

# VARIABILITAT EN LA COMPOSICIÓ DE LA PASTA CERÀMICA D'UNA MATEIXA PEÇA: ANÀLISI QUÍMICA (DRX) D'UNA MATEIXA ÀMFORA DE SANT VICENÇ DELS HORTS (BARCELONA)

AURELI ÀLVAREZ, *UAB-ICAC*  
JÚLIA MIQUEL, *Arqueociència*  
CÈSAR CARRERAS, *UAB*

## RESUM

En els darrers anys, els estudis de caracterització de pastes ceràmiques mitjançant la difracció de raigs X (DRX) i la fluorescència de raigs X (FRX) han arribat a identificar amb certa precisió les produccions d'un mateix taller ceràmic. Aquests estudis es basen en la composició química de les pastes ceràmiques definits per percentatges d'elements químics individuals. El present article analitza com la variabilitat resulta natural en un mateix taller, i fins i tot en una mateixa ceràmica de grans dimensions (per exemple, àmfora). Aquesta variabilitat suggereix que les terrisseries properes tindrien una pasta similar que seria molt difícil distingir tan sols a partir de les diferències menors en percentatges d'elements químics. S'ha seleccionat un mateix exemplar d'àmfora partida en 3 fragments per fer un total d'unes 13 mostres que s'han analitzat de forma independent per tal de demostrar la variabilitat de la pasta, amb resultats clarament diferenciats. Per tant, la mateixa àmfora reflexa també variacions en pasta en funció de la part escollida com a mostra.

## SUMMARY

*In the last years, studies on fabric characterization by means of X-Ray diffraction (XRD) and X-Ray fluorescence (XRF) have managed to identify accurately productions of an individual pottery workshop. Those studies rely on chemical composition of fabrics in terms of percentages of individual chemical elements. Therefore, distinctions between fabrics from nearby workshops are not based on presence or absence of particular chemical element, but minor differences in percentages. The present paper analyses how variability is also natural in the same workshop, even in the same large pot (i.e. amphora). This variability suggests that close workshops may share similar fabrics and would be difficult to distinguish their productions based only on minor differences in element percentages. Three fragments of same amphora were used to select 13 samples in order to demonstrate fabric variability, which were analyzed individually with clear different results. Therefore, the same amphora reveals also variations in fabric depending on the part selected.*

**Paraules clau:** Difracció de raigs-X (DRX), Fluorescència de raigs-X (FRX), àmfora, petrologia, variabilitat.

**Keywords:** *X-Ray diffraction (XRD) and X-Ray fluorescence (XRF), amphora, petrology, variability.*

Des de fa uns anys els estudis de caracterització de pastes ceràmiques mitjançant difracció de raigs X (DRX) o fluorescència de raigs X (FRX) han tractat d'identificar a partir de les quantitats de determinats elements químics majoritaris i minoritaris, els artefactes que es poden assignar a un determinat centre de producció. Per suposat, els valors de cada mostra d'un mateix taller presenten lleugeres diferències, i per això es fan servir aplicacions estadístiques com l'anàlisi de clústers o multivariants (factors, correspondència o components principals) per agrupar les mostres que puguin identificar al mateix taller. Ara bé, en els darrers anys s'han observat diferències subtils, fins i tot en produccions del mateix taller, que s'han vingut explicant com a resultat de processos de selecció de la matèria primera, evolució en tècniques productives al llarg del temps o contaminacions posteriors (MARTÍNEZ 2008; 2009).

Generalment les terrisseries es situaven en llocs on es podien procurar argiles de qualitat per la seva producció, a més d'aigua, un altre element fonamental en aquesta indústria. Ara bé, l'extracció d'argiles no sempre es donava a la proximitat del taller. Alguns papirs egipcis (GALLIMORE 2010, 165) parlen de diversos tipus d'argila per produir ceràmica, i alguns grans propietaris dedicats a proveir d'argila als seus veïns (P.Oxy. 50.3595-3597). Fins i tot, s'interpreta que alguns esclaus de la terrisseria eren destinats, com a tasca específica, a obtenir argiles (P.Cair. Zen. 3.59500.2-4; P.Lond. 7.2038.25-28), tasca que també està documentada en grafit de La Graufesenque (MARICHAL 1971). Això significa que l'aprovisionament d'argiles d'un taller podria respondre a diferents fonts allunyades, i per tant que la variabilitat de pastes ceràmiques dins d'un mateix taller pot tenir una certa justificació. MARTÍNEZ (2009) a l'estudiar la producció d'àmfores de Santa Caterina s'adonava d'aquest fenomen de certa diversitat en les fonts d'aprovisionament de les argiles, que semblaven sortir de la proximitat del taller però també d'una zona propera al Besós.

PEACOCK (1982, 17-21) enregistra estudis etnogràfics en que l'aprovisionament d'argila es dona en terres comunals fora del recinte dels poblats. Un dels papirs de GALLIMORE (2010) identifica que diferents ceramistes extreien argiles d'una propietat abandonada (P.Tebt. 2.342.26-29), per tant que no es localitzava al mateix lloc que la terrisseria.

Malgrat aquestes evidències etnogràfiques i la documentació papirologica, els estudis de caracterització ceràmica en mètodes químics parteixen de la base de que una mateixa peça hauria de tenir una composició homogènia, i que també ho hauria

de ser la producció semi-industrial d'una terrisseria. De fet, una mateixa peça de grans dimensions com podria ser una àmfora romana, no té una pasta homogènia, sinó que determinades parts de l'envàs, que es treballa en 4-5 parts separades, poden tenir una argila amb un tractament especial. Apart de les fonts d'argila, el propi terrissaire faria les seves aportacions, sobretot pel que fa al desgreixant. Per exemple, les nanses o les vores poden ser parts més delicades que el cos o pivot de l'àmfora. També a l'hora d'unir les diferents peces, cal aconseguir que algunes com les nanses siguin més mal·leables, per tal de poder-les enganxar al coll i el cos amb una mínima pressió, sense trencar-les (fig. 1).

Normalment, una àmfora es compon de dues meitats que s'uneixen per formar el cos, un pivot per tancar-la en la seva part inferior, un coll llarg que s'uneix a la part superior del cos i que acaba en una boca, i dues nanses que connectarien la part superior del cos amb el coll. Totes les parts s'uneix mentre el fang encara està tendre, i possiblement el procés més delicat és, precisament, la unió de les nanses. Si s'aplica una força excessiva o no s'enganxa prou, acostuma a trencar-se el coll o la pròpia nansa. Sembla doncs, que la nansa era una de les parts que tenia una pasta més consistent i sòlida, per resistir les tensions a l'hora d'aixecar l'envàs ple, i que podia tenir un tractament diferenciat.

A partir d'estudis etnogràfics (PEACOCK, 1982; ARLOND, 1985) o de tallers amb ceramistes professionals, com el realitzat a Peniche (Portugal) el novembre del 2006, permeten identificar els problemes amb que el ceramista es troba a l'hora de confeccionar una peça i com modifica la composició de la pasta per tal de solucionar-los. En el taller de Peniche en què un ceramista local realitzava àmfors Haltern 70 seguint patrons antics, es podia comprovar que tant les nanses com el pivot eren parts amb una argila diferent, més fina i plàstica, que, per exemple, el cos central (fig. 2).

Si en la pràctica ja ens adonem de la diferent composició de parts d'una mateixa àmfora, on està el grau de variabilitat que identifica la producció d'un taller concret? Per tal de reconèixer el grau de la variabilitat que es pot presentar en un mateix taller o en una mateixa peça, cal prèviament analitzar aquesta variància en un mateix exemplar i reconèixer aquesta desviació estàndard respecte la composició més comuna. No és la primera vegada que es realitza un estudi similar; anteriorment ja s'havia fet un mostreig d'una mateixa peça, una Dressel 6B amb la marca CLAEKB/BAR (*Caius Laecanius Bassus*, cònsol *suffectus* el 42 dC.), per T. BEZECZKY (1987, 11) per tal d'avaluar aquesta variabilitat.

De l'àmfora trobada a *Aquincum* es va fer una recollida de mostres del llavi, coll, part baixa del cos i nansa. D'acord amb les anàlisis d'activació de neutrons, totes les mostres presentaven un origen comú, i s'identificava amb un centre productor d'Istria (centre de Fažana) a on s'han trobat nombroses marques de CLAEKB, i amb una alta presència de carbonats (micrita, esperita), fòssils (foraminífer, mol·luscs,

espícula) i fil·lita. De l'anàlisi petrològica de les 4 mostres, es va posar en evidència que la mostra de la nansa era diferent. Tenia més quars, biotita i moscovita, i menys carbonats; trets que segons BEZECZKY (1987, 11) li conferien una major resistència a les tensions.

Aquestes variacions poden ser mesurades i utilitzades per tal d'establir uns criteris de la variància en la pasta ceràmica d'un mateix taller, i poder definir quan ja ens trobem davant d'un producte d'una altra terrisseria.

En el cas del taller de Santa Caterina (Barcelona), la gran variabilitat de les pastes ceràmiques de les 134 mostres que han estat analitzades per DRX i FRX, va plantejar el dubte de què tots els productes fossin d'origen local, i fins i tot es plantejava una procedència diversa de les argiles en diferents períodes de fabricació.

Per això, cal avaluar, per una banda, el marge de variabilitat que pot haver dins d'un mateix taller analitzat diferents peces, i, per altra, el marge de variabilitat que pot presentar una mateixa peça. A continuació presentem un estudi sobre la variabilitat en una mateixa peça, una àmfora Pascual 1 fragmentada trobada en el taller del Mercat de Sant Vicenç dels Horts (Barcelona). Es van agafar un total de 7 mostres de la part superior de l'àmfora, i 6 de dos pivots que podien correspondre al mateix exemplar.

### **Lloc de treballa: Casc antic de Sant Vicenç dels Horts (Barcelona)**

Els múltiples antecedents arqueològics documentats al llarg dels anys van motivar que al nucli històric de Sant Vicenç dels Horts es delimités una Àrea d'Expectativa Arqueològica. Per aquest motiu qualsevol intervenció dins la zona hauria d'anar acompanyada del preceptiu control i seguiment arqueològic. El *Projecte Executiu de Remodelació del Casc Antic de Sant Vicenç dels Horts, entre la plaça de la Creu i la plaça de la Vila*, preveia la creació i substitució de diverses xarxes de serveis, les quals serien soterrades, circumstància que obligava a l'obertura de rases en els carrers. La possibilitat que aquestes rases afectessin elements arqueològicament significatius en el subsòl, motivà la realització del seguiment arqueològic. Degut a la complexitat de l'obra, la intervenció es dividí en sectors segons els carrers on s'actuava.

Durant la intervenció al Sector I (carrer Barcelona 9/Plaça Catalunya) es realitzaren un seguit de rases les quals a la seva part sud donaren una concentració elevada de material amfòric, localitzant-se només a 0,45 metres de l'asfalt. A la vista dels resultats obtinguts es va donar avís al Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya, el qual dictaminà que es delimités l'àrea que ocupava el possible abocador d'àmfores i s'excavés manualment la zona un cop delimitada. Els diferents serveis en ús obligaren a realitzar una cala de tan sols 6,30 per 1,80 m, amb una orientació N-S. L'excavació se centrà en delimitar i excavar l'abocador d'àmfores trobant aviat els seus límits en un mur de contenció, amb orientació E-O, obrat amb pedres de mida petita, sense treballar, i lligades amb terra. Aquest mur presentà una amplada de 0,60 m, i se li observava també una banquetta de fonamentació.

A la resta de la cala, un seguit de nivells horitzontals amortitzaven les restes d'un forn de planta circular (un metre de diàmetre), del qual la graella es localitzava gairebé intacta, amb un total de 18 forats pel tir (fig. 3). Conservava l'arrencament de la volta que cobria el forn i al sud es documentà el *prae-furnium* o passadís d'accés a la cambra de foc, de 1,10 m de llargada, obrat amb peces de terra cuita i enllosat interior en ambdues parets. Un cop alliberat l'accés a la cambra de foc es va poder observar que presentava un envà de 9 cm de gruix amb una alçada de 0,48 m. que subdividia la cambra en dues meitats i que sustentava la estructura de la graella del forn. Per raons de seguretat l'interior de la cambra de foc no ha estat excavat en la seva totalitat arribant només a alliberar la meitat del seu rebliment interior i únicament per tal d'establir la seva tipologia constructiva.

Durant el procés de delimitació i excavació de la part sud de la cala es van documentar dos murs més en una relació solidària entre ells. El primer, amb una amplada de 60 cm i una potència conservada de 1,20 m, amb una orientació E-W; i el segon, de 50 cm d'amplada i amb una potència de 90 cm. Els dos eren formats amb pedres de mida mitjana i grossa sense treballar i lligades amb terra. La cantonada d'ambdós estava formada per dues pedres paral·lelepèdres i s'hi establien les lleis de trava de les dues estructures muràries.

Amb la documentació d'aquests dos elements i un cop excavat la totalitat de l'abocador d'àmfores s'aturà l'excavació per raons de seguretat i es donà per acabada la intervenció arqueològica a la cala 9.

Quant a l'abocador d'àmfores documentat, val a dir que era format bàsicament per àmfores del tipus Pascual 1, en la seva major part, tot i que també es detectà la presència d'algun fragment del tipus Dressel 2-4. Aquest abocador és més que probable es trobi relacionat amb el taller ceràmic i el complex industrial documentat en el transcurs de l'excavació dins el solar de l'antic mercat municipal (MORERA, 2008), on s'ha documentat una terrisseria d'àmfores. Pel que fa al petit forn circular, pensem que s'hauria destinat a fer proves d'envasos i potser a la realització de ceràmiques comunes. Amb l'estudi dels materials es proposa una cronologia del canvi d'era en la seva construcció, i un ús durant els primers decennis de segle I dC.

L'excavació de la cala 9 ubicada a escassos metres de la intervenció a la biblioteca, mostrà una nova part del mencionat centre terrisser, amb l'abocador d'àmfores, els murs i el forn, que amplien i complementen l'àrea destinada a la producció del centre, sense cap evidència de nous espais per a altres usos.

Pel que fa al petit forn localitzat a la plaça Catalunya, s'adscriu al tipus I/a de Cuomo di Caprio, es a dir, un forn de planta circular amb pilar central que estaria encaminat a la producció de materials ceràmics de complementació o a la realització de proves. Forns de característiques similars s'han documentat a Barcelona, concretament a l'excavació arqueològica realitzada per Joan Casas als carrers Princesa, 21 i Boquer 8-12, l'any 2003, tot i que el forn documentat

presenta un pilar central, mentre que el forn de la plaça Catalunya presenta com a element de sustentació de la graella un envà ceràmic que divideix en dos la cambra de foc. També hi ha d'altres exemples de forns circulars a Fenals (Lloret de Mar, Orriols (Bàscara) i dos petits forns circulars al Veral de Vallmora (Teià), Can Portell (Argentona), la Buada (Reus) i l'Aumedina (Tivissa).

### **Exemplar d'àmfora Pascual 1 de l'excavació del c/Barcelona, 9**

De l'abocador d'àmfores, es van documentar alguns exemplars d'àmfores quasi completes. Concretament, es va trobar la part superior d'una àmfora Pascual 1 fins a l'inici de cos, però que no continuava més enllà. En el mateix estrat es van documentar dos parts baixes del cos amb el pivot corresponent que podien ser el complement d'aquesta part superior, però que no encaixaven perquè mancaven els fragments centrals del cos.

De la part superior de l'àmfora varem extreure un total de 7 mostres: un parell en el cos (1 i 2), un parell a la base de la unió entre la nansa i el cos (3 i 5), dos més en el punt d'inflexió de la nansa (4 i 6); i finalment, un darrera en el llavi (fig. 4).

Pel que fa als pivots, es van agafar dos mostres de la part superior –o sigui l'inici del cos– i un altre de la part inferior del pivot. Aquest és un altre dels punts que requereix una major resistència perquè és el manté l'àmfora vertical dins dels vaixells i per tant ha de resistir pressions del moviment del mar (fig. 5).

### **Tècniques, analítiques i resultats**

A l'hora de determinar la procedència d'una determinada producció ceràmica l'arqueòleg ha utilitzat tradicionalment les més variades tècniques d'anàlisi. Amb el temps, les tècniques que requereixen per a la seva interpretació una determinada dosi de subjectivisme, han estat sistemàticament abandonades i s'ha centrat l'atenció en les tècniques que donen dades el més objectives possible.

En el cas de la ceràmica, l'anàlisi química de la composició de la pasta ha estat una d'aquestes tècniques. Els resultats obtinguts han estat interpretats, de vegades, d'una manera independent de la història de la peça i s'han establert criteris de discriminació totalment aleatoris, que poden no correspondre's amb la realitat. Les categories establertes poden ser viables, es a dir, poden servir per definir teòricament grups, però això no vol dir que aquests grups tinguin un equivalent a la realitat.

L'anàlisi composicional ens pot permetre reconstruir les xarxes de producció i distribució de la ceràmica, tot identificant el lloc de manufactura o de procedència. Cada centre de producció ve definit per una mateixa concentració bàsica d'elements que defineix un grup composicional.

De totes maneres la relació entre els grups composicionals i els llocs de procedència no és directa, ni està lliure de complicacions. L'argila utilitzada en la producció de ceràmica d'un determinat taller pot no ser sempre la mateixa i pot haver estat recollida en llocs diversos amb diverses categories de material argilós

natural. A més, els ceramistes no sempre han emprat unes regles estrictes i constants en la preparació de la pasta.

Aquesta variabilitat innata al mateix procés de fabricació, és molt difícil de rastrejar i de determinar d'un centre productiu a un altre emprant únicament l'anàlisi química d'elements. Els límits de variabilitat resten molt imprecisos i difícils de determinar.

Si analitzem, en canvi, en lloc de diverses peces una única peça de dimensions força considerables, com pot ser una àmfora, on la homogeneïtzació de la pasta és difícil d'aconseguir, les variacions que apareguin coincidiran, evidentment, en valors relatius a un mateix taller de producció. Aquestes variacions estan marcant un determinat lloc de producció i no es poden utilitzar per discriminar llocs de producció diversos si no existeixen altres indicis externs, moltes vegades merament subjectius.

Si ens centrem en les anàlisis químiques i deixem de banda altres tècniques més determinatives a l'hora de fixar procedències, les variacions de composició que cal fixar per diferenciar llocs de producció, han de superar, evidentment, les variacions que podem constatar en una mateixa peça que ha estat elaborada en un únic taller.

De les tretze mostres obtingudes de l'àmfora procedent de Sant Vicenç dels Horts, han estat escollides tres mostres de diferents parts, mostra nº5 (nansa), mostra nº7 (llavi) i mostra nº11 (cos), que han estat analitzades, mitjançant làmina prima, al microscopi de llum polaritzada amb la finalitat de constatar la homogeneïtat general de la pasta, per tal de garantir la coherència de les corresponents anàlisis químiques (fig. 6).

Mostra 5- Pasta de gra fi impregnada de carbonat càlcic en forma de petits nòduls disseminats per la matriu. Temperant no massa abundant i de mida fina a molt fina, compost per grans de forma poc arrodonida i, per tant, provinent de zones properes. Presència de grans de quars, de forma angular i vores de gra rectilínies i mida de fina a molt fina. Alguns grans de feldspats de forma polièdrica, més o menys regulars. Fragments de granitoides, calcàries (micrites) i esquist micaci. Minerals de ferro disseminats per la matriu, de mida petita i formes regulars (pirita, magnetita, limonita...). Lleugera orientació del desgreixant. Porus de mida variada i forma irregular, recoberts de calcita d'origen secundari (fig. 6.a).

Mostra 7- Pasta fina amb presència molt abundant de quars de mida molt fina i regularment disseminat per tota la matriu. La resta de desgreixant no és massa abundant i també és de mida fina a molt fina amb formes anguloses i amb vores de gra força rectilínies. Fragments de granitoides i micasquists micacis (biotita). Compostos de ferro (magnetita, oligist...).

Lleugera orientació del desgreixant. Porus de mida i formes irregulars i variables, recoberts amb calcita d'origen secundari (fig. 6.b).

Mostra 11- Pasta de gra fi amb petits nòduls de carbonat càlcic disseminats per la matriu (semblant a la pasta de la mostra nº5). Desgreixant abundant de mida fina a molt fina, sensiblement orientat. Grans de quars i de feldspats amb extinció ondulant. Formes anguloses amb vores de gra rectilínies i molt poc rodat. Làmines de mica (biotita - clorita). Fragments de granitoides, esquistos micacis i calcàries (micrites). Minerals de ferro (magnetita, oligist...) disseminats per la matriu. Porus de mida i formes variables reomplerts de calcita secundària (fig. 6.c).

Tant de les fotografies com de les descripcions es pot deduir la homogeneïtat de la pasta i acceptar que les possibles variacions que puguin haver en la composició química, són degudes a diferències normals en la manipulació de la pasta i en la elaboració de la peça. Seran, per tant, variacions pròpies del procés ceràmic i de la tècnica emprada.

Per determinar la composició química de les mostres s'ha utilitzat el microscopi electrònic d'escombratge de la marca Zeiss model EVO/MA 10 equipat amb una terminal EDAX de la casa Oxford Instrument, model INCA-act, que ens ha permès dur a terme les anàlisis químiques corresponents.

Dels elements detectats han estat desestimats els següents: Fòsfor (P), Sofre (S), Crom (Cr) i Manganès (Mn) per la seva baixa concentració i la seva esporàdica aparició. S'han tingut en compte: Carboni (C), Oxigen (O), Sodi (Na), Magnesi (Mg), Alumini (Al), Silici (Si), Potassi (K), Calci (Ca), Titani (Ti) i Ferro (Fe). En la taula (fig. 7) es mostren els percentatges relatius de cadascú d'ells.

La clàssica anàlisi estadística ens dóna una idea global de les característiques generals de cadascuna de les diverses variables (fig. 8). Aquestes mesures ens permetran establir els criteris a tenir en compte per analitzar tant el recorregut com la variabilitat pròpia de cada component analitzat (BARCELÓ 2009).

Per evitar valors extrems, que poden proporcionar una falsa estimació de la dispersió i de la variabilitat, restringirem el recorregut de manera que els valors extrems no siguin inclosos en el càlcul. Per això utilitzarem el recorregut interquartil, distància resultant de eliminar el 25% de les observacions més grans i el 25% dels valors més petits. Ara podrem fer la diferència entre el valor més gran que ha estat conservat (percentil 75) i el valor més petit també conservat (percentil 25).

El grau de dispersió també el podem establir en relació a un punt fix de referència que coincideix amb el valor mig de la sèrie, el qual es troba a la mateixa distància dels valors més baixos i dels valors més alts. Les diferències entre el valor mig i cada valor de la variable ens porten al concepte de variabilitat. Aquestes diferències poden



ser positives o negatives i la seva suma sempre serà igual a zero. Si elevem al quadrat aquestes diferències, tots els valors seran positius, i si fem la suma d'aquests quadrats i la dividim pel nombre d'observacions dutes a terme, obtindrem la denominada variància.

La variància ens permet establir les condicions mínimes que han de complir dues agrupacions per tal de poder-les considerar diferents. La variància indica en quant els valors que pren la variable s'allunyen del valor mig. Valors menors que la variància no poden fer-se servir per a diferenciar i classificar grups.

La variància pot tenir el seu origen en factors independents que poden distorsionar els resultats analítics obtinguts. Aquests factors poden ser de difícil control i poden arribar a invalidar tota mena d'especulació basada en els valors de la variable en qüestió. Si aquests valors de la variància són molt elevats, la variable no serveix per a l'estudi doncs no presenta un control suficientment definit que doni garanties de seguretat a qualsevol mena de raonament.

Si les mostres són de ceràmiques procedents d'un mateix taller, les seves diferències no són vàlides per establir criteris de classificació de grups (tallers diferents). Si les mostres són d'una mateixa peça ceràmica, tampoc es poden fer servir aquestes diferències com a criteri per separar artefactes (fragments de la mateixa o de diferents peces ceràmiques).

Segons el seu origen es poden considerar tres tipus de variància: la variància verdadera, la variància estranya i la variància d'error. Segons KERLINGER (1998) l'investigador que tracti de provar la relació entre dos o més variables ha d'intentar maximitzar la variància verdadera, minimitzar la variància estranya i controlar la variància de error (MONCADA JIMÉNEZ 2002). Naturalment existeix una variància verdadera inherent al mateix procés ceràmic que és la que ens interessa en el nostre cas. Una variància d'error pot anar paral·lela a la pròpia tècnica analítica, però la seva influència seria equitativa per cadascuna de les proves (HYLLEGARD *et al.* 1996). En relació a possibles variàncies estranyes, creiem és un tema que, de moment, sobrepassa les intencions d'aquet treball.

La desviació típica ve a ser una transformació matemàtica de la variància i consisteix en l'arrel quadrada de la variància. Ens permet calcular la proximitat de cada mesura respecte al valor mig, és a dir, si està situada a una, dos o més desviacions típiques del valor mig, i determinar quants valors estan dins da cada interval.

El valor de la desviació típica ve marcat pels valors de la variable. Així, una variable amb valors molt alts dóna una desviació típica absoluta molt elevada i, tot el contrari, si els valors són molt baixos. Si es volen comparar dos variables en base a la seva desviació típica, no es poden utilitzar els valors absoluts d'aquestes; cal utilitzar el coeficient de variació (relació entre la desviació típica i el valor mig) (fig. 9).

Fins ara hem considerat cada variable per separat analitzant les seves característiques pròpies. Per a una interpretació global no val considerar cada variable per separat, cal interpretar d'una manera simultània el conjunt de variables disponibles. Primer es calculen les relacions existents entre dos variables (relacions simples) i després es

fan grups de tres, quatre o més variables que es comparen amb la resta (relacions múltiples) (ALVAREZ 1992). Entre les relacions simples és important la covariància que ens indica com varia una variable respecte l'altre així com el tipus de dependència que hi pot haver entre elles. Si la covariància és positiva ( $> 0$ ), indica una relació lineal entre les dues variables de manera que a grans valors d'una corresponen grans valors de l'altra. Si la covariància és negativa ( $< 0$ ) indica que a grans valors d'una corresponen petits valors de l'altra. Si el valor és igual a zero, indica que no hi ha cap relació lineal entre les dues variables. En la fig. 10 mostrem les covariàncies entre grups de dues variables.

El coeficient de correlació de Pearson serveix per a determinar el grau de correlació lineal que pot existir entre dues variables. El seu valor varia entre el interval  $[-1, 1]$ . Si és igual a 1, existeix una dependència total entre les dues variables. Si el seu valor està comprès entre  $[0, 1]$  existeix una correlació positiva. Si és igual a 0, no existeix relació lineal. Si està entre  $[-1, 0]$  existeix una correlació negativa, que pot ser perfecta si el coeficient resulta igual a -1.

Els valors obtinguts en el nostre cas venen expressats en la figura 11.

### **Interpretació dels resultats**

De les dades estadístiques generals, ens interessa observar la variància. Aquesta és molt elevada en el cas del Si (8,3068), C (6,8101), Ca (6,2056) i O (3,8322). Per tant, si els volem utilitzar com a criteri discriminatori de grups, haurem de tenir en compte que es necessita una variació important en els percentatges en un i altre grup. L'alumini (Al / 0,5731), el ferro (Fe / 0,2353) i el magnesi (Mg / 0,1973) permeten aplicar marges més petits de variació entre els diversos grups.

La variància ve marcada pel valor absolut de la variable. Per tant pot ser més útil utilitzar el coeficient de variació, relació independent dels valors absoluts de la variable. Quant més petit és aquest coeficient, més agrupats estan els valors de la variable, i petites variacions entre els diversos grups poden ser significatives. El Si (0,1618), K (0,1575) i Al (0,1237), donada la composició mineralògica de la ceràmica, serien els elements més interessants.

Un cop analitzades les variables per separat, cal fixar les possibles relacions que hi pot haver entre les diverses variables. Si tenim dues variables altament relacionades (coeficient de Pearson =1) o que presenten una variància molt semblant (elevat valor de la covariància), la informació que ens donen ambdues ve a ser la mateixa, i la segona variable no dóna nova informació respecte a l'obtinguda a partir de la primera.

El C (carboni) i l'O (oxigen) presenten una covariància negativa elevada (-2,329). Vol dir que varien, en sentit contrari, d'una manera molt semblant. Si ara observem el corresponent coeficient de correlació de Pearson (0,6734) veiem que estan suficientment correlacionades per poder concloure que la informació que ens

pot donar l'oxigen respecte la obtinguda a partir del carboni, és relativament molt pobre.

L'alumini (Al) i el magnesi (Mg) presenten el coeficient de correlació de Pearson més elevat i, malgrat que la seva covariància és molt diversa (coeficient de covariància = 0,0002) caldria agrupar-les a l'hora d'iniciar qualsevol tipus d'interpretació de resultats.

En el cas del taller de Sant Vicenç, a partir de l'estudi dels elements químics d'una àmfora, s'ha pogut identificar una sèrie d'elements amb una variància –Si (0,1618), K (0,1575) i Al (0,1237)– que poden definir els límits de la variabilitat del taller. A més aquests elements ens poden ajudar a discriminar quines produccions poden ser de tallers foranis.

### **Comentaris**

Si bé l'aplicació dels càlculs estadístics a la interpretació objectiva de determinades problemàtiques que poden aparèixer en el camp de l'arqueologia s'ha generalitzat en els darrers temps, no cal oblidar els condicionants que aquestes tècniques comporten en sí mateixes. Una mala aplicació i, encara pitjor, una interpretació restrictiva de les dades obtingudes, poden desvirtuar totalment l'essència del problema.

Per això és important mesurar la possible variabilitat acceptable en una mateixa terrisseria, i quins elements químics podrien ser significants per identificar la variància interna i identificar les possibles produccions exteriors. Aquest estudi vol posar l'accent en l'ús acurat de l'estadística en l'anàlisi de la caracterització ceràmica. Malgrat que l'estudi de la variància interna del taller pot suposar un major inversió de temps, evitaria interpretacions lleugeres i donaria un major pes a les interpretacions.

En aquest sentit, per exemple, si ens fixem en el Si, el seu valor mig és 17,803, i la seva desviació típica és 2,8821. En conseqüència, valors compresos entre 17,803 +2,8821 i 17,803 -2,8821 [20,685 i 14,921] han de ser considerats com a valors inherents al mateix taller i no com a valors de tallers diferents. Ara bé, si tenim una mostra clarament identificada amb una altra terrisseria i el seu valor de Si es troba entre ambdós valors (valor mig i sumant i restant la desviació típica), voldrà dir que aquest element no permet discriminar entre aquestes dues terrisseries, i per tant s'haurien d'agafar d'altres elements per fer aquesta diferenciació. Això sí, en cas que els valors de Si d'altres terrisseries estiguessin fora aquest segment de valors, seria un element a tenir per la diferenciació de produccions.

No oblidem que l'objectivitat pròpia de les dades pot veure's desvirtuada per una subtil i amagada subjectivitat, que, perseguint inconscientment uns determinats resultats, no dubta en modelitzar mecanismes no del tot correctes i no del tot demostrats.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, A. 1992: "Estadística aplicada a la arqueología", *Ciencias, metodologías y técnicas aplicadas a la arqueología*, 73-82, Fundació La Caixa, Barcelona.
- ARNOLD, D. E. 1985: *Ceramic theory and cultural process*, Cambridge.
- BARCELÓ, J. A. 2009: *Introducción al estudio de la variabilidad de las evidencias arqueológicas*. Servei de Publicacions, Universitat Autònoma de Barcelona.
- BEZECZKY, T. 1987: *Roman Amphorae from the Amber Route in Western Pannonia*, BAR Int. Ser. 386, Oxford.
- GALLIMORE, S. 2010: "Amphora production in the Roman world", *Bulletin of the American Society of Papirologists*, 47, 155-184.
- HYLLEGARD, R., MOOD, D. P.; MORROW, J. R. 1996: *Interpreting research in sports and exercise science*, St Louis, MO: Mosby-Year Book, Inc.
- KERLINGER, F. D. 1998: *Investigación del comportamiento*, Mexico, Mc Graw Hill.
- MARICHAL, R. 1971: "Nouveaux graffites de La Graufesenque (Aveyron)", *CRAI*, 226-228.
- MARTÍNEZ FERRERAS, V. 2008: *Estudi arqueomètric i arqueològic de la producció i difusió d'àmfores vinàries de la zona central i sud de la costa catalana durant els segles I aC i I dC*, Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- MARTÍNEZ FERRERAS, V. 2009: "Problemàtica en l'estudi arqueomètric: marques i àmfores del Mercat de Santa Caterina a partir de l'estudi arqueomètric", a C. Carreras; J. Guitart (ed.), *Barcino I. Marques i terriseries d'àmfores al Pla de Barcelona*, Institut d'Estudis Catalans, Institut Català d'Arqueologia Clàssica, 97-117, Barcelona.
- MARTÍNEZ FERRERAS, V.; BUXEDA, J.; LÓPEZ MULLOR, A. 2006: "Caractérisation archéométrique des amphores vinaires produites dans l'atelier du Barri Antic (Sant Boi de Llobregat, Barcelone, Espagne)", *Actes du Congrès de Pézenas, 25-28 mai 2006*, SFECAG, Marseille, 599-610.
- MONCADA JIMÉNEZ, J. 2002: "Fuentes de varianza e índices de varianza explicada en las ciencias del movimiento humano", *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 2-2, 70-74, San José, Costa Rica.
- MORERA, J. 2008: *Memòria de les intervencions arqueològiques al solar de l'antic mercat de Sant Vicenç dels Horts, Setembre de 2005 - abril de 2006*, memòria inèdita lliurada a l'Àrea de Coneixement i Recerca del Departament de Cultura el març de 2008.
- PEACOCK, D. P. S. 1982: *Pottery in the Roman world. An ethnoarchaeological approach*, London.
- RODRÍGUEZ ALMEIDA, E. 1984: *Il Monte Testaccio*, Roma.

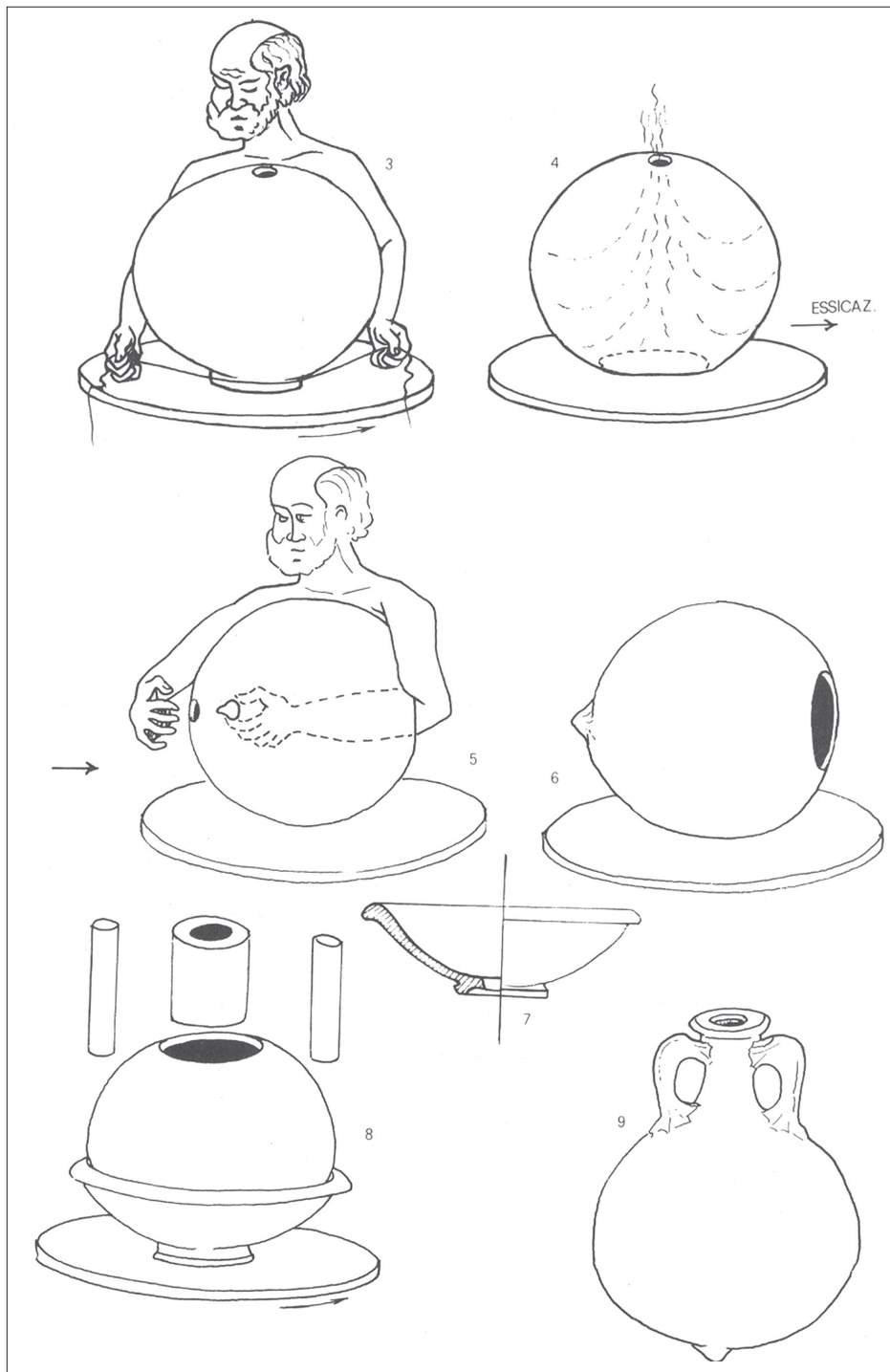


Figura 1. Procés de fabricació d'una àmfora Dressel 20 (Rodríguez Almeida, 1984, 163, fig. 67).



*Figura 2. Procés de fabricació d'una àmfora Haltern 70 (Simposi de Peniche, Portugal, 2006).*



*Figura 3. Forn i rasa del c/Barcelona, 9 (Sant Vicenç dels Horts).*

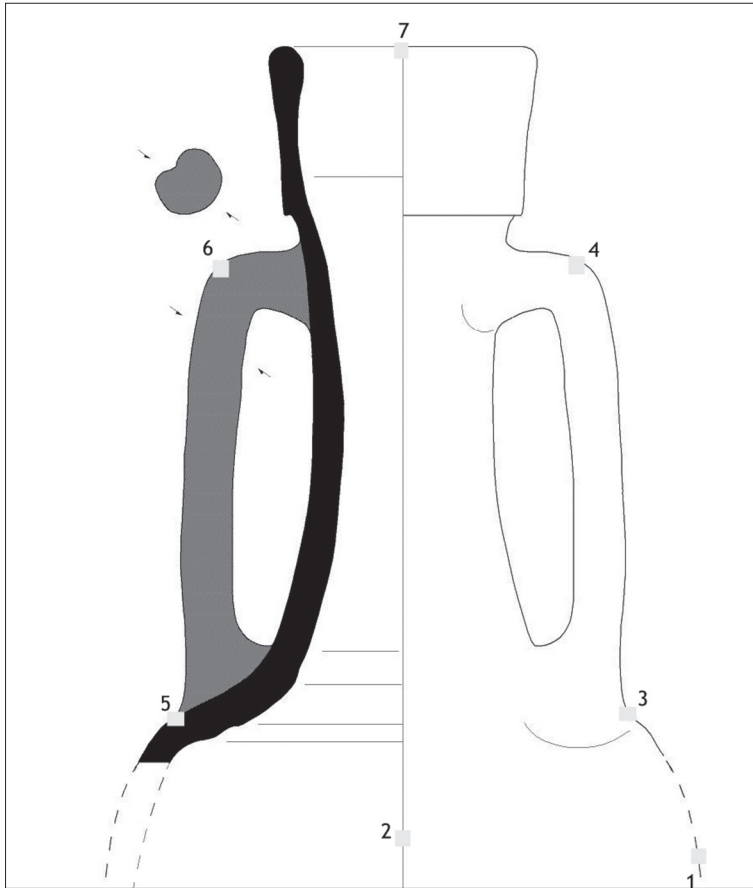


Figura 4. Punts d'extracció de les mostres en l'àmfora Pascual 1 de Sant Vicenç dels Horts.

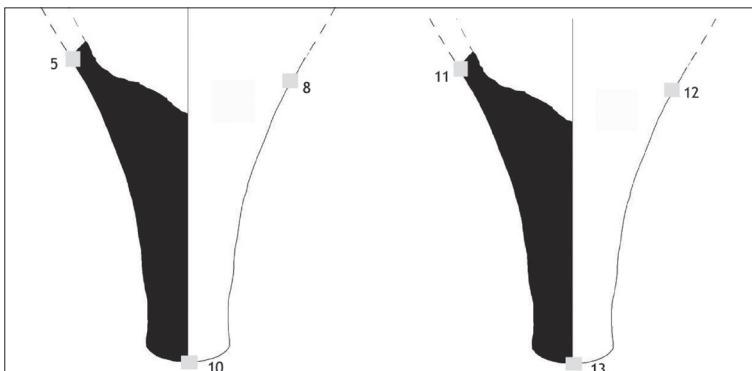


Figura 5. Punts d'extracció de les mostres en l'àmfora Pascual 1 (pívots).

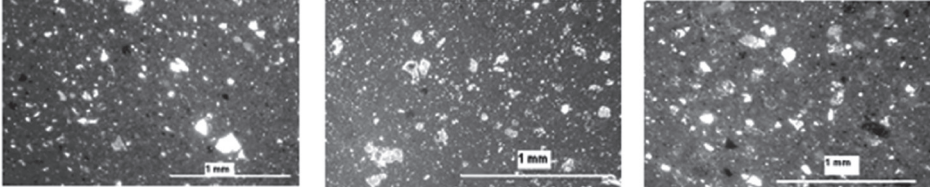


Figura 6. a: Mostra 5 (SVH-60417); b: Mostra 7 (SVH-60419); c: Mostra 11 (SVH 60423).

Mostres	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
1	8,26	51,36	0,19	1,62	6,36	16,45	1,85	10,36	0,24	3,32
2	6,27	51,93	0,22	1,56	6,33	16,68	1,55	11,42	0,23	3,34
3	6,74	50,96	-	1,21	5,41	13,04	1,81	15,00	0,41	3,90
4	-	54,92	0,23	1,90	7,62	18,17	2,02	9,98	0,28	3,98
5	6,11	49,46	0,28	1,53	6,48	15,92	1,94	11,86	0,38	4,71
6	4,47	49,76	0,23	1,09	5,50	20,58	1,69	11,87	0,24	4,57
7	3,28	53,57	0,21	1,87	6,62	16,53	1,53	11,38	0,27	4,01
8	6,93	52,20	0,18	1,32	6,46	16,35	1,71	10,41	0,37	4,03
9	6,95	49,90	0,16	1,10	5,74	20,72	1,58	8,55	0,32	4,38
10	-	54,00	0,15	2,60	7,06	21,08	2,17	7,95	0,34	3,85
11	5,78	48,02	0,23	1,10	5,57	23,79	2,02	7,86	0,31	4,57
12	5,2	50,51	0,22	1,21	5,42	16,60	1,89	13,07	0,21	4,70
13	7,03	51,06	0,22	1,10	4,97	14,64	1,11	16,10	0,22	3,45

Figura 7. Composició química de les mostres.



	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
Min	0	4,802	0	1,09	4,97	13,94	1,11	7,86	0,21	3,32
Max	8,26	54,92	0,28	2,6	7,62	23,79	2,17	26,1	0,41	4,71
Sum	67,02	667,65	2,52	19,21	79,54	231,45	22,87	145,81	3,82	52,92
Mean	5,1553	51,357	0,1938	1,4776	6,1184	17,803	1,7592	11,216	0,2938	4,0707
Std. error	0,6974	0,5231	0,0180	0,1187	0,2023	0,7702	0,0741	0,6657	0,0177	0,1296
ariance	6,8101	3,8322	0,0045	0,1973	0,5731	8,3068	0,0768	6,2056	0,0044	0,2353
stand.d ev	2,6096	1,9576	0,0673	0,4442	0,7570	2,8821	0,2772	2,4911	0,0664	0,4851
Median	6,11	51,06	0,22	1,32	6,33	16,6	1,81	11,38	0,28	4,01
25 prcnil	3,875	49,83	0,17	1,1	5,46	16,135	1,565	9,265	0,235	3,66
75 prcnil	6,94	52,885	0,23	1,745	6,56	20,65	1,98	12,47	0,355	4,57
kewnes	-1,255	0,3068	-2,113	1,4500	0,4062	0,7778	-0,8652	0,5284	0,3995	-0,111
kurtosis	0,7096	-0,331	5,954	2,2229	-0,378	-0,169	1,2651	-0,058	-1,169	-1,251
Geom. me	0	51,323	0	1,4252	6,0759	17,599	1,7366	10,967	0,2870	4,0436

Figura 8. Càlcul estadístic aplicat als valors obtinguts mitjançant les anàlisis químiques de les diverses variables.

C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
0,5061	0,0381	0,3472	0,3006	0,1237	0,1618	0,1575	0,2221	0,2260	0,1111

Figura 9. Coeficient de variació dels elements químics analitzats.

	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
C	1	-2,329	-0,018	-0,139	-0,207	-1,192	-0,022	-0,103	0,0118	-0,202
O		1	-0,011	0,8917	1,3576	0,3768	0,1592	-0,354	-	-0,055
Na			1	-0,003	-0,013	-0,010	-	0,0155	-4,791	0,0024
Mg				1	-	0,1246	0,0279	0,1660	0,0019	-0,013
Al					1	0,2351	0,0500	0,3466	0,0038	-0,003
Si						1	0,1551	-1,851	0,0014	0,1846
K							1	-0,092	0,0063	0,0120
Ca								1	0,0063	-0,031
Ti									1	0,0009
Fe										1

Figura 10. Covariància entre les variables agrupades de dos en dos.

	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
C	1	0,6734	0,3031	0,2632	0,2632	0,2770	0,0850	0,0427	0,2120	0,5020
O		1	0,1167	0,8164	0,7891	0,0605	0,3652	0,1009	0,0362	0,1035
Na			1	0,2497	-0,013	0,1690	0,0536	0,4426	0,0635	0,4023
Mg				1	0,8390	0,1610	0,5155	0,3801	0,2000	0,1985
Al					1	0,1928	0,5856	0,5038	0,2516	-0,034
Si						1	0,5019	0,7444	0,0268	0,4855
K							1	0,5308	0,4562	0,4502
Ca								1	-0,203	0,1452
Ti									1	0,2075
Fe										1

Figura 11. Coeficients de correlació de Pearson.



*Figura 12. Part superior de l'àmfora Pascual 1 mostrejada.*



*Figura 13. Pivots de Pascual 1 mostrejats.*