

Arqueometria ceràmica: una arqueologia ceràmica amb més informació

J. Buxeda i Garrigós, M. Madrid i Fernández, J. G. Iñáñez i L. Vila Socias

Introducció

Possiblement, una de les millors redefinicions d'arqueologia és la que proposa l'arqueologia conductual, que l'entén com una disciplina que estudia les relacions entre la gent i les coses, en qualsevol època i en qualsevol lloc (SKIBO i SCHIFFER, 2008). Aquesta definició té un benefici immediat: el fet que inclou camps com l'etnoarqueologia, l'arqueologia experimental o l'estudi arqueològic de les societats actuals, que en altres definicions més clàssiques, referides únicament a societats passades, tindrien un mal encaix. Però aquesta definició té encara un aspecte més important, i és que centra l'interès de l'arqueologia en la conducta, entenent també com a conducta les interaccions amb persones i qualsevol tipus d'objecte que intervé en tots els processos ecològics, socials i cognitius, amb la qual cosa reconeix que una de les característiques específiques de les cultures és que es desenvolupen constantment en un medi ple d'artefactes.

Per il·lustrar-ho amb un cas senzill, suposem que en el nostre jaciment hem trobat una àmplia diversitat d'utilatge lític i que estem interessats a saber com funcionava l'aprovisionament. Aquesta inquietud estaria possiblement relacionada amb el problema de com funciona l'estratègia d'aprovisionament de recursos d'un grup humà, però per extensió ens estaríem preguntant sobre qüestions relacionades amb la seva estructura econòmica, social i fins i tot política. I que de l'utilatge lític podem fer inferències sobre tots aquests aspectes culturals és alguna

cosa que assumim d'entrada, ja que han d'haver quedat reflectits d'alguna manera, i ni que sigui parcialment, en els artefactes que trobem en el registre arqueològic i que han servit per desenvolupar la cultura que estem estudiant.

Malgrat tot, el primer pas per dilucidar tot allò que ens plantejem, fins allà on sigui possible, es fonamenta en la resposta a tres preguntes bàsiques: 1. Quins tipus de pedres van ser explotades? 2. D'on provenen, aquestes pedres? 3. Els diferents tipus de pedres s'empraven per fer diferents tipus d'instruments? Com es feia l'explotació, qui la feia, on es feia la talla i d'altres qüestions relacionades, així com els aspectes econòmics, socials i polítics que se'n puguin derivar, serien altres qüestions que ens demanaríem un cop respostes les tres preguntes bàsiques.

La major part de les qüestions que ens hem plantejat davant d'aquest utilatge lític, així com les conclusions que voldríem extreure'n, són les que centren l'interès de l'arqueologia: és el coneixement sobre les societats, del passat o del present, sobre les seves organitzacions, les seves cultures, les seves dinàmiques, les seves adaptacions i els seus canvis. El que realment importa, quan es condueix un estudi arqueològic, és el vessant cultural dels artefactes, els usos i els significats en la conducta de les societats que els han creat i emprat. I malgrat això, les tres preguntes bàsiques plantejades no es poden resoldre únicament pels trets culturals, sinó que s'han de resoldre estudiant-ne el vessant natural, ja que tot artefacte té, a més d'un vessant cultural, un vessant natural pel fet de ser un material (NEUSTUPNÝ, 1971).

Així, doncs, les tres preguntes bàsiques ens introdueixen als tres camps fonamentals dels estudis arqueomètrics: *a)* la *identificació*, en l'exemple, saber quin tipus de pedra és; *b)* la *provinença*, o trobar els afloraments d'origen d'aquestes pedres; i *c)* la *tecnologia*, o saber quines propietats tenen unes pedres determinades que hagin estat seleccionades per fabricar un tipus determinat d'instrument.

Com hem vist, l'arqueologia es planteja problemes culturals sobre les societats que estudia i els aborda, en part, amb l'estudi dels artefactes, que estan fets per materials que s'han d'identificar i dels quals cal conèixer les propietats. És necessari realitzar estudis químics, mineralògics, petrogràfics i determinar-ne les propietats físiques per respondre algunes de les preguntes que ens fem des de l'arqueologia, per l'interès que tenen en elles mateixes, però també perquè es troben a la base d'ulteriors interpretacions que fem a partir del registre arqueològic. Així, l'arqueometria aporta les tècniques instrumentals i el cos teòric i metodològic que permet estudiar el vessant natural dels artefactes, de manera que fer arqueometria és fer arqueologia incorporant al vessant cultural el vessant natural dels artefactes.

Identificació

És evident que, quan ens trobem davant de qualsevol artefacte, la primera cosa que hem de fer és esbrinar davant de què ens trobem, però no sols des del punt de vista cultural, sabent de quin tipus d'artefacte es tracta i classificant-lo a partir d'una tipologia, sinó també de quin material es compon.

Així, no és d'estranyar que Caylus, el 1752, fes la que fou, segurament, la primera aplicació «arqueomètrica» per tal d'identificar de què es componien els vernissos negres de les ceràmiques àtiques gregues i els vermells de la *terra sigillata* romana. Ni que M. H. Klaproth (1743 - 1817) determinés la composició química de monedes gregues i romanes, així com d'altres objectes metàl·lics i vidres. O que H. Davy (1778 - 1829) examinés els pigments trobats a Roma i a Pompeia, i que, entre d'altres, M. Faraday (1791 - 1867) identificqués l'ús del plom en els vidrats de la ceràmica romana (TRIGGER, 1988).

Però quan parlem del vessant natural dels objectes arqueològics, a què ens referim exactament? En realitat, aquesta pregunta no té una resposta única, sinó que la resposta depèn del nivell d'anàlisi en què ens movem i, a més, els diferents nivells que podem trobar no són necessàriament excloents, sinó que sovint són complementaris i es troben interconnectats (HURLBUT i KLEIN, 1989; AMIGÓ i OCHANDO, 2001; NEESE i SCHULZE, 2004; POLLARD [*et al.*], 2007).

Al nivell més elemental, tota la matèria es compon d'àtoms, la configuració particular dels quals fa que corresponguin a un determinat element químic o substància pura. Per això, en un primer nivell, es pot considerar que qualsevol artefacte és un conjunt d'àtoms, d'un o més elements, representats en diferents proporcions. D'aquesta manera, l'estudi d'un artefacte al nivell atòmic és el que es coneix com a anàlisi química, que consisteix a determinar les concentracions elementals de l'artefacte en estudi, és a dir, determinar quins elements i en quines proporcions el componen. Aquesta anàlisi requereix l'aplicació d'alguna de les diverses tècniques existents en química analítica, d'entre les quals les més comunes són la fluorescència de raigs X, l'activació neutrònica i la família de tècniques de plasma acoblat inductivament.

En un segon nivell, els àtoms es poden combinar per formar substàncies, o bé formades per àtoms d'un únic tipus, i així en resulta una substància pura, o bé formades per àtoms de dos o més elements diferents, i així en resulta un compost. Aquestes substàncies pures i aquests compostos poden tenir unes propietats físiques i unes característiques químiques totalment diferents de les dels àtoms que les formen. Si aquestes substàncies es manifesten en estat sòlid, són homogènies, de composició química definida, i presenten una estructura cristal·lina ben ordenada, reben el nom de *minerals*. Per tant, l'estudi d'un artefacte al nivell mineralògic determina el mineral, o minerals, que el componen i les seves proporcions. L'anàlisi mineralògica necessita també l'aplicació d'alguna tècnica analítica, entre les quals destaca la difracció de raigs X. Quan l'estructura no és ordenada, ens trobem davant de materials amorfs, tal com ho és un vidre volcànic com ara l'obsidiana, que tècnicament es poden considerar líquids de gran viscositat.

Finalment, en un tercer nivell, les substàncies pures i els compostos es poden trobar formant materials en els quals s'agreguen cristalls, d'un mateix mineral o de més minerals, o materials vitris, que formen mixtures. Aquests agregats constitueixen les roques, sedimentàries, metamòrfiques o ígnies, que juntament amb els dipòsits sedimentaris formen l'escorça terrestre i configuren les diferents formacions geològiques. Així, l'estudi d'un artefacte al nivell petrogràfic determina el mineral o minerals que el componen, la forma de l'agregació i les seves proporcions, tenint en compte la mida i la forma, així com la textura, que determinaran el tipus de roca. L'anàlisi petrogràfica necessita també l'aplicació d'alguna tècnica analítica, i la més emprada és la microscòpia òptica per làmina prima. Cal tenir present que algunes de les mixtures, com ara els aliatges de metalls, són homogènies i formen solucions sòlides.

Cal tenir molt present que serà la combinació d'aquests tres nivells la que atorgarà les propietats físiques del material en qüestió, depenent d'un gran nombre de variables, com ara la textura, la porositat, la permeabilitat, la capillaritat, les discontinuïtats, les propietats mecàniques o les propietats tèrmiques. Per determinar aquestes propietats, que afecten el que és i com es comporta un material, per exemple durant el seu ús, existeixen igualment un gran nombre de tècniques pròpies de la ciència de materials.

Si retornem ara a la primera pregunta de l'exemple sobre l'utilatge lític, la millor opció per saber quin tipus de roca és seria plantejar un estudi en el nivell petrogràfic, que ens permetria identificar directament el tipus de roca. En altres casos, el resultat s'hauria obtingut millor per mitjà d'una anàlisi química o d'una anàlisi mineralògica, o, fins i tot, amb una combinació de dos o més nivells d'anàlisi.

En el cas de les ceràmiques, que centren el nostre article, les preguntes que s'interessen únicament per la identificació generalment no es plantegen. En la major part de circumstàncies, la identificació d'un material com a «ceràmica» es fa senzillament per mètodes heurístics en una observació visual a ull nu, és a dir, a partir de l'observació i del coneixement pràctic del que és i com és una ceràmica. En aquest sentit, en principi, no cal aplicar cap tècnica analítica. De totes maneres, sí que hi ha una àmplia demanda

d'estudis d'identificació de pigments i revestiments emprats en la fabricació ceràmica.

Una aplicació típica, la trobem en la caracterització arqueomètrica del taller de Los Pedregales de Clunia (Peñalba de Castro, Burgos), que va produir, entre els segles I i II dC, ceràmica comuna de tradició celtibèrica, bàsicament copes i gerres de vaixel·la de taula. La pasta presenta majoritàriament un color crema pàl·lid, sobre el qual s'observa una característica decoració negra pintada amb motius distribuïts en mètopes per influència de la *terra sigillata*. Per identificar el pigment emprat en la decoració negra, es va procedir a l'estudi per microscòpia electrònica de rastreig (MER) d'una fractura fresca d'una secció de la ceràmica (figura 1). En aquesta secció, sobre el cos ceràmic, s'observa la presència d'una capa fina, d'un gruix aproximat de 10 µm (és a dir, d'una centèsima part de mil·límetre), que correspon a la decoració negra pintada. La microanàlisi va revelar que es tractava d'òxids de manganès, un pigment que dona coloracions negres de to mat i que no és de tradició romana, però sí celtibèrica (BUXEDA *et al.*, 2005).

Provinença

Un segon camp d'interès en arqueometria és poder establir l'origen dels artefactes trobats en el registre arqueològic. Aquest origen rep el nom de provenença, per diferenciar-lo de la procedència, que correspon al lloc de retrobament, és a dir, al jaciment on ha aparegut l'artefacte.

En el cas anterior sobre l'aprovisionament del material lític, a la segona qüestió d'on provenia aquesta roca es respondria, segurament un altre cop, amb un estudi a nivell petrogràfic. Esquemàticament, un cop identificat el tipus de roca, procediríem a comparar-lo amb els diferents afloraments del seu entorn. Així, la presència d'un aflorament del tipus de roca de què està fabricat el nostre instrument lític indicaria una possible àrea de provenença. Cal pensar, però, que l'origen d'aquest material no és necessàriament el de l'artefacte. Podria molt ben ser que els nòduls lítics emprats per a la fabricació dels artefactes s'haguessin pres en aquell aflorament, però que el lloc de talla es trobés en un altre indret; situació típica, per exemple,

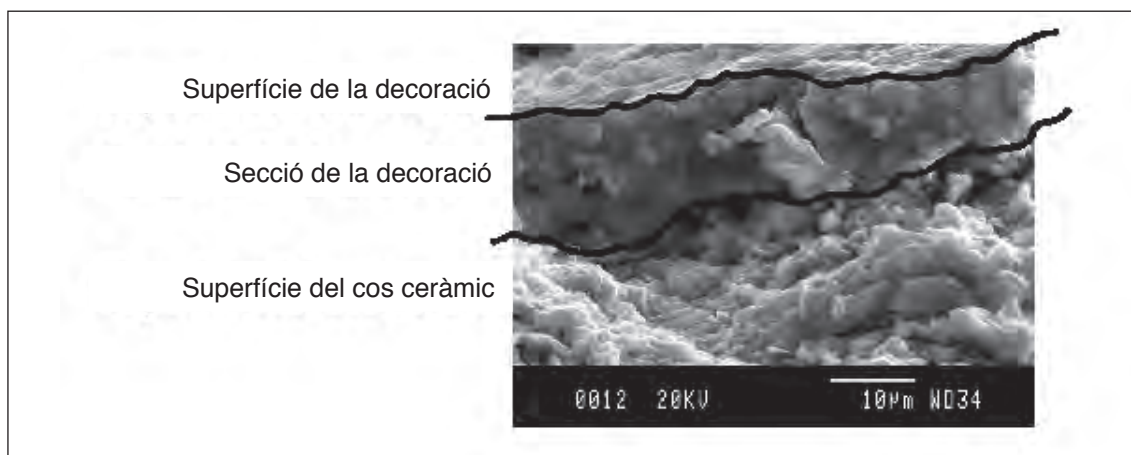


Figura 1. Microfotografia de MER a 2000X de l'individu CLA248 amb la decoració negra sobre el cos ceràmic.

en el cas de les escultures, en què els tallers dels escultors rarament es troben a la mateixa pedra. Aquest tipus de situacions afecten diversos estudis arqueomètrics en els quals es caracteritzen fenòmens naturals que es volen associats a esdeveniments arqueològics. En el cas de les ceràmiques, però, aquestes inadequacions deuen haver estat força infreqüents, ja que el transport de les primeres matèries comportaria uns costos i unes dificultats difícils d'assumir. Una possible excepció serien els materials emprats en la decoració i en els revestiments, ja que es consumeixen en quantitats molt inferiors i, en molts casos, són tan poc abundants o rars que el seu trasllat seria justificat (ARNOLD, 1985).

En el cas de les ceràmiques, els estudis petrogràfics de provenença són igualment possibles, però generalment estan reduïts a ceràmiques grolleres, en les quals les inclusions són d'una mida prou gran perquè es pugui identificar si corresponen a petits fragments de roca, dels quals es buscarien els possibles afloraments. Però en tot cas, aquí no parlarem d'aquests tipus d'estudis, ja que comporten una metodologia i una problemàtica àmplia i particular que es veu en detall en l'article de Clop d'aquest mateix número.

L'altre nivell d'anàlisi que es pot emprar per fer provenença és el químic, ja que, en general i tret d'excepcions puntuals, el nivell mineralògic no aporta informació suficient per determinar la provenença dels artefactes arqueològics.

La idea que la composició química podria emprar-se per establir la provenença no és tan antiga com la preocupació per la identificació

d'aquests materials, però ja va ser suggerida per J. E. Wocel a mitjan segle XIX. Durant els anys 1840, C. C. T. C. Göbel estudià aliatges de coure del Bàltic i va establir un grup amb unes mateixes característiques químiques. En el cas de les ceràmiques, el primer estudi es deu a T. W. Richards, que va publicar, l'any 1895, uns resultats químics de ceràmiques àtiques, només dos anys després que G. Nordenskiöld publicés el primer estudi petrogràfic, fet sobre ceràmiques de Mesa Verde (Colorado) (TRIGGER, 1988).

La possibilitat d'establir la provenença a través de l'anàlisi química es fonamenta en cinc requisits (POLLARD [*et al.*], 2007):

- (1) Que sigui característic: és a dir, que l'artefacte contingui una característica química o un senyal isotòpic que sigui únic d'una font o d'un aflorament particular.
- (2) Que sigui singular: és a dir, que aquesta font correspongui a una àrea geogràfica singular, reduïda, perquè tingui sentit en l'estudi arqueològic.
- (3) Que sigui predictable: és a dir, que el senyal no s'ha de veure afectat per la manipulació humana del material, o que, com a mínim, la seva influència es pugui corregir.
- (4) Que sigui mesurable: és a dir, que el senyal es pugui mesurar amb la tècnica analítica adequada, amb la suficient exactitud i precisió per distingir entre diferents fonts.
- (5) Que sigui estable: és a dir, que el senyal no es vegi afectat durant l'enterrament

per cap procés postdeposicional, o que la seva influència es pugui corregir.

Quan s'estableix la provenença per anàlisi química de materials lítics i de ceràmiques, el senyal que generalment s'empra és la mateixa composició química global, partint de la base que cada material té una composició pròpia que li és particular gràcies a la seva història. D'aquesta manera, el requisit (1), que sigui característic, en principi s'acompleix.

En el cas de les ceràmiques, hi ha una diferència extraordinàriament significativa respecte dels materials lítics. En aquests, la talla, la manufactura de l'artefacte, no implica cap canvi en la seva composició, sinó que únicament afecta la forma (d'un bloc de pedra a una escultura). El material lític, doncs, compleix clarament el requisit (3), és a dir, que sigui predictable. Les ceràmiques, en canvi, són materials sintètics produïts per una coccio. Són materials de nova creació que no existeixen en l'escorça terrestre de manera natural i, per tant, no hi ha cap aflorament que els pugui ser directament atribuït. El cicle productiu de la ceràmica (MANNONI i GIANNICCHEDDA, 2004) parteix, com a norma general, d'una argila que els ceramistes poden haver manipulat afegint-hi desgreixadors, depurant-la, barrejant-la amb altres argiles o fent diverses combinacions de les accions anteriors. El resultat és una pasta, amb la qual es fabricarà la ceràmica, que no ha de tenir cap relació amb cap aflorament de cap primera matèria i, com que generalment no sabem quin procés de preparació ha seguit, no es pot corregir la influència que la manipulació humana ha tingut respecte de les primeres matèries.¹

A causa d'aquesta manca de relació directa entre la ceràmica i les primeres matèries, sense l'existència d'afloraments que es puguin emprar com a materials de referència, la provenença ceràmica s'ha de fer a partir, precisament, de la pasta ceràmica que prepara el ceramista, assu-

1. El procés concret del pas de la primera matèria a la pasta ceràmica, així com d'aquesta a la ceràmica ja fabricada, ja l'hem formalitzat en detall anteriorment i no serà repetit aquí (BUXEDA [et al.], 1995). Aquell treball inclou altres aspectes que aniran sorgint en la present discussió, però que aquí es presenten amb algunes modificacions per tal de corregir certs errors i mancances existents en el text anterior.

mint que aquesta preparació és estable, ja que una variació sobre una recepta vàlida podria conduir a errors i defectes.

Aquest fet es constata en l'estudi etnoarqueomètric realitzat al poble de Pereruela de Sayago (Zamora) (BUXEDA [et al.], 2003). Aquest poble es troba situat (figura 2, superior) en una zona de gneis, formació que alterna amb esquists i, al sud, hi ha una important formació granítica, i sobre aquestes formacions s'han desenvolupat argiles vermelles. A més, just al nord del poble, es troba una formació de lehm en la qual hi ha una argila blanca, el caolí. Aquest poble és un dels centres productors més importants de ceràmica tradicional del centre de la Península Ibèrica i Peacock (1982) fins i tot el va emprar com a exemple de la indústria domèstica. La ceràmica produïda correspon, principalment, a ceràmiques de cuina i, en la fabricació, els ceramistes barregen una part d'argila vermella, extreta dels propis camps, amb una altra d'argila blanca, de propietat comunal. El caolí aportarà les propietats refractàries adequades a la ceràmica produïda, mentre que la vermella assegurarà la plasticitat necessària per poder modelar les peces. En l'estudi etnoarqueomètric es van recollir ceràmiques produïdes per quatre ceramistes diferents (Redondo, Pastor, Ramos y Riesgo), així com vuit mostres d'argiles vermelles, de diverses provenences, i quatre mostres de caolí. A més, es va incloure una mostra de la pasta preparada per Riesgo i que encara estava per utilitzar en la fabricació de noves ceràmiques. El tractament estadístic dels resultats de la caracterització química per fluorescència de raigs X (FRX)² permet veure clarament (figura 2, inferior) que les ceràmiques dels diferents ceramistes s'agrupen, i indica que la composició química és similar, mentre que tant les argiles vermelles com les mostres de caolí es troben molt allunyades de les ceràmiques. Contràriament, la pasta encara no emprada de Riesgo es troba al bell mig de les seves ceràmiques, cosa que evidencia que els afloraments d'argila no es poden emprar com a referències per a la provenença de les ceràmiques, ja que la preparació de la pasta fa que les ceràmiques puguin tenir composicions químiques

2. Els conceptes bàsics que afecten el tractament estadístic de les dades químiques han estat ja exposats, de manera introductòria, en un treball anterior (BUXEDA, 2001).

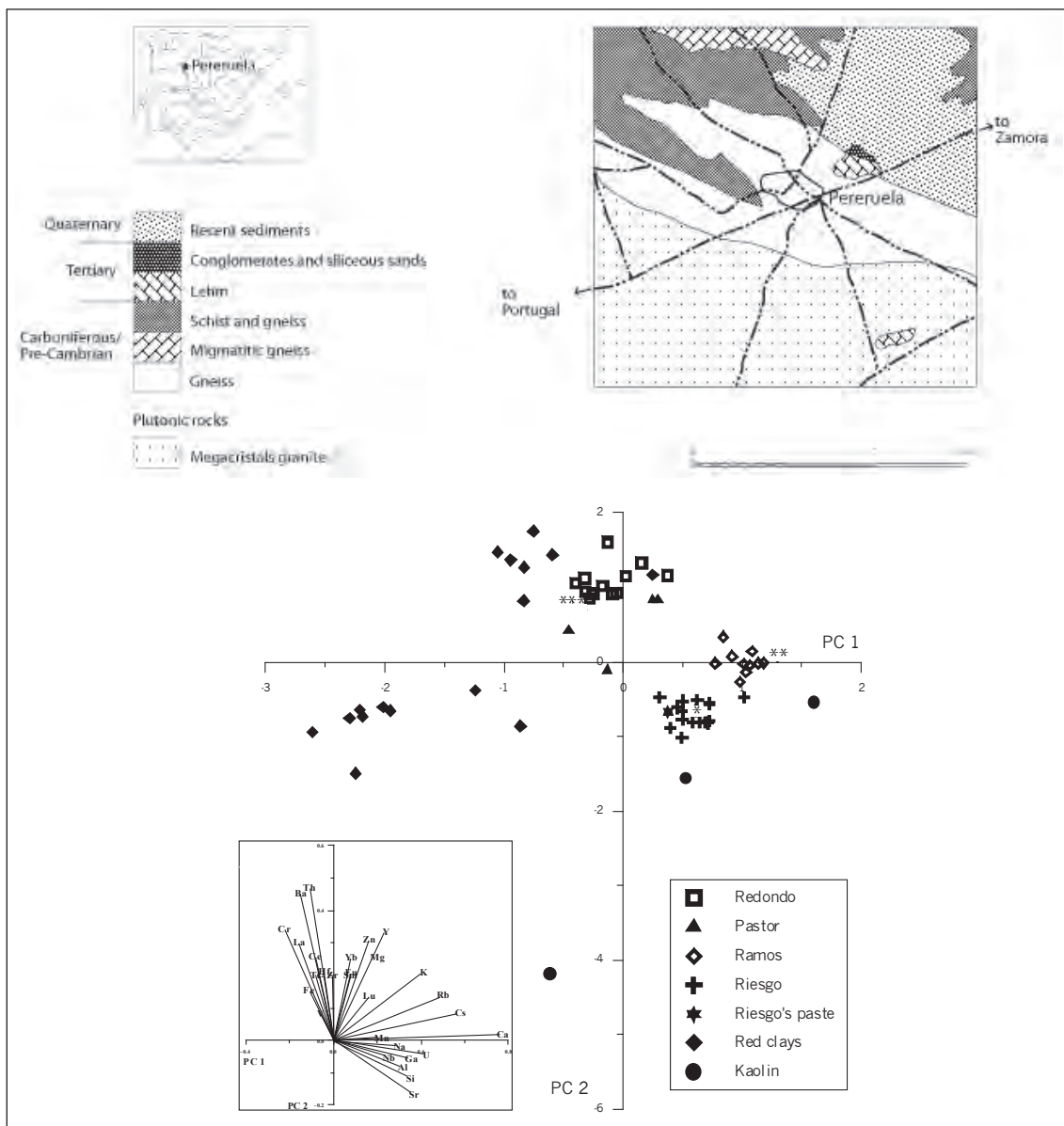


Figura 2. Superior: Localització de Pereruela i mapa geològic de l'àrea en estudi (a partir de IGME, 1980).

Inferior: Diagrama bivariant dels dos primers components principals (PC1 i PC2). A la cantonada esquerra inferior, diagrama bivariant dels components químics emprats en els dos components principals.

ques globals diferents de les primeres matèries que es troben en la natura.

Com hem vist, per a l'arqueometria de ceràmiques no existeixen fonts o afloraments en la natura que puguem identificar, mostrear i caracteritzar fent l'anàlisi química global i obtenint uns grups de referència (GR) amb els quals puguem comparar les ceràmiques d'interès. Per aconseguir aquestes referències localitzades, hem d'identificar les pastes ceràmiques dels diversos tallers. Ara bé, com que sovint és impossible trobar la pasta crua, sense emprar, la

caracterització es fa a partir de les mateixes ceràmiques ja cuites trobades en un taller i que són, efectivament, de producció local.³

En l'estudi de la producció de la ceràmica de pisa, o majòlica, que constitueix la vaixel·la de taula en època baixmedieval i moderna, es va començar per la caracterització dels grups de referència de les ceràmiques ja cuites i re-

3. Els canvis en la composició química i mineralògica que implica la cocció, en el canvi que té lloc de pasta ceràmica a fàbrica, són, aquests sí, corregibles (BUXEDA *et al.*, 1995).

trobades en els principals tallers dels regnes de Castella i Aragó (IÑÁÑEZ *et al.*, 2008). Un cop realitzada aquesta fase, es va poder passar, ja amb garanties, a l'estudi de casos d'interès arqueològic. En aquest període històric, el fet sens dubte més important fou el descobriment d'Amèrica el 1492 i la consegüent colonització. Una peça fonamental en aquesta expansió foren les Illes Canàries, conquerides definitivament el 1494, i que, a causa dels vents alisis, eren una aturada obligada en el viatge cap a Amèrica. En aquest context, l'estudi de la pisa retrobada als jaciments de la Cueva Pintada (Gáldar) i de l'antic convent de San Francisco (Las Palmas), ambdós a l'illa de Gran Canaria, reflecteix no solament l'aprovisionament ceràmic d'aquesta illa durant el segle XVI, sinó també els materials que circulaven cap a Amèrica (IÑÁÑEZ *et al.*, en premsa). Els resultats mostren (figura 3) que la major part dels individus se situen dins del GR de Sevilla, fet que s'explica fàcilment pel monopoli que sobre l'anomenada *Carrera de Indias*, la ruta d'Amèrica, exercia la *Casa de la Contratación* (1503), entitat establerta, fins al 1717, a Sevilla. Però els resultats mostren també

la presència, encara que minoritària, de materials de Barcelona (BCN-SC) i Manises (València), centres del Regne d'Aragó. I també altres materials de possible origen ligur, portuguès i, fins i tot, de Delft (Holanda). Sorprenentment, una ceràmica atribuïda arqueològicament a Delft és va revelar com una clara producció sevillana, cosa que va corroborar la sospita de la possible existència d'aquestes imitacions (PLEGUEZUELO i SÁNCHEZ, 1997).

Per finalitzar, caldria dir que el requisit (2), que sigui singular, és un requisit que no s'acompleix necessàriament, ja que en algunes circumstàncies tallers situats en una mateixa zona geològica, que empren les mateixes matèries primeres i preparen la pasta ceràmica de manera similar, fan productes amb composicions químiques no diferenciables. És el que s'anomena «zona d'incertitud o espai de no resolució» (BUXEDA *et al.*, 2008). Però igualment, en provinença ceràmica ens trobem amb el fet que un mateix taller pot presentar més d'un grup de referència, quan s'ha preparat més d'una pasta ceràmica en la fabricació dels diversos tipus de vasos. Pel que fa al requisit (4), que sigui mesurable, és

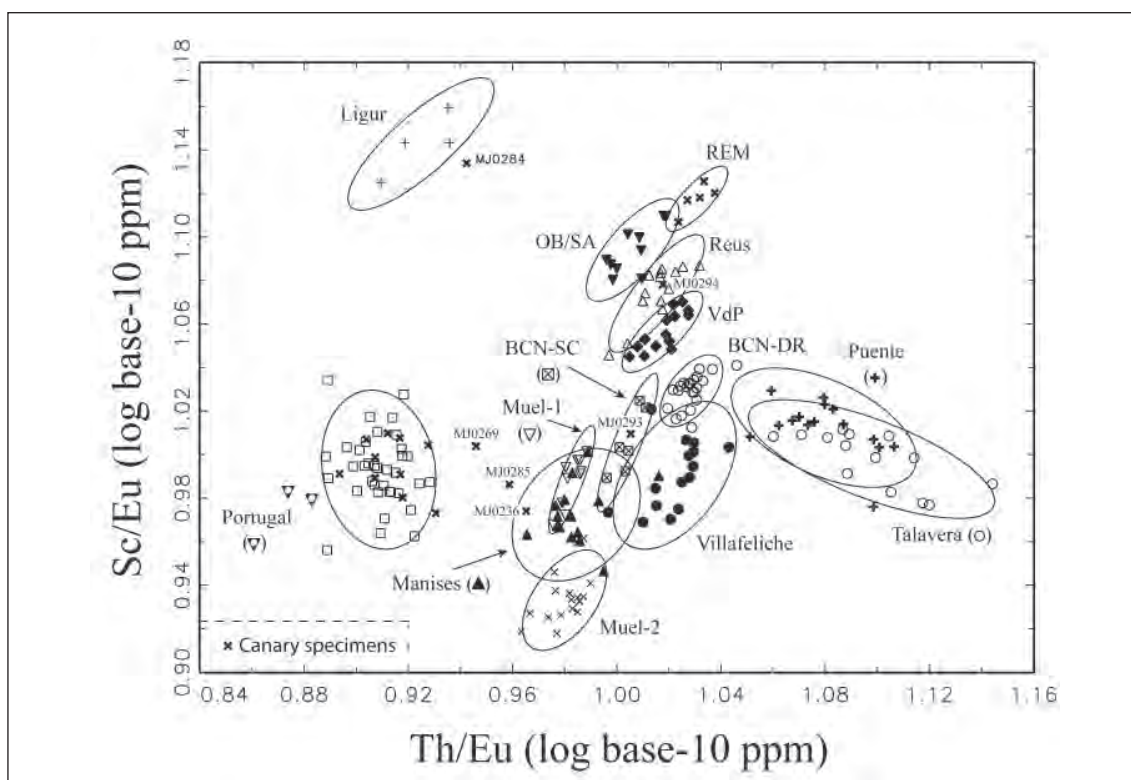


Figura 3. Diagrama bivariant amb els valors \log_{10} de Th/Eu en absccises i \log_{10} de Sc/Eu en ordenades, que mostra els grups de referència dels tallers de la Península Ibèrica, amb el·lipses que representen un interval del 90%, i els individus procedents de Gran Canària.

un requisit que en principi s'ha de poder garantir en un laboratori adequat, incloent en aquest cas els problemes que es poden associar al mostreig d'un artefacte arqueològic de composició més o menys heterogènia (BUXEDA [*et al.*], 1995; BUXEDA, 2001). Finalment, el requisit (5), que sigui estable, és una assumpció apriorística que sabem que no se sosté en tots els casos, tot i que hi ha diverses maneres, si no de corregir-ne els efectes, sí d'identificar que aquestes alteracions han tingut lloc, i llavors, estem obligats a extreure la prudència en el moment d'interpretar els resultats (BUXEDA, 1999).

Tecnologia

El tercer i darrer camp d'interès en arqueometria, la tecnologia, ha estat sempre una preocupació des dels primers treballs arqueomètrics de mitjan segle XVIII. En la identificació, hi havia la finalitat implícita de saber com s'havien fet tant els vernissos de la ceràmica àtica, com els de la *terra sigillata*, o els vidrats de la ceràmica romana. Per tant, la preocupació sobre la tecnologia corre paral·lela a la necessitat d'identificar els materials.

Malgrat tot, aquesta concepció de la tecnologia com a procés de fabricació va imposar sobre la recerca arqueològica una visió restrictiva segons la qual únicament s'entenia per tecnologia la tecnologia de producció. En l'exemple dels materials lítics, en no haver-hi transformació dels materials inicials més enllà de la modificació de la forma externa, s'entenia que la tecnologia es reduïa al procés de talla. Aquesta visió reduccionista, tot i que encara molt present, està avui dia àmpliament superada per una visió molt més complexa del que és i del que significa la producció (SCHIFFER i SKIBO, 1997; KINGERY, 2001), i la tecnologia és un factor més del disseny de qualsevol artefacte. La manufactura implica no solament la transformació dels materials inicials, sinó la recerca d'unes propietats que l'adeqüin per a determinades funcions, gràcies a les propietats del material emprat, però també del disseny formal. Així, el disseny inclou quatre grups de factors dinàmics: els aspectes funcionals o pràctics de l'artefacte, els aspectes estètics o formals, els aspectes econòmics i, a més, els aspectes tècnics pròpiament dits. Aquesta tecnologia, entesa com

a disseny, ultrapassa el mateix procés de fabricació, i queda superat el concepte de cadena operativa, que correspon al conjunt d'eleccions preses pels artesans durant el procés de manufactura, pel model de la cadena conductual (SCHIFFER i SKIBO, 1997). Aquest darrer, en canvi, inclou totes les activitats en què participa l'artefacte al llarg de la seva vida, i no sols les que en configuren el procés de manufactura. Dins d'aquest marc conceptual, el disseny ofereix una relació causal que imposa un nombre creixent de restriccions tecnològiques, entre les eleccions tècniques, les propietats formals i l'adequació a l'acompliment de determinades funcions rellevants en la vida de l'artefacte. L'estudi i la comprensió de la tecnologia abasta, doncs, la tecnologia de producció, recuperable en els estudis arqueomètrics a través de la identificació de les traces que els canvis de primera matèria a producte manufacturat deixen en l'objecte final, però sempre dins de la consideració de la cadena conductual, que emmarca les necessitats que originen i modelen els artefactes. Aquest extrem es pot exemplificar en un seguit de casos graduals que formen, un cop combinats adequadament, un tot coherent i que seran exposats seguidament.

El primer d'aquests exemples, el forneix la caracterització arqueomètrica de la producció d'àmfores romanes dels tallers de Cabrera de Mar (Maresme) (MARTÍNEZ [*et al.*], 2005). En aquest important conjunt romà republicà, es va localitzar a Ca l'Arnau un forn (50 aC-25 dC) que produïa, entre d'altres, àmfores d'imitació del tipus Dressel 1 itàlic, àmfores Laietana 1 i Pascual 1. A més, a prop de Ca l'Arnau va aparèixer, a Can Pau Ferrer, un dipòsit (75-50 aC) d'àmfores d'imitació del tipus Dressel 1 itàlic que correspondria a un segon taller, però encara desconegut. Els resultats de l'anàlisi química per FRX mostren una sorprenent complexitat, ja que s'identifica un gran nombre de composicions químiques diferenciades (figura 4), difícilment imaginable *a priori* en un centre productor. Així, s'identifica la utilització de tres argiles base diferents (A, B i C), sobre les quals es produeix una ulterior diversificació segons el contingut de carbonats emprats en la preparació de les pastes, i s'obtenen fins a dues pastes amb l'argila A, i tres amb les argiles B i C. Aquest fet exemplifica clarament que en un centre productor hi poden correspondre diversos grups de referència si, pels

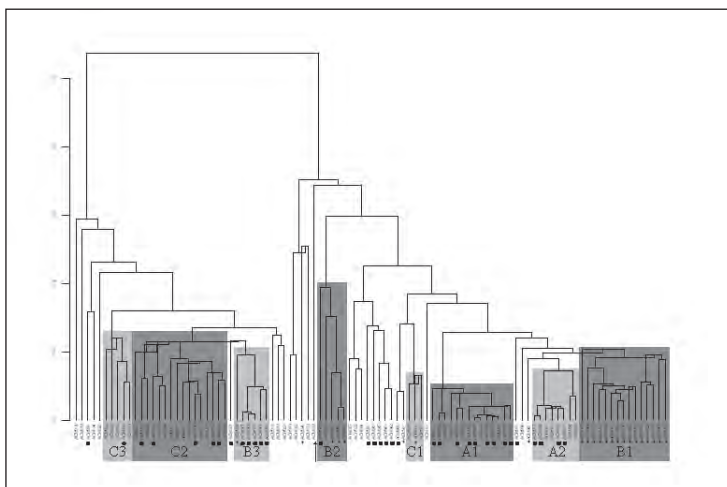


Figura 4. Dendrograma sobre els resultats de la composició química de les àmfores de Ca l'Arnau-Can Pau Ferrer, amb indicació dels principals grups de referència.

motius que sigui, s'ha preparat més d'una pasta per a la fabricació de ceràmica. A Cabrera de Mar, aquests motius són un canvi tecnològic amb la recerca d'unes determinades propietats en el material emprat per a la fabricació d'un artefacte, ja que es passarà d'una producció d'imitacions de Dressel 1 itàliques poc calcàries a una producció d'àmfores Laietana 1 calcària i Pascual 1 clarament calcària (BUXEDA *[et al.]*, 2008). Aquest canvi de poc calcari a calcari, influït per la quantitat de carbonat afegit en preparar la pasta, determinarà la microestructura de la matriu ceràmica, que és precisament un dels factors importants en la determinació de les propietats mecàniques d'aquest material (BUXEDA *[et al.]*, 1995).

Tot i això, la recepta d'una pasta argilosa i la seva cocció no són més que una part del que condiciona el comportament tècnic d'una ceràmica. La mida, el gruix de les parets i la mateixa forma de la peça ceràmica, especialment els angles i les curvatures, són variables que també influeixen en el seu rendiment. Així, àmfores produïdes amb les mateixes pastes però amb diferents tipologies es comportaran de manera diferent sota unes mateixes condicions, i algunes tipologies s'adequaran millor que altres a la seva funcionalitat. La demostració d'aquest punt és fàcil de fer si es pressuposa la utilització d'una mateixa pasta ceràmica, és a dir, les mateixes propietats mecàniques, per a la fabricació dels tres tipus d'àmfores anteriorment descrites: la Dressel 1, la Laietana 1 i la Pascual 1. En aquests cas, l'aplicació de la tècnica de l'anàlisi d'elements finits (AEF) ha permès observar que els

tres tipus mostren un comportament clarament diferenciat quan són emprats com a envasos de transport naval (VILA *[et al.]*, en premsa). Aquesta anàlisi parteix de la creació d'un model virtual tridimensional de l'artefacte, al qual s'assignen unes propietats mecàniques determinades i sobre el qual se simulen per ordinador unes determinades condicions d'ús. En aquest exemple, la simulació es va centrar en el comportament dels tres tipus amforals en el context de tres activitats habituals en l'ús d'aquests envasos: 1) alçament de l'àmfora buida de contingut, 2) alçament de l'àmfora plena (figura 5, superior a) i 3) l'estiba d'àmfores, l'una sobre l'altra, formant pisos, en la bodega d'un vaixell durant el seu transport (figura 5, superior b). Aquesta simulació a partir de l'AEF permet observar el comportament de l'objecte, identifica les zones de màxim estrès i mesura aquest estrès (figura 5, centre). D'aquesta manera, s'observa que, durant l'estiba a la bodega d'un vaixell, el tipus Dressel 1, amb una deformació elàstica màxima en la carena de l'envàs que s'acosta perillosament al límit de fractura, té un comportament clarament pitjor que el dels models Laietana 1 i Pascual 1, que la substitueixen (figura 5, inferior). L'estudi del canvi tecnològic mostra, doncs, que els nous tipus que varen substituir la Dressel 1, a part d'altres possibles avantatges, representaven una clara millora en la funció utilitària com a envàs de transport naval.

En altres situacions, productes de característiques diferents coexisteixen en els diferents centres receptors. En aquests casos, l'estudi i la comprensió de la tecnologia indica una rea-

litat complexa que s'ha d'entendre en el marc del consum, que no es pot confondre amb la distribució, entesa com l'arribada d'un artefacte d'un origen determinat a un centre receptor qualsevol (informació que ens proporciona l'estudi de provenença). El consum té a veure amb les qüestions de per què objectes similars amb diferents propietats arriben a un mateix centre receptor, i amb qui i per què els adquireix. A la costa catalana, es constata, en època augustal, l'arribada de la *terra sigillata* produïda al centre itàlic d'Arezzo i la producció A de la badia de Nàpols (MADRID, 2004; 2007). Sens dubte, les característiques d'acompliment de la *terra si-*

gillata inclouen la resistència a la fractura i la impermeabilitat, que ve donada per la qualitat del vernís, especialment pel grau de vitrificació, el gruix i l'adherència a la matriu, factors que, a més, en controlaran la durabilitat (MADRID i BUXEDA, en premsa). Finalment, hi ha també un acompliment sensorial que és important i característic de la *terra sigillata*, el color vermell. Així, l'estudi arqueomètric, per MER i per determinació de la resistència mecànica, mostra, per a Arezzo, la utilització de pastes calcàries cuites a alta temperatura, que produeixen una microestructura de vitrificació continuada i cel·lular de la matriu ceràmica (figura 6, su-

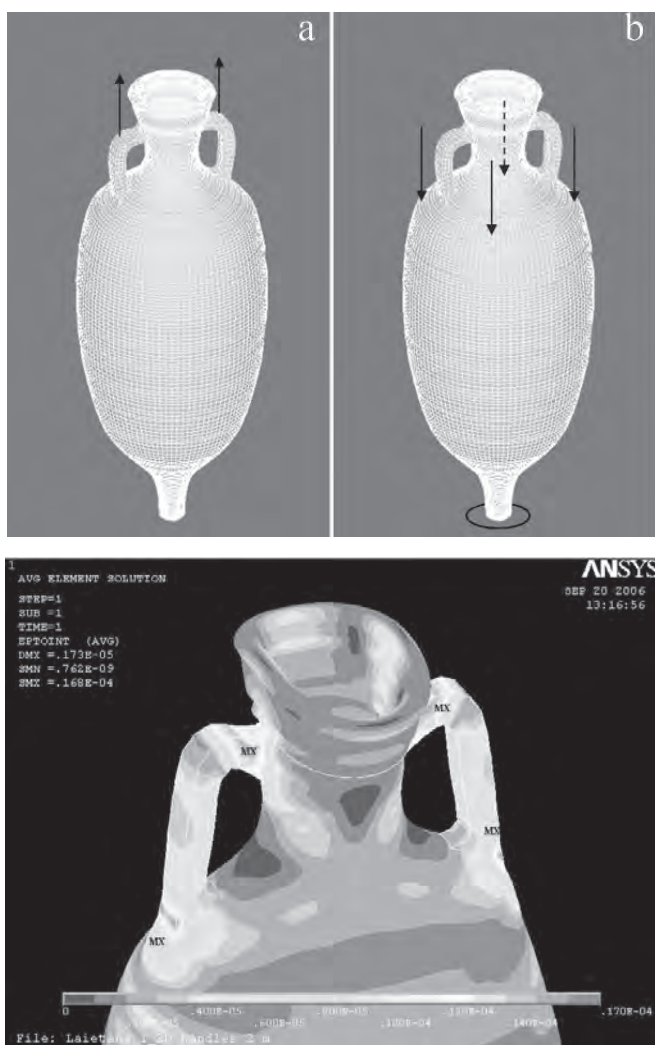


Figura 5. Superior a: Simulació pel mètode d'AEF de l'alçament d'una àmfora per les nanses. Superior b: Simulació pel mètode d'AEF de la força exercida per les àmfores apilades en l'estiba en la bodega d'un vaixell. Centre: Resultat de la simulació pel mètode d'AEF de l'alçament per les nanses, amb la indicació de les àrees de màxim estrès. Inferior: Taula amb els resultats de la simulació pel mètode d'AEF de la força exercida per les àmfores apilades en l'estiba en la bodega d'un vaixell, amb la identificació de l'àrea de màxim estrès.

	Força aplicada (N)	Màxim estrès (MPa)	Màxima deformació elàstica (%)	Localització
Pascual 1	1000	5.66	0.048	Pivot
Laietana 1	1000	5.9	0.0499	Pivot
Dressel 1	1000	10.1	0.0864	Carena

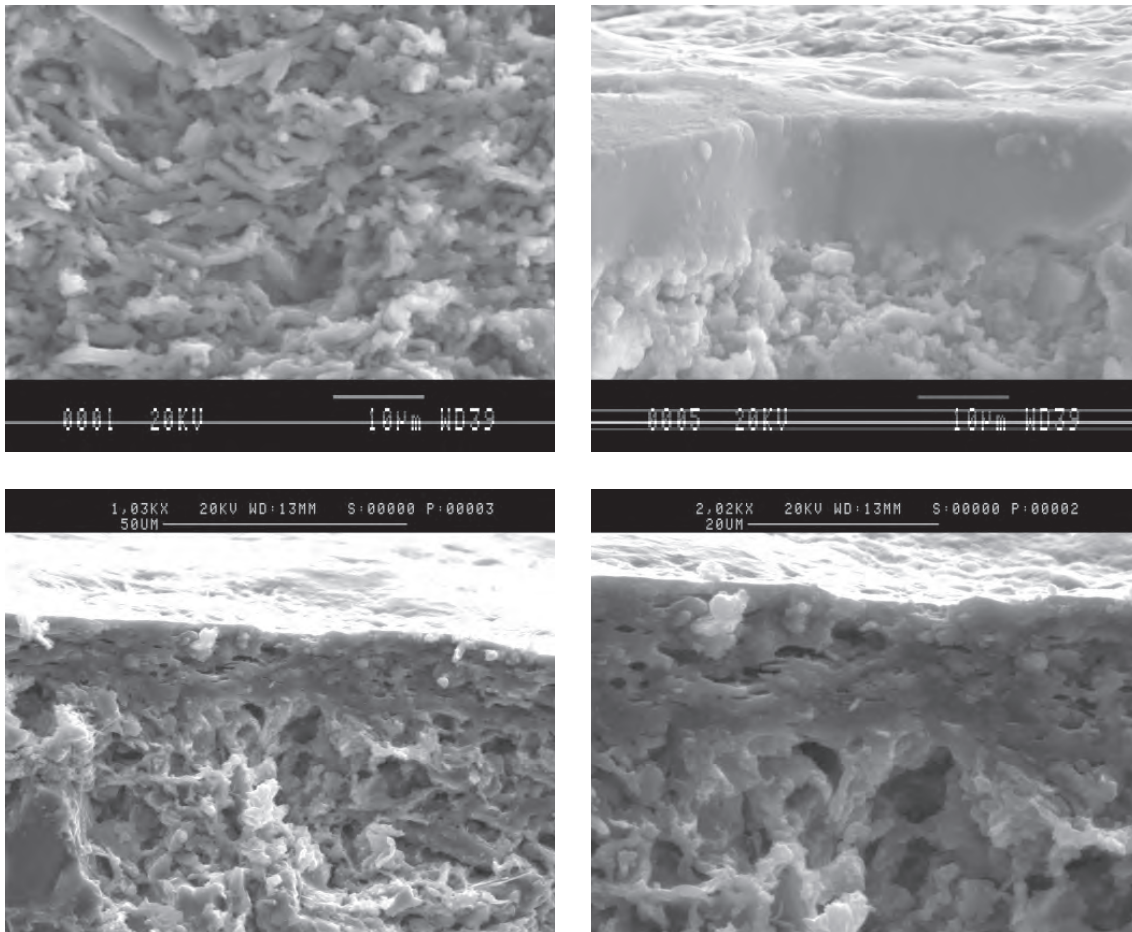


Figura 6. Superior: Arezzo. Microfotografies de MER de l'individu BDT068 a 2000X. Mida de les imatges: 60x45 µm.

Esquerra: matriu que mostra un estadi de vitrificació continuada.

Dreta: vernís del mateix individu que mostra un estadi de vitrificació total.

Inferior: Producció A. Microfotografies de MER de l'individu BDT002.

Esquerra: matriu i vernís, a 1000X, que mostra un estadi de vitrificació inicial.

Dreta: vernís, a 2000X, que mostra un estadi de vitrificació inicial.

perior esquerra), fet que proporciona una alta resistència mecànica, i vernissos totalment vitrificats, impermeables, i amb una bona adheència a la matriu (figura 6, superior dreta). El color vermell s'aconsegueix aquí gràcies a una cocció plenament oxidant en forns de radiació, amb un total aïllament de la ceràmica respecte dels gasos de la combustió. Contràriament, la Producció A presenta també pastes calcàries, però cuites a baixa temperatura, segons revela la seva microestructura on encara s'observen les làmines d'argila (figura 6, inferior esquerra), fet que li confereix una molt baixa resistència mecànica. A més, els seus vernissos, tot i que amb una bona adheència a la matriu, es mostren no vitrificats, no impermeables (figura 6, inferior dreta). Aquestes baixes temperatures eren neces-

sàries per tal que el vernís no vitrifiqués, ja que a causa de la utilització de forns de flama lliure, on la ceràmica estava en contacte amb els gasos de la combustió, el color del vernís s'adquiria en un refredament oxidant. Per això calia que el vernís no hagués arribat a vitrificar, com passa a altes temperatures, i es mantingués permeable a l'oxigen. Malgrat tot, com que aquesta oxidació era insuficient, el color final del vernís no era el to vermell característic sinó un to més ataronjat. Així, Arezzo i la Producció A semblen indicar que l'acompliment sensorial del color pot ser superior al de la resistència mecànica i al de la impermeabilitat. Però malgrat tot, sembla clar que les diferents qualitats resultants devien tenir importants implicacions en un consum diferenciat d'ambdues produccions.

Les importants diferències observades en la *terra sigillata* no han d'amagar, però, el fet que cada producció mostra per separat unes característiques molt constants en la fabricació, amb una preparació de la pasta i una manufactura molt acurades i estandarditzades, i que hi ha molt poca variabilitat tant a Arezzo com a la Producció A, amb una gran dedicació dels ceramistes. Això contrasta clarament amb la producció amforal de Cabrera de Mar i la de la major part dels centres productors d'àmfores (BUXEDA [et al.], 2008), on s'observa una gran diversitat de grups de referència, de pastes diferents, i un gran nombre d'àmfores que presenten composicions intermèdies. L'avaluació de la tecnologia com a simple tecnologia de producció podria portar a concloure que la fabricació amforal és, doncs, tècnicament inferior a la de la *terra sigillata*. Malgrat tot, l'avaluació de la tecnologia necessita la comprensió del disseny en la cadena conductual de cada producte. I en aquest sentit, és significativa la diferència entre una vaixel·la de *terra sigillata*, que és per si mateixa un artefacte d'un cert valor i prestigi, que tindrà un llarg període d'utilització i es consumirà com a bé per ell mateix, i l'àmfora, que només serà el contingut del bé realment a adquirir i a consumir (vi, oli, etc.) i que només s'utilitzarà, típicament, un sol cop i haurà de mantenir uns baixos costos de producció, tot preservant l'acompliment de les característiques funcionals com a envàs de transport. Així, dins de les seves cadenes conductuals, resta evident que cap tecnologia no és superior a l'altra, sinó que ambdues s'expliquen per factors que van molt més enllà del procés de manufactura.

Un altre camp d'estudi important en arqueometria ceràmica, il·lustrat per l'expansió de la producció de ceràmica de tipus micènic durant el període LH III (BUXEDA [et al.], 2003), és el de la transferència de la tecnologia. A la zona del sud d'Itàlia s'observa que la producció local de ceràmica micènica, identificada en els estudis de provenença amb l'anàlisi química per activació neutrònica (AAN), segueix les pautes tecnològiques de la ceràmica pròpia del món micènic, segons s'observa en l'estudi per MER. S'utilitzen pastes calcàries, cuites a alta temperatura, que proporcionen colors suaus al cos ceràmic, sobre els quals contrasten les decoracions en negre. Aquest color negre s'aconsegueix

gràcies a la tècnica de reducció del ferro, que serà la tècnica emprada en les ceràmiques gregues i romanes d'èpoques posteriors. En aquesta tècnica, la primera fase del refredament es fa tapant les sortides de fum del forn i conservant els gasos de la combustió, fet que provocarà l'aparició dels colors negres-grisos en la matriu i en la decoració. En aquesta part del refredament, la decoració es vitrifica i resta, així, impermeable a l'oxigen que entra quan es tornen a obrir les sortides d'aire del forn, fent que només el cos ceràmic recuperi el seu color característic, mentre que la decoració conservarà un color negre brillant. A diferència del que succeeix al sud d'Itàlia, a la Macedònia central grega, la decoració sempre és vermella sense que s'aconsegueixin els desitjats colors negres. En aquest cas, l'estudi arqueomètric va revelar la utilització d'una tecnologia completament diferent, amb pastes poc calcàries que, per MER, mostraven microestructures molt diferents en les capes de les superfícies externes ataronjades de la matriu ceràmica (figura 7, superior) i el seu cos gris-negre, que mostrava una presència constant de petits porcs (figura 7, inferior) típicament produïts com a resultat d'una cocció ràpida en focs sobre el sòl o en forats a terra, però no en forns. Així, no es pot controlar l'atmosfera de cocció i el refredament té una primera fase reductora i, per tant, la decoració resultant tindrà sempre tons vermellosos. Els resultats, doncs, mostren que la transferència tecnològica amb el sud d'Itàlia va ser total, fins al punt que s'ha sospitat de l'existència de ceramistes micènics instal·lats en aquesta zona, mentre que a Macedònia, tot i la producció de ceràmica de tipus micènic, la tecnologia mostra la continuació de les tradicions locals, sense que existís una transferència tecnològica, ni, segurament, cap procés d'aculturació important.

Reprement ara l'exemple del taller de Los Pedregales, podem observar que la tecnologia ceràmica sembla incidir sobre l'important camp de la valoració de les tradicions i l'etnicitat de les societats que estudiem. Aquí, l'estudi arqueomètric havia revelat que la decoració negra es feia emprant manganès, tècnica que permet obtenir una coloració negra sense necessitat de fer una primera fase reductora en el refredament, com passa en la tècnica romana de la reducció del ferro, però que resulta una decoració negra

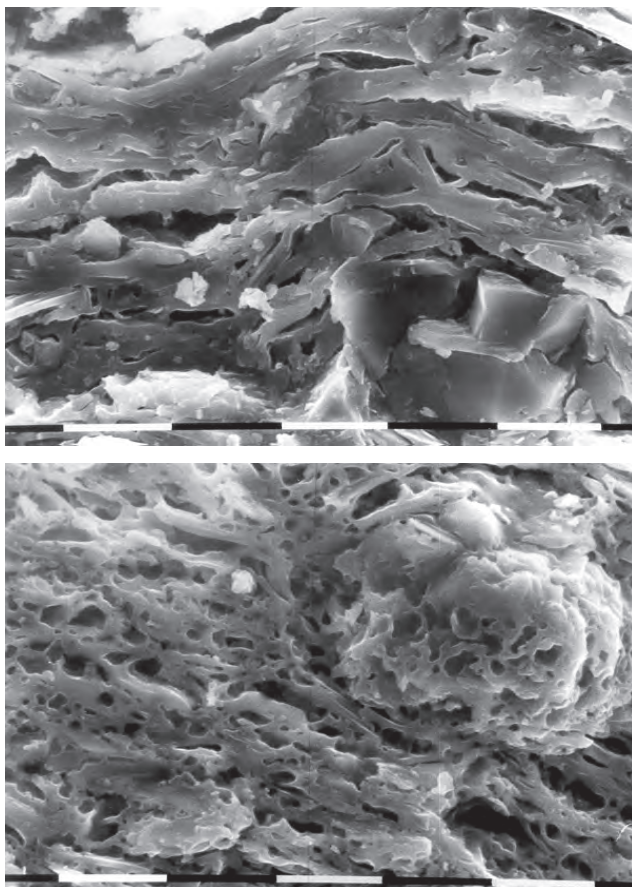


Figura 7. Microfotografies de MER de l'individu ALM111 a 2020X. La barra indica 10 μm .

Superior: típica microestructura de vitrificació continuada Vc en les àrees immediates a les superfícies externes i internes del cos ceràmic.

Inferior: microestructura del centre gris amb una alta concentració de pors fins.

mat, i no brillant. Una característica d'acompliment sensorial clarament fora de la tradició romana, intencionadament feta per ceramistes immersos i envoltats de la tecnologia romana. És per tot això que aquesta tecnologia, que es podria considerar inferior, se'ns mostra dins de la cadena conductual com una clara voluntat de manteniment d'una tradició, d'una etnicitat particular, malgrat la dominació romana, per a uns pobladors d'una colònia romana, *Clunia*, capital d'un convent jurídic.

Conclusions

En aquest treball hem volgut descriure ràpidament com l'arqueometria no és sinó una manera més de fer arqueologia. I com els resultats només són importants si es lliguen a concepcions teòriques i a problemes arqueològics que han de ser aproximats des del vessant natural, i no sols cultural, dels objectes arqueològics. Però alhora, és important tenir en compte que les aproximacions arqueomètriques s'han de

desenvolupar amb les metodologies adequades que permetin afrontar aquells aspectes naturals rellevants dels problemes plantejats.

La ceràmica constitueix un cas particular dins dels estudis arqueomètrics, amb una problemàtica pròpia en els estudis de provenença, i amb una gran projecció i potencial en els estudis tecnològics. Però cal entendre que la tecnologia és més que la simple fabricació. La tecnologia és el disseny, que implica la cadena conductual de l'artefacte, les característiques d'acompliment necessàries en totes les seves funcions durant tota la vida de l'artefacte. I és per això que la seva comprensió dona llum a una àmplia multiplicitat dels problemes arqueològics. Perquè les societats es caracteritzen per expressar la seva cultura amb artefactes. I els artefactes estan pensats per participar en aquesta cultura. I les evidències que retrobem en el seu disseny són els compromisos presents en el disseny: les primeres matèries, la tecnologia de producció, les tradicions, les interaccions durant la seva vida, el consum, la qualitat, el canvi tecnològic, la transferència de tecnologia, l'etnicitat. Perquè

el vessant cultural dels artefactes s'assenta sobre la seva base natural, on s'expressen les diferents societats. I l'estudi no és ni dificultós ni misteriós, sinó senzillament tan simple o tan complex com qualsevol altre aspecte que es vulgui estudiar en arqueologia, tot i que la metodologia és, en part, prou diferenciada.

Agraïments

Aquest treball forma part del projecte TECNOLONIAL (HAR2008-02834), finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación, i del projecte *Marie Curie* PEOF-GA-2008-221399, finançat per la Comissió Europea.

Abstract

Ceramic archaeometry: a ceramic archaeology with more information

This paper introduces the three main spheres where archaeometric research is currently conducted: materials identification, artifact provenance, and artifact technology. Special attention is given to technology which is viewed not only as manufacturing processes but also as a complete set of activities taking place during the life histories of artifacts. Drawing upon several examples, authors argue the importance of design processes in studying technology. As technology is shaped by trade-offs in all cultures, is suggested that a critical step in the study of technology should be the characterization of the material properties of the artifacts. Consequently, archaeometric research, along with a proper theoretical and methodological framework, is presented as a suitable and robust way to conduct archaeology of technology.

Resumen

Arqueometría cerámica: una arqueología cerámica con más información

En el presente artículo se presentan los tres grandes ámbitos en los que se desarrolla la investigación arqueométrica sobre cerámicas: la identificación de los materiales, la proveniencia de los

artefactos y la tecnología en la que se inscriben. El artículo hace una incidencia especial en aquello que se entiende por tecnología, indicando que la tecnología de producción es únicamente una parte de la misma, y que el concepto básico es el de diseño, que debe adecuarse a una multiplicidad de características de desempeño, explicadas por la cadena conductual en la cual transcurre la vida de los artefactos. Dado que las culturas se expresan por medio de artefactos, la vertiente material de éstos refleja, aunque sólo sea en parte, los compromisos que dichos artefactos tienen en las culturas en estudio. La arqueometría, con un cuerpo teórico y metodológico adaptado a la investigación de esta vertiente natural de los artefactos, aparece así como una forma complementaria de hacer arqueología y no como un campo de estudio diferenciado.

Referències bibliogràfiques

- AMIGÓ, J. M.; OCHANDO, L. E. (2001). *Geología i química del cosmos i de la terra*. València: Universitat de València.
- ARNOLD, D. E. (1985). *Ceramic Theory and Cultural Process. New Studies in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. (1999). «Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The Perturbation Problem». *Journal of Archaeological Science*, núm. 26, p. 295-313.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J. (2001). «L'estadística i la seva aplicació en els estudis de provenença dels materials arqueològics». Dins: GRACIA, F.; GURT, J. M.; CARRERAS, C.; MUNILLA, G. (ed.). *Jornades d'Arqueologia i Tecnologies de la Informació i la Comunicació: Recerca, Docència i Difusió. Arqueo-Mediterrània*, núm. 7, p. 71-92.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M. A.; GURT I ESPARRAGUERA, J. M.; Tuset i BERTRAN, F. (1995). «Análisis tradicional y análisis arqueométrico en el estudio de las cerámicas comunes de época romana». Dins: *Ceràmica comuna romana d'època alto-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la question*. Monografies Emporitanes, VIII, p. 39-60.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M. A.; KILIKOGLU, V. (2003). «Chemical variability in clays and pottery from a traditional cooking pot production village: Testing assumptions in Pereruela». *Archaeometry*, núm. 45, p.1-17.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; IÑÁÑEZ, J. G.; Tuset i BERTÁN, F. (2005). «Pedregales: a coarse ware workshop of Celtiberian tradition at the Roman town of

- Clunia (Peñalba de Castro, Burgos, Spain)». Dins: PRUDÊNCIO, M. I.; DIAS, M. I.; WAERENBORGH, J. C. (ed.). *Understanding people through their pottery. Trabalhos de Arqueologia*, núm. 42, p. 19-25.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; JONES, R. E.; KILIKOGLU, V.; LEVI, S. T.; MANIATIS, Y.; MITCHELL, J.; VAGNETTI, L.; WARDLE, K. A.; ANDREOU, S. (2003). «Technology transfer at the periphery of the Mycenaean world: the cases of Mycenaean pottery found in central Macedonia (Greece) and the Plain of Sybaris (Italy)». *Archaeometry*, núm. 45, p. 263-284.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J.; MARTÍNEZ FERRERAS, V.; VILA SOCIAS, L. (2008). «Les primeres produccions d'àmfores romanes a la Tarraconense. Per una arqueometria del canvi tecnològic, de la producció i del consum». Dins: LÓPEZ MULLOR, A.; AQUILUÉ ABADÍAS, X. (coord.). *La producció i el comerç de les àmfores de la Província Hispania Tarraconensis. Homenaje a Ricard Pascual i Guasch*. Monografies, 8, p. 151-161.
- HURLBUT, C. S. JR.; KLEIN, C. (1989). *Manual de minerologia de Dana*. 3a ed. Barcelona: Reverté.
- IÑÁÑEZ, J. G.; SPEAKMAN, R. J.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; GLASCOCK, M. D. (2008). «Chemical characterization of majolica from 14th-18th century production centers of the Iberian Peninsula: a preliminary neutron activation study». *Journal of Archaeological Science*, núm. 35, p. 425-440.
- IÑÁÑEZ, J. G.; SPEAKMAN, R. J.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; GLASCOCK, M. D. (en premsa). «Chemical characterization of tin-lead glazed pottery from the Iberian Peninsula and the Canary Islands: initial steps toward a better understanding of Spanish Colonial pottery in the Americas». *Archaeometry*.
- KINGERY, W. D. (2001). «The Design Process as a Critical Component of the Anthropology of Technology». Dins: SCHIFFER, M. B. (ed.). *Anthropological Perspectives on Technology*. Nova York: Amerind Foundation New World studies series, 5, p. 123-138.
- MADRID I FERNÁNDEZ, M. (2004). «Preliminary results of archaeological and archaeometrical research on early Italian sigillata from Baetulo (Badalona, Barcelona)». Dins: POBLOME, J.; TALLOEN, P.; BRULET, R.; WAELEKENS, M. (ed.). *Early Italian Sigillata. The chronological framework and trade patterns. Babesch, Annual Papers on Classical Archaeology*, Supplement 10-2004, p. 337-350.
- MADRID I FERNÁNDEZ, M. (2007). «Identificació arqueològica i arqueomètrica de la Producció A de la badia de Nàpols dins les sigillates indeterminades de Baetulo». Dins: ROCA ROUMENS, M.; PRINCIPAL, J. (ed.). *Les imitacions de vaixel·la fina importada a la Hispania Citerior (segles I aC-I dC)*. Serie Documenta, 6, p. 89-97.
- MADRID I FERNÁNDEZ, M.; BUXEDA I GARRIGÓS, J. (en premsa). «Qualitat i consum ceràmic de la sigillata augustal. Noves vies d'estudi i interpretació a partir de l'arqueometria». *Empúries*.
- MANNONI, T.; GIANNICCHEDDA, E. (2004). *Arqueologia de la producció*. Barcelona: Ariel.
- MARTÍNEZ FERRERAS, V.; BUXEDA I GARRIGÓS, J.; MARTÍN I MENÉNDEZ, A. (2005). «L'évolution des premières amphores romaines produites à Cabrera de Mar (Catalogne) d'après leur caractérisation archéométrique». *SFECAG*, p. 391-401.
- NESSE, W. D.; SCHULZE, D. J. (2004). *Introduction to Optical Mineralogy*. 3a ed. Oxford: Oxford University Press.
- NEUSTUPNÝ, E. (1971). «Wither Archaeology?» *Antiquity*, núm. 45, p.34-39.
- PEACOCK, D. P. S. (1982). *Pottery in the Roman world: an ethnoarchaeological approach*. Londres; Nova York: Longman.
- PLEGUEZUELO, A.; SÁNCHEZ CORTEGANA, J. M. (1997). «La exportación hacia América de cerámicas europeas (1492-1650)». Dins: *Transferències i comerç de ceràmica a l'Europa Mediterrània: Actes de les XV Jornades d'Estudis Històrics Locals*, p. 333-363.
- POLLARD, M.; BATT, C.; STERN, B.; YOUNG, S. M. M. (2007). *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- SCHIFFER, M. B.; SKIBO, J. M. (1997). «The Explanation of Artifact Variability». *American Antiquity*, núm. 62, p. 27-50.
- SKIBO, J. M.; SCHIFFER, M. B. (2008). *People and Things. A Behavioral Approach to Material Culture*. Springer.
- TRIGGER, B. (1988). «Archaeology's relations with the physical and biological sciences: a historical review». Dins: FARQUHAR, R. M.; HANCOCK, R. G. V.; PAVLISH, L. A. (ed.). *Proceedings of the 26th International Symposium on Archaeometry*, p. 1-9.
- VILA SOCIAS, L.; HEIN, A.; KILIKOGLU, V.; BUXEDA I GARRIGÓS, J. (en premsa). «Disseny amforal i canvi tecnològic al voltant del canvi d'era: L'aportació de l'Anàlisi d'Elements Finites». *Empúries*.
- Jaume BUXEDA I GARRIGÓS (1964) és professor agregat d'Arqueologia a la Universitat de Barcelona i director del grup Cultura Material i Arqueometria UB (ARQ|UB). Doctorat a la Universitat de Barcelona amb una tesi sobre arqueometria ceràmica, va realitzar dues estades postdoctorals d'un any al Laboratoire de Céramologie (CNRS, Lió, França) i al Laboratory of Archaeometry (NCSR 'Demokritos', Atenes, Grècia). Ha dirigit diversos projectes de recerca de la Unió Europea i del Ministerio de Ciencia e Innovación, així com cinc tesis doctorals en arqueometria.
- Marisol MADRID I FERNÁNDEZ (1962) és investigadora personal de suport a la recerca a la Universitat de Barcelona i membre de l'ARQ|UB. Doctora Europea per la Universitat de Barcelona amb una tesi d'arqueometria ceràmica, ha participat en diversos projectes de recerca arqueomètrica de la Unió Europea i del Ministerio de Ciencia e Innovación. Recentment ha realitzat una estada

a la Smithsonian Institution (Washington D.C.) amb un projecte sobre l'estudi de vernissos ceràmics per LA-ICP-MS.

Javier Garcia IÑÁÑEZ (1980) és actualment investigador postdoctoral *Marie Curie* de la Unió Europea a la Smithsonian Institution (Washington D.C.) i membre de l'ARQIUB. Doctor Europeu per la Universitat de Barcelona amb una tesi sobre arqueometria ceràmica, ha participat en diversos projectes de recerca arqueomètrica de la Unió Europea i del Ministerio de Ciencia e Innovación i dirigeix actualment un

projecte arqueomètric sobre la ceràmica colonial al sud dels Estats Units i d'Amèrica central.

Llorenç VILA SOCIAS (1975) es troba actualment finalitzant la tesi doctoral a la Universitat de Barcelona sobre l'estudi arqueomètric del canvi tecnològic en la producció d'àmfores romanes. És membre de l'ARQIUB i dirigeix l'empresa Elements. Centre de gestió i difusió de Patrimoni Cultural. Ha participat en diversos projectes de recerca sobre arqueometria ceràmica, i destaca l'estudi sobre àmfores romanes finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación.



Formatgeries Cantonigròs. Ctra. de Vic a Olot, km. 24. 09569 Cantonigròs (Osona). Tel. 93 852 50 06