldspats potàssics i la plagiòclasi, malgrat la cristallització d'algunes fases de cocció, com els piroxens, i la presència clara d'hematites (figura 33, esquerra). La TCE estimada per als individus CSC104, CSC107, CSC108 i CSC115 se situa al voltant dels 900-1.000 °C, ja que ha cristallitzat l'espinel·la i encara hi són presents les illites moscovites, tot i que amb poca intensitat. Els pics d'hematites apareixen també més desenvolupats. Tres individus (CSC105, CSC106 i CSC117) presenten una TCE superior a 1.000 °C, ja que les illites han desaparegut totalment i les fases de cocció apareixen de manera més intensa (figura 33, dreta).

L'evolució de les fases cristal·lines amb l'augment de la temperatura de cocció en el cas de les àmfores calcàries i amb alt contingut de MgO, s'ha estimat mitjançant un experiment termodiffractomètric sobre l'individu CSC027. La figura 34 mostra que, entre 800 i 850 °C, la calcita s'ha descompost totalment, i això indica amb

molta probabilitat que part dels carbonats presents en els individus del mercat de Santa Caterina són d'origen secundari. Les illites apareixen com a fase primària però desapareixen completament al voltant dels 1.000 °C. L'hematites, present en tots els rangs de temperatura, apareix sempre poc desenvolupada. Altres fases primàries, com la plagiòclasi, experimenten un gran desenvolupament amb l'augment de la temperatura, sobretot quan aquesta és superior a 1.000 °C, i especialment a 1.100 °C. Des de 850 °C, s'observa la cristallització de fases de cocció com la gehlenita i els piroxens, que es desenvolupen amb més intensitat a partir dels 1.000 °C, i especialment a 1.100 °C.

Els pivots amb marca de pasta clara del mercat semblen cuits a una TCE superior a 1.000 °C, ja que no s'observen pics poc intensos de fil·losilicats, que en alguns individus ja han desaparegut totalment. Les fases de cocció —plagiòclasi, piroxens i hematites— apareixen ben desenvolupades. A més, destaca la presència d'analcima com a fase secundària, igual que a les fàbriques d'àmfores calcàries de pasta clara i cuites a elevada temperatura del mercat (taula 11).

L'estudi de les fases minerals presents en la ceràmica ens ha permès determinar fases primàries, com el quars i les illites moscovites, a les àmfores analitzades. La presència de quars i de miques a la

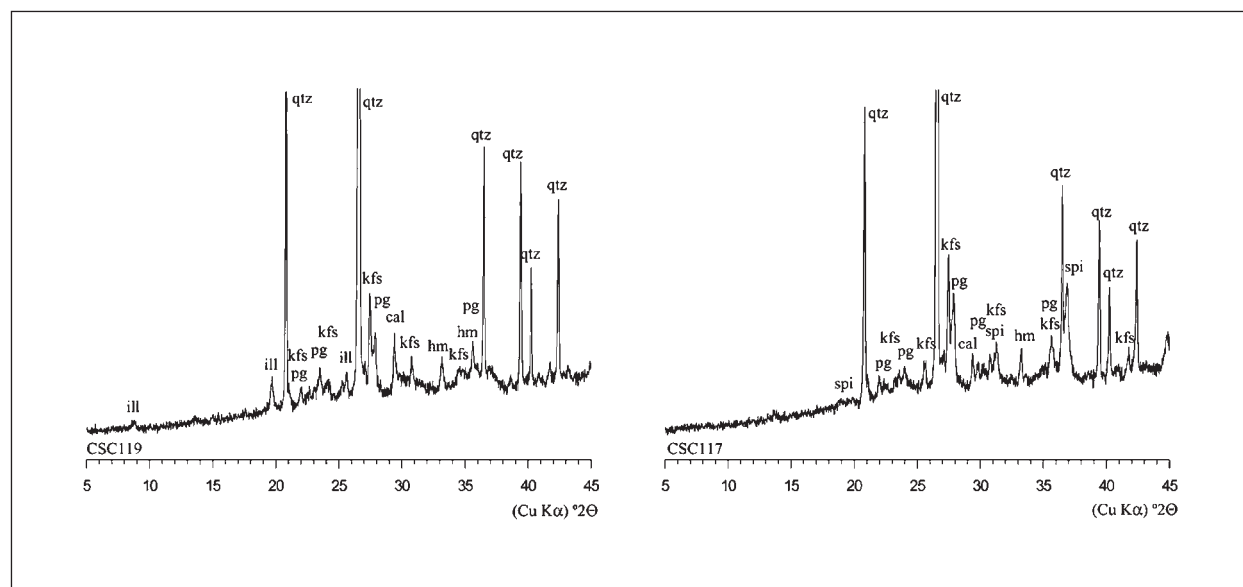


FIGURA 33. Diffractograms corresponents als individus amb marca epigràfica, poc calcaris, procedents del mercat de Santa Caterina, cuits a baixa temperatura (esquerra) i a alta temperatura (dreta). Cal: calcita; hm: hematites; ill: illita moscovita; kfs: feldspat potàssic; pg: plagiòclasi; qtz: quars; spi: espinel·la.

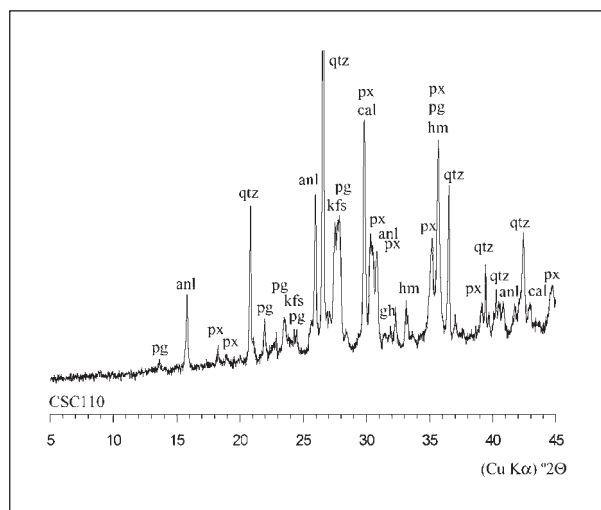


FIGURA 34. Resultats dels experiments termodifrac-tomètrics de l'individu CSC027, calcari i amb pasta de tonalitat clara, procedent del mercat de Santa Ca-terina. Qtz: quars; cal: calcita; ill: illita moscovita, kfs: feldspat potàssic; pg: plagiòclasis; hm: hematites; gh: gehlenita; px: piroxè.

pasta és evident fins i tot en un estudi macros-còpic. A les fàbriques de baixa temperatura —al voltant dels 800 °C—, l'hematites, els feldspats potàssics i les plagiòclasis presents podrien res-pondre igualment a fases minerals primàries.

En canvi, durant la cocció, amb l'augment de la temperatura, la pasta calcària de les àmfo-res pateix reaccions químiques com a conse-qüència del pas de l'estat sòlid a l'estat «líquid». Aquestes reaccions comporten la transformació d'alguns minerals i la consegüent desaparició o formació de noves fases cristal·lines. Aquestes reaccions depenen de la composició química inicial i de la mida i la distribució dels minerals en la pasta, així com de la temperatura, el temps i l'atmosfera de cocció i postcocció. Si bé no podem controlar alguns d'aquests aspectes, com el temps de cocció, altres sí que poden ser estimats.

El procés de cristallització de fases de cocció de ceràmiques calcàries està molt relacionat amb la descomposició dels carbonats durant la cocció. Així, a partir dels 700-750 °C, la calcita pri-mària (CaCO_3) comença a descompondre's se-gons la reacció $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2(\text{g})$. El CO_2 és un gas que tendeix a desprendre's amb l'aug-ment progressiu de la temperatura. L'aparició d'aquest CO_2 provoca la formació d'una micro-estructura de tipus cel·lular, de manera que crea

espais buits a la matriu i origina una ceràmica porosa. El CaO es combina amb altres elements de l'argila i forma noves fases de cocció. Tan-mateix, la descomposició total de la calcita no de-pèn només de la temperatura de cocció assolida, sinó també de la mida de les partícules de carbo-nat. Si aquestes tenen una mida gran, el temps de cocció no serà suficient per disassociar el CaO del CO_2 (Heimann i Maggetti, 1981). El resultat serà una ceràmica porosa amb unes propietats fí-siques i mecàniques particulars (Maggetti, 1981; Maniatis i Tite, 1981; Kilikoglou *et al.*, 1988; Kili-koglou i Vekini, 1998; Tite *et al.*, 2001).

La descomposició de la calcita a partir dels 700-750 °C dona pas a una sèrie de reaccions amb altres substàncies originades per la descomposi-ció paral·lela dels minerals de l'argila, de manera que es formen calcosilcats, calcoaluminosilcats i ferrosilcats de calci. Aquestes reaccions deri-ven cap a la cristallització de fases minerals de cocció (anortita, gehlenita, diòpsids, hematites, etc.) (Heimann i Maggetti, 1981; Heimann, 1982; Heimann, 1989; Maniatis *et al.*, 1981a). D'aques-ta manera, els piroxens, com el diòpsid ($\text{CaMg-Si}_2\text{O}_6$), poden originar-se a partir de les reac-cions, a temperatures superiors als 850-900 °C, entre la calcita i els òxids de silici i de magnesi. En canvi, la gehlenita ($\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$) pot for-mar-se a partir de les reaccions entre la calcita i els òxids de silici i d'alumini presents en la pasta ceràmica. El mineral resultant és una fase meta-estable, ja que a temperatura més alta (> 1.000 °C) la gehlenita reacciona amb altres silcats i forma les plagiòclasis, del tipus de l'anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), com a fases de cocció.

Aquestes reaccions originades durant el pro-cés de cocció i postcocció de les ceràmiques calcà-ries explica per què documentem els pics de cal-cita en les fàbriques d'alta temperatura, quan aquesta assoleix la seva descomposició total a par-tir dels 800 °C (figura 34). La presència d'aquests pics de calcita pot deure's a diversos processos. D'una banda, poden ser restes de calcita primària conservada que no ha arribat a descompondre's perquè es tracta d'inclusions de mida gran. De l'altra, poden deure's a la cristallització de calcita secundària a partir de l'òxid de calci que no ha re-accionat formant fases de cocció amb l'augment de la temperatura. Aquesta cristallitza en forma de geodes en les porositats de la matriu ceràmica crea-des per la mateixa descomposició de la calcita pri-

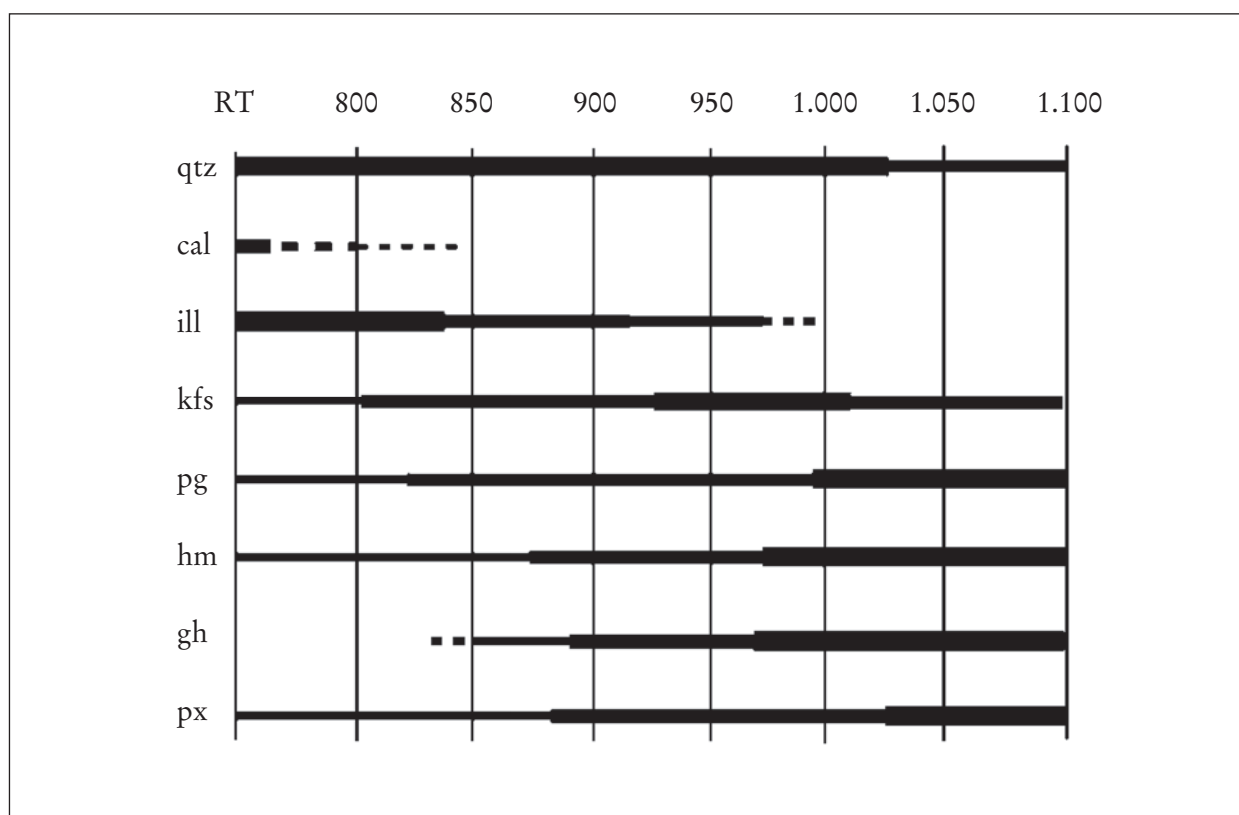


FIGURA 35. Difractograma corresponent als individus amb marca epigràfica, calcaris, procedents del mercat de Santa Caterina i cuits a alta temperatura. Anl: analcima; cal: calcita; gh: gehlenita; hm: hematites; kfs: feldspat potàssic; pg: plagiòclasis; px: piroxè; qtz: quars.

mària (Buxeda, 1999; Buxeda i Cau, 1995). Tanmateix, la calcita pot haver cristallitzat com a conseqüència de la precipitació de carbonats originats per l'aigua subterrània en un context de deposició humit, que pot originar, igualment, precipitacions de carbonat.

En coccions superiors als 800 °C en atmosferes oxidants, el CaO reacciona igualment amb els òxids i els hidròxids de ferro presents en l'argila. Aquests són força inestables i tendeixen a descompondre's i a formar nous cristalls d'òxid fèrric (Fe^{3+}), cosa que origina la formació d'hematites (Fe_2O_3), que es desenvolupa a mesura que augmenta la temperatura de cocció. La formació d'aquest mineral comporta canvis en la coloració de la pasta, que depèn, en gran manera, de la concentració de ferro en la pasta, de la mida dels cristalls d'hematites i del grau de reacció segons la temperatura assolida. En ceràmiques poc calcàries amb concentracions de Fe_2O_3 com les que presenten les nostres àmfores, al voltant del 5-6 % de Fe_2O_3 , a partir dels 900 °C la cristallització de

l'hematites dóna una coloració vermella a la pasta. En ceràmiques calcàries, les reaccions de la descomposició de la calcita fan que s'inhibeixi el creixement dels cristalls d'hematites. Si la TCE assolida és elevada (> 1.000 °C), la fase líquida que es produeix a la matriu impedeix l'oxidació constant dels òxids fèrrics i la tonalitat de la pasta resultant és més clara. Així, les àmfores calcàries cuites a baixa temperatura presenten una tonalitat rosa clar, mentre que les àmfores cuites a alta temperatura presenten tonalitats clares.

En una gran part de les àmfores calcàries del mercat es documenta la presència d'una fase secundària, l'alcima, que correspon a una zeolita sòdica ($\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). La formació de l'alcima com a fase secundària sembla que està relacionada amb l'alteració de la fase vítria que té lloc en les ceràmiques calcàries quan són cuites a alta temperatura. Aquesta alteració es produeix en el material format per silicats i comporta un procés doble: d'una banda, l'alteració de la fase vítria de ceràmiques calcàries cuites a una tempe-

ratura elevada, amb la lixiviació de potassi i, normalment, també de rubidi; posteriorment, sobre aquesta fase vítria alterada es produeix la cristallització de l'analcima, que comporta la fixació de sodi allòcton (Buxeda, 1999; Buxeda *et al.*, 2002; Schwedt *et al.*, 2006).

Com a síntesi de l'anàlisi tecnològica, s'observa en les diverses produccions l'ús de tecnologies molt diferents que donen pas a uns productes manufacturats de característiques físiques i propietats mecàniques també diferents. Cal recordar, però, que una minoria d'àmfores van ser fabricades amb una pasta poc calcària i van ser cuites en una atmosfera oxidant, que dona lloc a contenidors de tonalitat vermella. En canvi, la major part dels contenidors amforals procedents del mercat van ser fabricats amb una pasta calcària i van ser cuits a temperatura elevada. A més, en un gran nombre d'àmfores s'observa la cristallització de l'analcima com a fase secundària, cosa que ha contribuït sens dubte a modificar les característiques microestructurals de les pastes originals. És per aquest motiu que els contenidors de pasta clara presenten un tacte més sabonós i la pasta poc compacta, poc dura i amb molt poca resistència a la fractura.

6. CONCLUSIONS

La caracterització arqueomètrica de les àmfores del mercat mostra una gran complexitat en les produccions amforals procedents dels abocadors del mercat de Santa Caterina, entre les quals es troben les divuit marques epigràfiques, i del carrer d'en Giralt el Pellisser de Barcelona.

La variabilitat química existent entre els contenidors del mercat contrasta amb la poca variabilitat observada en altres centres productors, com el del carrer de la Princesa. A més, sorprèn la poca semblança composicional existent entre les àmfores d'aquest taller ceràmic i les del mercat, localitzades tan pròximes. Només les àmfores poc calcàries i de pasta vermella del mercat poden associar-se més amb les àmfores del carrer de la Princesa que no pas amb les del mateix mercat. En canvi, les àmfores calcàries de pasta clara del mercat semblen força compatibles amb les produccions amforals dels tallers ceràmics situats a la plana baixa del riu Besòs, al territori de *Baetulo*, com seria el cas de Can Peixau i Cal Ros

de les Cabres. Aquesta semblança composicional ens porta a pensar que les pastes calcàries del mercat van ser aprovionades en punts de la conca del Besòs propers a la colònia de *Barcino*, i per aquest motiu presenten una composició similar a les produccions de Can Peixau i Cal Ros de les Cabres, que degueren aprovisionar-se dels sediments aportats pel mateix riu. En canvi, la pasta de les àmfores poc calcàries, de tonalitat vermella, sembla que va ser aprovionada en altres punts del pla, ja que, des del punt de vista composicional, sembla més pròxima a les pastes d'alguns tallers situats a la banda del riu Llobregat, com el de la Vila Vella (Sant Boi de Llobregat). És per això que no descartem la hipòtesi que la majoria de les àmfores procedents del mercat van ser fabricades al pla de Barcelona, en uns tallers ceràmics pròxims al solar del mercat de Santa Caterina. Tanmateix, la diferència composicional que presenten alguns individus és indicativa de l'existència de materials de diferents proveniències, que en l'estat actual de la recerca no es poden identificar. Caldria ampliar la caracterització arqueomètrica amb altres tècniques d'anàlisi, com la petrogràfica, per a discriminar les possibles produccions en funció del tipus i les característiques dels fragments de roca i dels minerals i atribuir una proveniència a un entorn geològic concret. També caldria ampliar l'estudi sobre els tipus de matèries primeres i les possibles fonts d'aprovisionament.

Tot i que no sabem quina era la funció dels personatges marcats a les àmfores, podem suposar que aquests estaven relacionats amb el comerç del vi envasat. Si aquests personatges van encarregar la producció de les àmfores segellades, veiem que alguns adquiriren majoritàriament àmfores poc calcàries (EPAPR i PLOC), mentre que d'altres utilitzaren les àmfores calcàries (LESB i THEOP) per al transport del vi. Tanmateix, trobem molts personatges que acceptaren, indiferentment, envasar el vi tant en àmfores poc calcàries com en àmfores calcàries. La presència d'una mateixa marca en els dos tipus de pasta, com és el cas del *tria nomina* PLOC i dels *cognomina* LAETI i EPAPR, sempre que es pugui confirmar que el nom marcat en els diferents individus correspon al mateix personatge, és un fet força singular. Els arqueòlegs associen aquest fet amb el període cronològic de transició entre la producció de les àmfores de pas-

ta clara i la producció de les àmfores de pasta vermella. Ara sabem que les diferències de tonalitat d'aquestes àmfores no responen només a tècniques de cocció diferents, com assenyalen els arqueòlegs (Aguelo *et al.*, 2006), sinó també a l'ús tant de matèries primeres com de processos tecnològics diferents, relacionats principalment amb el caràcter més o menys calcari de les pastes. D'altra banda, és força singular que molts dels noms apareguts al mercat de Santa Caterina són molt poc coneguts a la resta del territori català, però, en canvi, es troben de manera repetida als abocadors del mercat.

El paper de l'antiga colònia de *Barcino* com a centre productor de contenidors amforals sembla ben constatat, principalment pel que fa al taller del carrer de la Princesa, però també pel que fa a les produccions del mercat de Santa Caterina. La gran diversitat de segells epigràfics recuperats tant al mercat com en molts dels contextos urbans de la ciutat és indicativa de la presència d'un gran nombre de personatges vinculats a la producció o al comerç del vi. Això confirma el paper important que degué tenir la colònia com a centre receptor de les mercaderies procedents tant del seu *ager* com d'altres territoris propers, des d'on eren redistribuïdes i comercialitzades.

El territori del pla de Barcelona degué oferir les millors condicions per a portar a terme una producció ceràmica, principalment amforal, paral·lela a la producció vinícola que es desenvolupava al territori. A més, la ubicació de les estructures recuperades fins a l'actualitat, a tocar de les

portes nord i est de la ciutat i al costat de l'eix de comunicació més important, la *Via Augusta*, permetia el fàcil aprovisionament de les matèries primeres necessàries i la distribució (importació i/o exportació) dels productes manufacturats, així com el fàcil accés a les instal·lacions portuàries, presumiblement localitzades a tocar de la porta sud de la ciutat (Hernández, 2006). La proximitat a la línia de costa facilitava la difusió marítima d'aquests contenidors cap als centres receptors de la Mediterrània occidental.

7. AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat possible gràcies a la generosa col·laboració dels arqueòlegs Josefa Huertas, Jordi Aguelo i Joan Casas, així com a la de les arqueòloges del Museu d'Història de la Ciutat, del Museu de les Termes Romanes de Sant Boi de Llobregat i del Museu de Badalona. Agraïm al doctor Jaume Buxeda l'accés a les dades arqueomètriques de les àmfores de Can Peixau i Cal Ros de les Cabres. Aquest treball forma part del projecte de l'Equip de Recerca Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona (ERAUB) anomenat «Estudio arqueométrico y arqueológico de la producción y difusión de ánforas del nordeste peninsular durante los S. I aC - I dC (PRODIFAN)» (BHA2003-04589), finançat per la Direcció General d'Investigació del Ministeri de Ciència i Tecnologia i el fons FEDER (Unió Europea).