

QUALITAT I CONSUM CERÀMIC DE LA SIGILLATA AUGUSTAL. NOVES VIES D'ESTUDI I INTERPRETACIÓ A PARTIR DE L'ARQUEOMETRIA

Terra sigillata, qualitat, augustal, arqueometria

Marisol Madrid i Fernández* **Jaume Buxeda i Garrigós****

En este estudio se presentan los resultados del trabajo realizado sobre la calidad de las diferentes producciones de terra sigillata comercializadas en época de Augusto, como paso previo al estudio del consumo. A partir de la aplicación de técnicas arqueométricas, se han establecido criterios objetivos y, en algunos casos, cuantitativos como son la resistencia a la ruptura de las diferentes vajillas analizadas y la adherencia y el estado de sinterización de su barniz. De este modo, ha sido posible determinar la existencia de las diversas calidades, que deben influenciar el consumo cerámico.

Terra sigillata, calidad, augusteo, arqueometría.

The aim of this paper is to present the results of the work conducted on quality of several terra sigillata productions that were commercialized during Augustan period. These results would serve as a first step into the study of consumption. Based on the application of archaeometric techniques, several objective and, in some cases too, quantitative criteria have been established. Those include the transverse rupture strength, and the adherence and the sintering state of the gloss. In such a way, it has been possible to determine the existence of different qualities, which may have an influence on ceramic consumption.

Terra sigilla, quality, Augustan, archaeometry.

Dans cet étude on présente les résultats du travail conduit sur la qualité des différentes productions de sigillée commercialisées dans le période augustéen, comme un étape antérieure de l'étude de la consommation. D'après l'application des techniques archéométriques, on a établie de critères objectives et, dans quelques cas, quantitatives comme c'est le cas de la résistance à la rupture et l'adhérence et l'état de sintérisation du vernis. De cette façon, a été possible déterminer l'existence de différentes qualités, qui on due avoir leur effet dans la consommation.

Sigillée, qualité, augustéen, archéométrie.

INTRODUCCIÓ

En el marc de l'arqueologia clàssica, la determinació de qualitat de les ceràmiques es fa majoritàriament a partir de paràmetres subjectius i visuals. En el cas de les vaixelles de taula, és l'aspecte final, l'acabat (envernissat, vidrat, decoració, etc.), un dels paràmetres més valorats per fixar criteris de qualitat. La ceràmica *terra sigillata* no és una excepció i la qualitat del seu vernís, estimada a ull nu, ha estat un factor determinant per establir i comparar la qualitat de diferents produccions, ja que aquest està estretament associat a la impermeabilitat de la peça i, per tant, afectarà directament a l'eficàcia de la vaixel·la durant el seu ús. Malgrat aquesta

prioritat, són pràcticament inexistents els estudis destinats a establir de manera objectiva la qualitat d'aquests acabats en termes de composició, tecnologia, porositat, vitrificació, adherència a la matriu, etc. (Buxeda 1995; Picon 1990; Picon 1997; Sciau *et al.* 2006a; Sciau *et al.* 2006b; Sciau/Vezian 2002; Sciau *et al.* 1992). De la mateixa manera, són escassos els treballs dedicats a l'estudi de les propietats mecàniques del material amb què estan realitzades les vaixelles, els quals permetrien conèixer fins a quin punt aquest és idoni per a la funció principal a què estaven destinats els artefactes. En aquest sentit, cal destacar els treballs pioners sobre la variació de les propietats elàstiques i mecàniques dels materials ceràmics d'acord amb la

* Grup de Recerca d'Arqueologia Clàssica, Protohistòrica i Egípcia (GRACPE) Dept. Prehistòria, H^a Antigua i Arqueologia c/ Montalegre, 6, 08001 Barcelona, mmadrid@ub.edu

** Cultura Material i Arqueometria / Universitat de Barcelona (ARQ/UB) Dept. Prehistòria, H^a Antigua i Arqueologia c/ Montalegre, 6, 08001 Barcelona, jbuxeda@ub.edu

proporció de desgreixador (especialment quars) afegit en la matèria primera i les implicacions que aquest procés comportaria pels ceramistes de l'Antiguitat, tot comparant les propietats mecàniques de maons experimentals fets en laboratori amb les de materials arqueològics de característiques similars (Kilikoglou *et al.* 1995; Kilikoglou *et al.* 1998; Vekinis/Kilikoglou 1998).

En concret, l'estudi de les propietats elàstiques i mecàniques, degut a l'ús de materials ceràmics en diversos camps com la medicina o la indústria, ha tingut un desenvolupament molt important des del camp de l'enginyeria. Diferents tècniques han estat proposades per avaluar els materials ceràmics, sotmetent-los a diversos tests a partir de l'aplicació de diferents forces sota les que un material ceràmic pot estar sotmès durant el seu ús (Davidge 1979). Amb tot, el problema que presenta l'aplicació d'aquestes tècniques per avaluar els materials ceràmics arqueològics és, d'una banda, que precisen de diversos espècimens del mateix individu perquè l'experiment tingui validesa estadística; i d'una altra, que cadascun dels espècimens ha de comptar amb unes mides mínimes determinades per a poder realitzar l'experiment. Aquestes restriccions comporten, generalment, problemes importants en treballar amb materials arqueològics. Ara bé, malgrat aquestes restriccions, només a través de l'aplicació d'aquestes tècniques podem aproximar-nos de manera objectiva a la qualitat entesa en termes de la seva pròpia funcionalitat. Així, per al treball sobre la qualitat de la vaixela *terra sigillata* que presentem a continuació, i degut a les limitacions esmentades, vàrem decidir realitzar dos tipus d'examen: d'una banda, avaluar la resistència del material a la fractura, el que ens permetria establir la qualitat del material amb què aquesta vaixela va ser fabricada. Donat que la *terra sigillata* és una ceràmica de taula, la fractura és el risc més elevat al que es veuria sotmesa durant el seu ús quotidià. La resistència a la fractura d'un material fràgil com la ceràmica és la força màxima aplicada en el punt de fractura quan s'aplica una càrrega. Es mesura generalment aplicant una càrrega de flexió i calculant la ruptura transversal (TRS) també anomenada mòdul de ruptura (MOR). I, d'una altra, realitzar observacions dels vernissos per determinar la idoneïtat de la matèria primera utilitzada per a la seva fabricació, la seva d'adherència a la matriu i el seu estat de vitrificació que ens indicarà la capacitat d'impermeabilitzar. Aquest estudi es farà a través de la Microscòpia Electrònica de Rastreig (MER), tècnica que permet obtenir imatges de gran resolució per a l'estudi de superfícies a través de la interacció d'un feix primari d'electrons amb la mostra que es vol estudiar. D'aquesta manera es poden obtenir dades morfològiques sobre els vernissos, les matrius ceràmiques i les seves interfícies. La finalitat d'aquest treball és determinar si es poden establir diferents nivells de qualitat de les diverses produccions de *terra sigillata* comercialitzades a *Baetulo*

en època d'August, malgrat les semblances a ull nu que s'observen entre moltes d'elles. Ens vam centrar en aquesta etapa perquè és el moment en què, com a mínim a *Baetulo*, arriba una major quantitat de produccions similars que competirien en els mercats i que probablement tindrien un grau d'acceptació que estaria en funció de la seva qualitat (Madrid 2005).

MATERIALS I MÈTODES

PRODUCCIONS ANALITZADES I LA SEVA DISTRIBUCIÓ A *BAETULO*

Les mostres utilitzades per a aquest estudi engloben les produccions de *sigillates* identificades arqueomètricament a *Baetulo* amb el taller d'Arezzo (AR), amb la zona del Laci-Campània (LC) –producció que podria correspondre al que es coneix tradicionalment com a possible taller de Puzzoli–, així com aquelles definides a priori com a indeterminades i que correspondrien a *sigillata* oriental A (SOA), Producció A de la badia de Nàpols (PA) i d'altres de nova identificació (PRI1 i PRI2), corresponents a zones de producció encara desconegudes (Fig. 1) (Madrid 2005). Les mostres relacionades amb Arezzo i amb la zona del Laci-Campània tenen l'aspecte extern del que es coneix tradicionalment com a *sigillata* itàlica clàssica, sense que sigui possible distingir-les entre elles a ull nu. En el cas de la *sigillata* Oriental A, de la Producció A i les dues de nova identificació, PRI1 i PRI2, es tracta de produccions amb la tipologia característica de la *sigillata* itàlica, però amb un aspecte diferent d'aquelles. Si bé aquest fet facilita la seva distinció respecte del que coneixem com a *sigillata* itàlica clàssica, també és cert que inclou una gran diversitat d'aspectes que, malgrat això, en algun cas tampoc no és suficient per a distingir algunes produccions entre elles a ull nu.

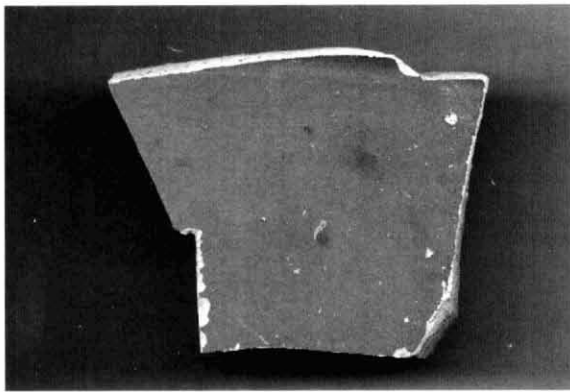
L'estudi arqueològic i arqueomètric de totes aquestes produccions a *Baetulo* va permetre comprovar que aquestes diferències en el producte final són degudes principalment a l'ús d'una tecnologia de producció distinta i no a cap etapa d'assaig de cap taller ni tampoc, necessàriament, a una manca de coneixements per part dels ceramistes que la van produir (Madrid 2005). La principal innovació que comportà la implantació de la tecnologia per a la fabricació de *sigillates* fou la creació d'un nou tipus de forn, anomenat forn de radiació (Madrid/Buxeda 2002). En aquest tipus de forn, el fum circula a través dels tubs que connecten directament la cambra de combustió amb l'exterior. D'aquesta manera, es produeix l'escalfament de la cambra de cocció i la cocció pròpiament dita de la ceràmica en una atmosfera completament oxidant. Un cop finalitzada la cocció, s'inicia el refredament o post-cocció, procés durant el qual la ceràmica assolirà el seu color final. En

aquest cas l'atmosfera no canvia i continuarà essent oxidant fins el refredament total de la cambra. Aquest procés és conegut com a cocció tipus C (oxidant-oxidant) i comporta, per tant, una cocció i un refredament o procés de post-cocció sempre en atmosfera oxidant (Picon 1973).

Malgrat tot, la implantació d'aquesta nova tecnologia i l'ús d'aquests tipus de forns comporta un cost més elevat que els forns tradicionals de convecció, no només per tractar-se d'un tipus de forn més complex sinó també perquè el rendiment tèrmic d'un forn de radiació és, en principi, inferior als de convecció, cosa que comporta que durant l'ús d'aquests forns es gastessin dos o tres vegades més combustible que durant

l'ús d'un forn de convecció. Per aquest motiu i no per manca de coneixement o habilitat, segons Picon (2002), molts tallers varen fabricar *sigillata* sense la implantació dels nous forns. I d'altres, van canviar d'un sistema a l'altre de manera relativament ràpida i sense etapes d'assaig, d'acord amb les expectatives de mercat.

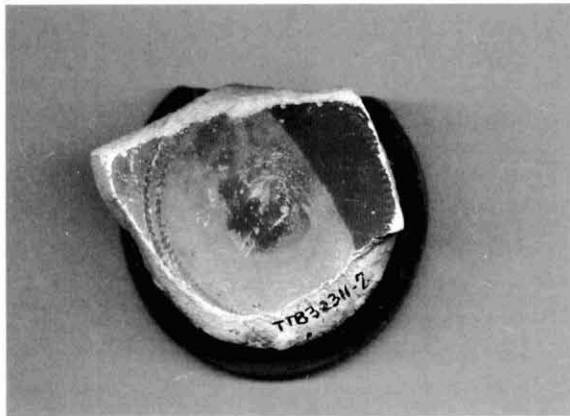
En els forns de convecció, durant el procés de la cocció pròpiament dita, el fum entra en la cambra de cocció assolint-se una atmosfera reductora. Quan aquesta finalitza, el fum desapareix deixant pas a l'oxigen que circularà per la cambra de cocció fins el refredament total, obtenint-se una atmosfera oxidant. Aquest procés, exposat de manera simplista, és conegut com a tipus A (reductor-oxidant) i comporta una cocció en



a



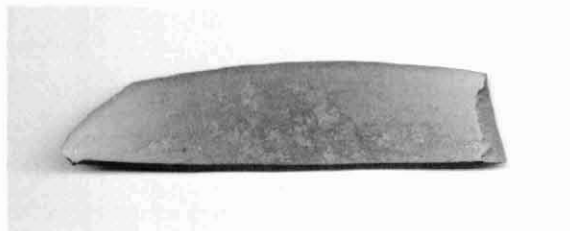
b



c



d



e



f

Figura 1. a: Arezzo; b: LC (possible Puzzoli); c: *Sigillata* Oriental A; d: Producció A; e: PRI 1; f: PRI 2.

atmosfera reductora i un refredament en atmosfera oxidant (Picon 1973).

Un altre aspecte important que pot afectar les propietats elàstiques i mecàniques de les ceràmiques són les matèries primeres utilitzades per a la seva producció. En general s'ha vingut assumint que els ceramistes utilitzaven argiles calcàries per elaborar la pasta de la *sigillata*, entenent com a calcària l'argila amb un contingut de CaO entre un 6-7% i un 15-16%. La selecció d'argiles calcàries, típica no només de la *sigillata* sinó també d'altres tipus de ceràmica romana, s'ha discutit en diversos treballs basats en les dades procedents de la Fluorescència de Raigs X (FRX) (Maggetti 1981; Picon 1973; 1990; Picon/Vertet 1970; Picon *et al.* 1971). A partir d'aquests estudis sembla haver-se acceptat que els ceramistes seleccionaven aquest tipus d'argiles de manera deliberada pels colors clars que confereixen a la matriu, per la millor adherència del vernís a la matriu quan els continguts de CaO són alts, perquè la ceràmica esdevé més resistent que quan es fabrica amb argiles poc calcàries, i, finalment, perquè tot i que la ceràmica feta amb argiles amb un alt contingut en CaO inicia el procés de sinterització a les mateixes temperatures que les fetes amb argiles poc calcàries, les propietats físiques i mecàniques de les argiles calcàries no varien gaire entre 850 i 1050°C, no essent, per tant, necessari un control estricte durant el procés de cocció.

Malgrat aquesta preferència per l'ús d'argiles calcàries per la majoria dels tallers que van fabricar *sigillata*, les anàlisis per FRX realitzades a més de vuitanta centres productors mostren l'ús d'argiles poc calcàries (contingut de CaO per sota de 6-7%), argiles calcàries (contingut de CaO entre 6-7% a 15-16%) i argiles altament calcàries (contingut de CaO entre 16-17% a 24-25%). Aquestes variacions es poden trobar fins i tot dins d'un mateix taller (Picon 1990).

En el cas que presentem, totes les produccions es poden considerar calcàries i només destaca la Producció A que es trobaria en el límit inferior d'aquest rang, mentre que la PRI 2 es troba entre les altament calcàries.

Així doncs, els estudis tecnològics duts a terme sobre les esmentades produccions a *Baetulo* per mitjà de la Difracció de Raigs X (DRX) i per MER van permetre inferir que Arezzo i el taller relacionat amb la zona del Laci-Campània així com els que van fabricar *sigillata* Oriental A, haurien utilitzat una tecnologia complexa amb forns de radiació, una Temperatura de Cocció Equivalent (TCE) alta que superaria els 950-1000°C i un procés de cocció tipus C (oxidant-oxidant), mentre que la Producció A i les noves PRI1 i PRI2 haurien estat fabricades amb una tecnologia més simple, en forns de convecció, una TCE baixa, a l'entorn dels 800°C i fins i tot per sota, i un procés de cocció tipus A (reductor-oxidant) (Madrid 2005).

Pel que fa a la circulació d'aquestes produccions a la ciutat i gràcies a l'estudi integral que uneix l'arqueologia i l'arqueometria fet a *Baetulo*, s'ha pogut realitzar una nova proposta de distribució que permet superar els problemes que se'n deriven de treballar únicament amb l'arqueologia (Madrid 2005). És a dir, en molts casos les produccions considerades en aquest estudi es troben representades en els contextos arqueològics estudiats per individus sense marques ni tipologies identificables, el que significa que sense l'aplicació de tècniques arqueomètriques hauria estat impossible reconèixer la seva presència en aquests contextos. En concret, en el món del que hem anomenat *sigillata* indeterminada l'aplicació de l'arqueometria en combinació amb l'arqueologia ha estat especialment útil, ja que ens ha permès identificar, per primera vegada, el nombre de produccions que realment van circular per *Baetulo* (d'acord amb la mostra analitzada i els contextos mostrejats) i atribuir moltes d'elles a produccions conegudes o bé indicar que es tracta de produccions noves fins ara no identificades.

D'aquesta manera, hem pogut veure que Arezzo seria el principal distribuïdor de *sigillata* itàlica a la ciutat des d'inicis del regnat d'August fins a finals del segle I a.e. Durant aquest temps, compartiria el mercat amb produccions que mostren la mateixa tipologia però que es diferencien clarament d'aquella, entre les quals es troba la *sigillata* Oriental A, la Producció A i les noves produccions PRI1 i PRI2. No serà fins a finals del segle I a.e. quan s'observa l'arribada d'una altra vaixel·la de *sigillata* itàlica, en aquest cas provinent possiblement, de la zona del Laci-Campània i que es correspon amb el que tradicionalment es coneix com a *Puzzoli*. A partir del canvi d'era, Arezzo iniciarà un descens de les exportacions a la ciutat, mentre que el taller del Laci-Campània continuaria distribuint els seus productes fins, possiblement, ben entrat el govern de Tiberi. Probablement, és a partir d'aquest moment que Pisa iniciaria la comercialització de la seva vaixel·la a la ciutat i, d'acord amb els nostres resultats, la poca *sigillata* que arribaria a partir de Tiberi podria ser de Pisa. A més, cal remarcar que entre les produccions *a priori* indeterminades i ara identificades, la *sigillata* Oriental A és l'única que podria haver arribat poc abans de la comercialització d'Arezzo i que desapareixeria molt poc després de l'arribada dels productes d'aquest centre. Totes les altres, incloses la Producció A i les PRI1 i PRI2, són produccions la presència de les quals a *Baetulo* seria coetània a Arezzo i no superaria el canvi d'era. En definitiva, per a totes aquestes produccions es pot dir que el seu període de distribució a la ciutat seria molt restringit, tot i que algunes sembla que van tenir més acceptació que altres, i aquest fet, com intentarem explicar en aquest treball, podria estar relacionat amb la qualitat dels seus productes (Madrid 2005).

PROCÉS EXPERIMENTAL I RESULTATS

Ambdues investigacions han estat dutes a terme a partir de l'anàlisi d'un nombre reduït de mostres corresponents a cadascuna de les produccions identificades analíticament. És a dir, un cop conegudes les diferents produccions i establertes les seves característiques químiques i mineralògiques, si aquestes són homogènies, les mostres que componen els diversos grups presentaran unes característiques físiques similars, i també la microestructura i el seu estadi de sinterització seran semblants i, per tant, no es considera necessari analitzar-les totes. Quan dins les diferents produccions identificades s'han distingit diferents fàbriques¹, s'ha intentat analitzar una mostra de cadascuna d'aquestes fàbriques per observar les diferències que presenten en la seva microestructura i estadi de sinterització.

Així doncs, per a l'estudi de les microestructures i de l'estadi de sinterització de la matriu i el vernís es van preparar fractures fresques de les mostres que es van adherir a un portamostres amb sílicona recoberta amb plata col·loïdal i es van fer conductores amb una capa de carbó en una atmosfera d'alt buit. Les observacions es van realitzar emprant un aparell Jeol JSM-840 equipat amb un detector d'electrons secundaris i preparat per a l'adquisició digital d'imatges, treballant, típicament, a 2000 X, amb un voltatge d'acceleració de 20 kV, estant, a més, acoblat a una microanàlisi per dispersió d'energies de raigs X (MER-EDX).

D'altra banda, per a la realització dels tests de resistència a la ruptura es van tallar mostres en forma de petits maons de 40x10x5 mm (2 o 3 de cada mostra depenent de la disponibilitat de material) i es van polir totes les seves superfícies fins a obtenir maons completament

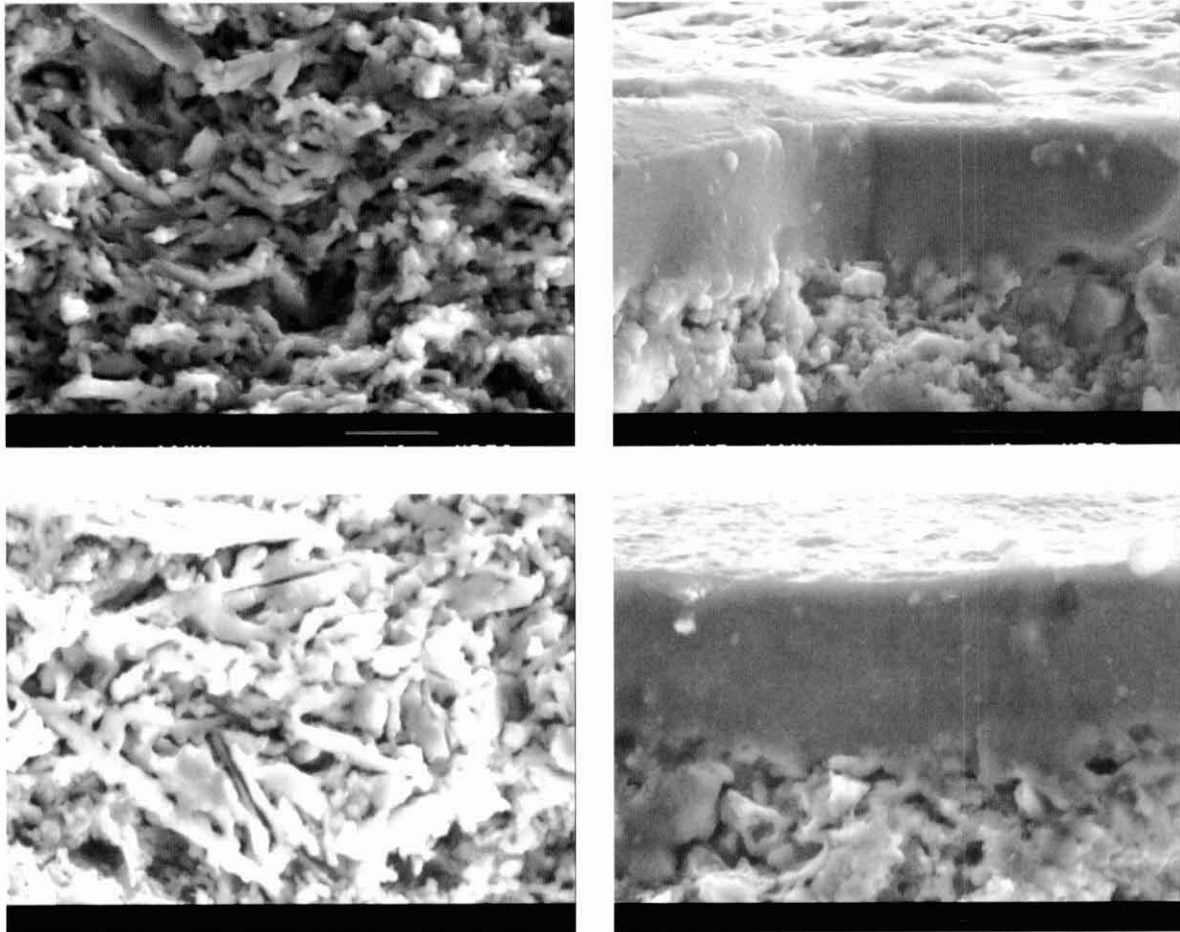


Figura 2. Arezzo. Microfotografies de MER a 2000X. Mida de les imatges: 60x45 µm. Dalt, esquerra: matriu de l'lc BDT068 de la Fàbrica 3 que mostra un estadi de vitrificació continuada. Dalt, dreta: vernís del mateix individu que mostra un estadi de vitrificació total. Baix, esquerra: matriu de l'lc BDT066 de la Fàbrica 5 que mostra un estadi de vitrificació continuada avançada. Baix, dreta: vernís del mateix individu mostrant un estadi de vitrificació total.

1.- S'ha d'entendre Fàbrica (F) com el producte acabat, cuit, diferent de Pasta (P) que seria la matèria crua preparada pel ceramista a partir de la matèria primera (Buxeda *et al.* 1995).

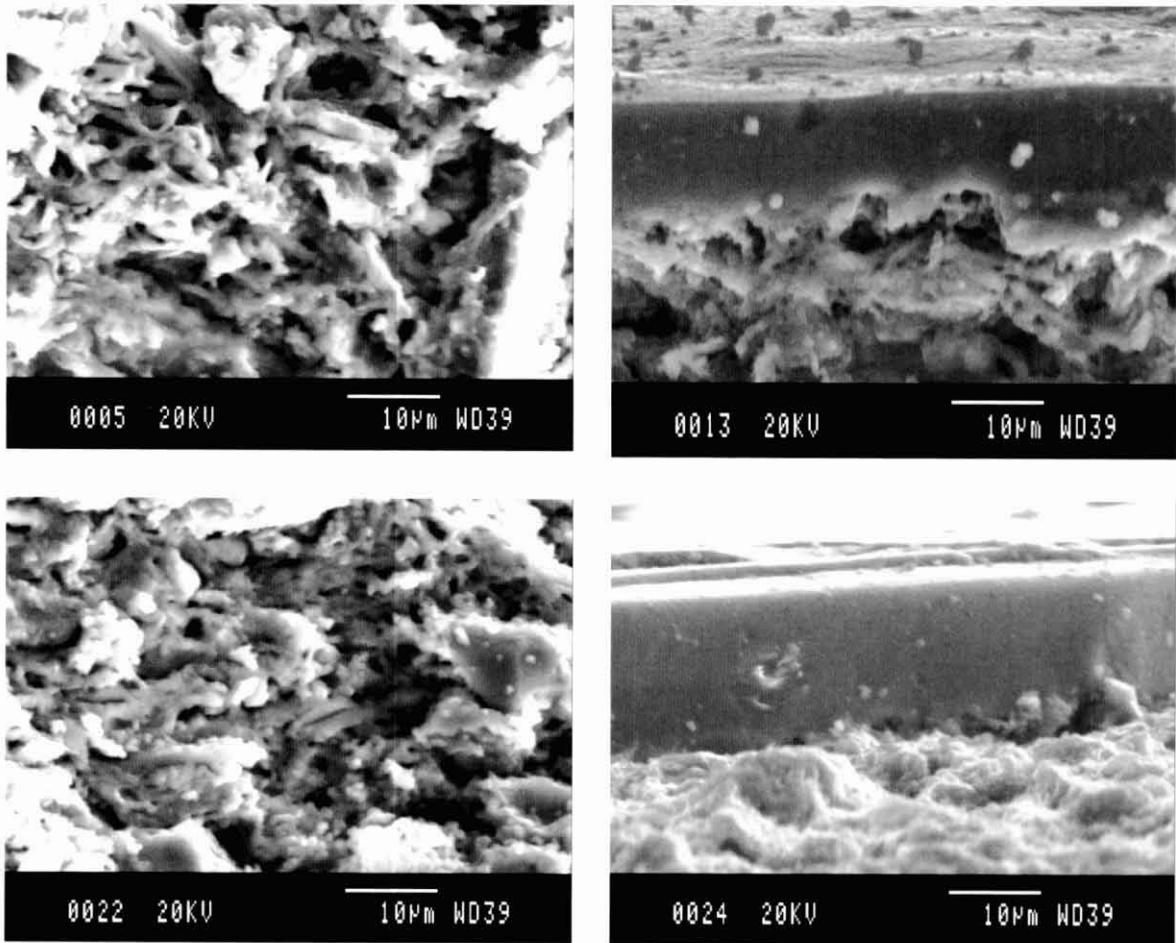


Figura 3. URCP LC. Microfotografies per MER. 2000X. Dalt, esquerra: matriu de l'lc BDT010, de la Fàbrica 1, mostrant un estadi de vitrificació inicial/continuada. Dalt, dreta: vernís del mateix individu mostrant un estadi de vitrificació total. Baix, esquerra: matriu de l'lc BDT065, de la Fàbrica 2, mostrant un estadi de vitrificació continuada. Baix, dreta: vernís del mateix individu mostrant un estadi de vitrificació total.

plans i amb superfícies absolutament paral·leles. La realització dels tests es va efectuar en un aparell INSTRON 1195, aplicant una força de 100 kN a un ritme de càrrega constant de 50 µm/min. Els espècimens es fixen a una plantilla amb 4 suports metàl·lics que els alineen i subjecten automàticament (*testing method in 4-point bending*). S'aplica una força descendent sobre la superfície superior de la mostra. Les capes inferiors es van corbant entre els suports metàl·lics, estant, per tant, en tensió i la fractura comença per trencament de tensió a la superfície inferior i es mou cap a l'interior del cos. El càlcul del mòdul de ruptura té en compte la longitud (l), l'amplada (b) i el gruix (t) de la peça a partir d'una força (W) d'acord amb la fórmula:

$$T = \frac{3Wl}{2bt^2}$$

Posteriorment, els resultats s'han de posar en relació amb la TCE estimada amb la finalitat d'observar si realment aquesta afecta la resistència mecànica de la

peça. Els resultats finals permetran la determinació de qualitat de les diferents produccions testades i la comparació entre elles.

Iniciant la descripció de resultats per les produccions de *sigillata* itàlica clàssiques, a la Figura 2 es poden veure les microfotografies de l'estudi per MER per a la producció AR, associada amb Arezzo. Cal dir, que per aquesta producció es van determinar 5 fàbriques d'acord amb les fases minerals identificades en els diferents individus analitzats per DRX. Malgrat tot, el major nombre d'individus així com les diferències en temperatura més importants es van produir entre les Fàbriques 3 i 5, que són les que presentem en aquest estudi. Així, a dalt, a l'esquerra, es pot apreciar la matriu d'un individu (lc) (BDT068) corresponent a la Fàbrica 3, per a la qual es va estimar per DRX una TCE al voltant dels 950-1000°C. Aquesta mostra nombroses superfícies suaus amb colls de fusió entre les làmines d'argila, característiques que ens indiquen que es troba en un estadi de vitrificació continuada que estaria d'acord amb la TCE estimada per DRX (Maniatis/Tite 1978-

1979) El vernís d'aques mateix individu (dalt, dreta) té un gruix d'uns 15 µm i presenta una bona adherència a la matriu, mostrant una superfície uniforme i suau, sense porositat, que es correspon amb un estadi de vitrificació total. A baix, a l'esquerra es pot apreciar la matriu d'un individu (BDT066) corresponent a la Fàbrica 5 per a la qual es va estimar per DRX una TCE en el rang 1050-1150°C. En aquest cas, s'observa un augment del gruix de les superfícies suaus a la matriu respecte a l'anterior, indicant la fusió en aquestes àrees de nombroses làmines d'argila. Això correspondria a un estadi de vitrificació continuada avançada (Maniatis/Tite 1978-1979) que coincideix amb el rang de temperatura estimada per DRX. El vernís (baix, dreta) per la seva banda, té un gruix d'uns 20 µm i mostra una bona adherència a la matriu. Presenta un estadi de vitrificació total amb inicis de difusió a la matriu degut, probablement, a l'alta temperatura assolida durant la cocció. Pel que fa als test de resistència a la ruptura per aquesta producció AR, aquests es van realitzar amb els maons elaborats amb individus corresponents a les mateixes fàbriques 3 i 5. El de la Fàbrica 3 (BDT006) mostra una resistència mitjana de 15.823 MPa, mentre que el de la Fàbrica 5 (BDT066) mostra una resistència mitjana de 26.223 MPa (Fig. 4). En un dels maonets elaborats a partir de l'individu BDT006, es va observar una petita esquerda en el punt on es produí el trencament, motiu pel qual aquest maó es va trencar abans que l'altre elaborat a partir del mateix individu. També es va observar una petita esquerda en el maó de l'individu BDT066, però la fractura va ser quasi recta. En aquest cas, les diferències observades en la resistència a la ruptura dels individus estudiats coincideixen amb la

TCE estimada, és a dir una resistència més baixa per l'individu per al qual hem avaluat una TCE al voltant de 950-1000°C i una resistència més alta per aquell per al qual la TCE se situa al voltant dels 1050°C i que, d'acord les observacions realitzades per MER, mostra una matriu més compacta. Tot i aquestes diferències, es pot considerar que totes dues fàbriques són de bona qualitat, mostren una matriu sòlida que proporciona una bona resistència a la ruptura i presenten, com hem vist, un vernís vitrificat que impermeabilitzaria la peça de manera adequada.

Continuant amb les produccions itàliques clàssiques, a la Figura 3 es poden veure els resultats de les observacions per MER fetes per la producció LC, possible taller de Puzzoli. Per aquesta producció es van determinar dues fàbriques, la Fàbrica 1, per a la qual es va estimar una TCE en el rang 850-950°C i la Fàbrica 2, per a la qual la TCE se situaria ≥950/1000°C. Així, la matriu de l'lc BDT010, corresponent a la Fàbrica 1 (dalt, esquerra) presenta un aspecte laminar amb algunes zones suaus, no gaire àmplies que ens indiquen un estadi de vitrificació inicial/continuada (Maniatis/Tite 1978-1979) que es correspondria amb la TCE estimada per DRX. El seu vernís (dalt, dreta) té un gruix d'uns 10 µm i mostra una adherència a la matriu regular, exhibint zones de separació. D'altra banda, el seu estadi de vitrificació és total, comportant la impermeabilització de la peça. Pel que fa a l'lc BDT065, corresponent a la Fàbrica 2, la seva matriu (baix, esquerra) presenta una major fusió de les làmines d'argila amb més zones suaus i més àmplies, el que indica un estadi de vitrificació continuada (Maniatis/Tite 1978-1979) que estaria d'acord amb la TCE estimada per DRX. El vernís (baix, dreta) per la

PRODUCCIÓ	Mostra	Pf (N)	S	b	d	TRS (MPa)	XRD
AR	BDT006-1	110.26	20.4	10.5	4.22	18.043684	950/1000°C
	BDT006-1b	83.13	20.4	10.5	4.22	13.603949	
	BDT066-1	866.45	20.4	10.05	10.03	26.223883	>1050°C
LC	BDT065-1	127.4	20.4	10.15	4.75	17.023058	
	BDT065-1b	146.28	20.4	10.15	4.75	19.545784	>950/1000°C
	BDT065-1c	154.9	20.4	10.15	4.75	20.697580	
PA	BDT069-1	236.56	20.4	10.4	8.69	9.217005	
	BDT069-2a	70.25	20.4	10.55	5.8	6.057024	< 800°C
	BDT069-2b	50.44	20.4	10.55	5.8	4.348986	
	BDT002-1	69.05	20.4	10.65	4.5	9.797391	< 800°C
PRI1	BDT042-1	447	20.4	10.12	8.23	19.954863	
	BDT042-2	565.14	20.4	14.9	7.86	18.786510	850°C
	BDT042-3	516.42	20.4	9.9	7.89	25.641018	
	BDT043-1	248.19	20.4	10.4	5.3	25.996843	
	BDT043-2	357.6	20.4	10.65	5.83	30.229587	800-850°C
PRI2	BDT041-1	177.1094	20.4	9.9	5	21.897162	
	BDT041-2	136.53	20.4	9.5	4.48	21.911387	< 800°C

Figura 4. Resultats del test de resistència a la ruptura realitzat sobre les produccions de terra sigillata AR, LC, PA, PRI1 i PRI2. Pf(N): força aplicada en Newtons, S: distància entre els punts de pressió, b: gruix del maó, d: ample del maó.

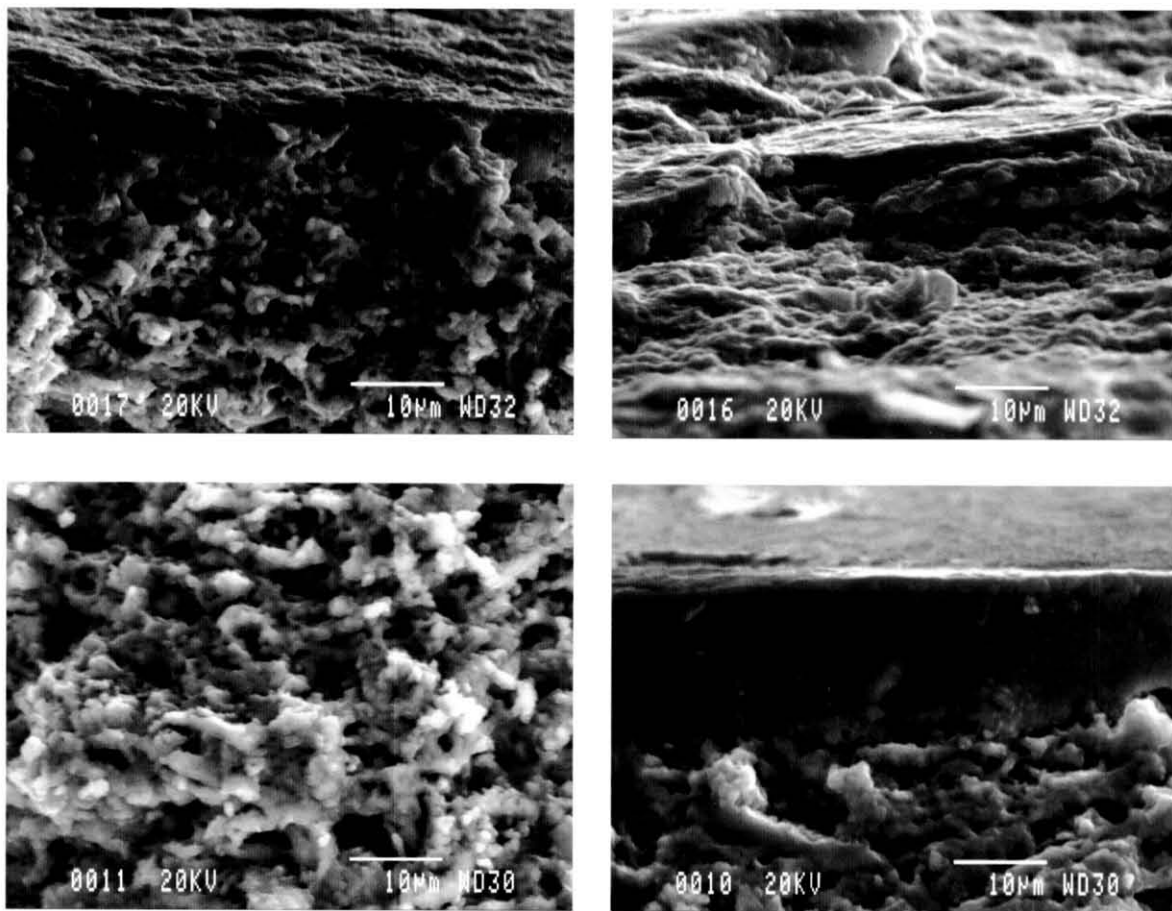


Figura 5. *Sigillata* Oriental A. Microfotografies de MER a 2000X. Dalt, esquerra: matriu i possible vernís de l'lc BDT201 de la Fàbrica 1. Dalt, dreta: vernís de l'lc BDT201. Baix, esquerra: matriu de l'lc BDT195 de la Fàbrica 2. Baix, dreta: vernís de l'lc BDT195 mostrant un estadi de vitrificació total.

seva banda, té un gruix d'uns 10 µm i també presenta una adherència a la matriu regular, amb zones que mostren una línia de separació entre ambdues parts. El seu estadi és de vitrificació total, essent per tant impermeable.

Respecte als test de resistència a la ruptura, aquests es va realitzar amb tres maons elaborats a partir de l'individu BDT065 de la Fàbrica 2, la que engloba el major nombre d'individus i que correspondria, a més, a la factura típica de les produccions itàliques clàssiques. Així doncs, la resistència mitjana d'aquesta fàbrica és de 19.088 MPa (Fig. 4). En el punt on es produí el trencament es va observar una petita esquerda en un dels maonets en la superfície en tensió i el recorregut de la fractura no va ser recte. Pels altres dos maons, no es van observar defectes i el recorregut de la seva fractura va ser recte. En aquest cas, el fet d'una resistència alta a la fractura coincideix amb una TCE alta, i concordaria amb les observacions de la matriu fetes per MER on aquesta, com hem vist, es mostra força compacta. Es tractaria doncs d'una vaixela de bona qualitat, amb una bona resistència i amb un vernís prim, ben vitrificat, però que podia presentar problemes de desprendiments.

La següent figura (Fig. 5) correspon ja a la primera de les produccions que es diferencien fàcilment de la *sigillata* itàlica pel seu aspecte extern. Es tracta de la *sigillata* Oriental A, per a la qual es van distingir dues fàbriques d'acord amb les fases minerals identificades per DRX, i per a les quals es va estimar una TCE similar al voltant dels 950/1000°C. Es van realitzar observacions sobre fractures fresques per MER de dos individus, corresponents a cadascuna de les dues fàbriques identificades i en ambdós casos (Fig. 5, esquerra dalt i baix) la matriu presenta una aparença similar, observant-se un aspecte general granular que, en algunes àrees, deixa entreveure l'existència de superfícies suaus degut a la fusió de les làmines d'argila, així com certa microestructura cel·lular típica de les matrius calcàries cuites a altes temperatures. Respecte al vernís de l'lc BDT201 corresponent a la Fàbrica 1 (Fig. 5, dalt, esquerra), aquest és imperceptible en la major part de la superfície de la mostra. Malgrat tot, explorant la pròpia superfície, es detecten àrees (Fig. 5, dalt, dreta), on aquest es conserva i on es pot veure que es troba completament vitrificat i clarament separat de la matriu. La microanàlisi d'aquestes zones ens confirmen que es

tracta efectivament de vernís (major contingut de K_2O i Fe_2O_3 que la matriu i menor contingut en CaO i MgO). Pel que fa al vernís de l'lc BDT195 corresponent a la Fàbrica 2 (baix, dreta), s'observa una vitrificació total característica de ceràmiques cuites a altes temperatures, amb un gruix no uniforme que varia entre els 10 i 15 μm segons l'àrea i que podria comportar diferències de coloració en la superfície de la peça.

Cal dir, però, que per aquesta producció no va ésser possible realitzar els tests de resistència a la ruptura per manca de mostres adequades.

La següent figura (Fig. 6) correspon a la Producció A de la badia de Nàpols, per a la qual es va identificar només una fàbrica amb una TCE estimada inferior als 800°C. Les observacions sobre fractura fresca per MER d'un dels individus (BDT002) d'aquest grup (Fig. 6, dalt) permeten veure que les làmines d'argila de la matriu no presenten colls de fusió i no s'observen superfícies suaus pròpies de l'inici de sinterització. Aquestes característiques ens indiquen que som davant un estadi de vitrificació molt inicial, propi d'una TCE inferior a 800°C (Maniatis/Tite 1978-1979). Pel que fa al vernís (Fig. 6, baix), té un gruix d'uns 20 μm i presenta un aspecte granulós on encara es poden veure inclusions que no s'han fos degut a la baixa temperatura a què està cuit. També destaquen nombrosos forats allargats que denoten que les làmines d'argila que el componen encara no s'han fos del tot indicant-nos que es tracta d'un vernís porós i, per tant, permeable. Malgrat això, presenta una bona adherència a la matriu, no observant-se cap línia de separació clara entre aquest i la matriu.

El test de resistència a la ruptura es va realitzar amb quatre maons elaborats a partir de dos individus, BDT002 i BDT069 (Fig. 4). Els resultats varen mostrar una resistència mitjana de 7.355 MPa per la Producció A, essent la més baixa de totes les testades. En el punt on es produí el trencament no es van observar defectes (esquerdes o inclusions) i el recorregut de la fractura va ser recte. En aquest cas, el fet d'una resistència baixa a la fractura coincideix amb una TCE baixa per sota de 800°C. Això evidencia que es tracta d'una producció que es trencaria amb facilitat i que, a més, té un vernís porós que facilitaria la penetració de líquids en la matriu afavorint la fragilitat de la peça.

Continuant amb aquestes produccions que presenten la mateixa tipologia que la *sigillata* itàlica però diferent factura, a la Figura 7 es poden observar els resultats de les observacions per MER de la producció PRI 1. En aquest cas, tot i determinar dues fàbriques, només es van realitzar observacions sobre l'lc BDT043 de la Fàbrica 1 (TCE 800-850°C), donat que les diferències de TCE entre aquesta i la Fàbrica 2 no van ser molt significatives. Així en la Figura 7, dalt, es poden observar clarament les làmines de l'argila a la matriu que encara no mostren colls de fusió entre elles, indicant un estat de vitrificació inicial (Maniatis/Tite 1978-1979). Això

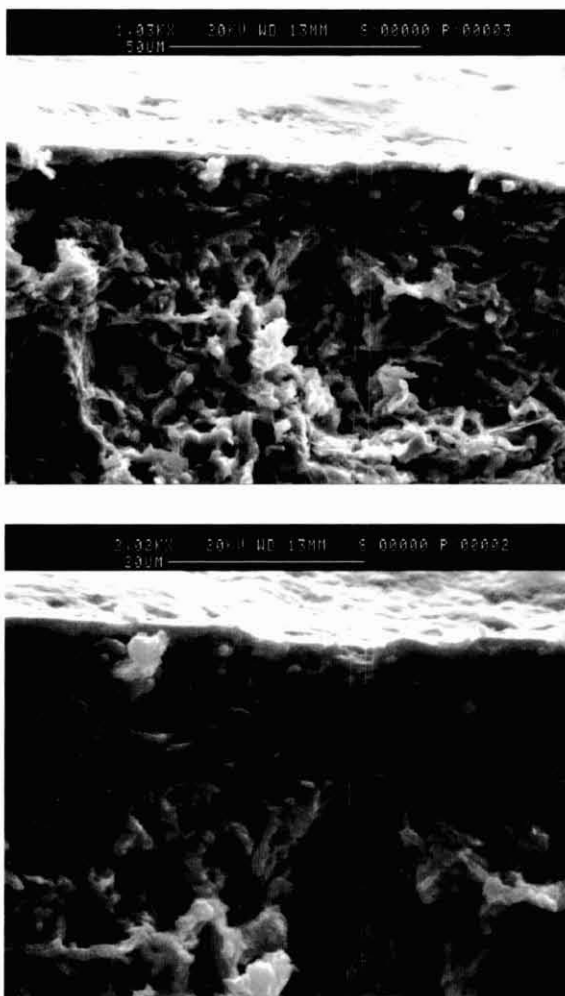


Figura 6. Producció A. Microfotografies de MER de l'lc BDT002. Dalt: matriu i vernís, a 1000X, mostrant un estadi de vitrificació inicial. Baix: vernís, a 2000X, mostrant un estadi de vitrificació inicial.

estaria d'acord amb una TCE baixa, tal i com indica l'estudi per DRX. El vernís, per la seva banda, es troba gairebé perdut i només es conserva un gruix d'entre 1 i 3 μm , cosa que no permet estimar el seu estat (Figura 7, baix). Aquest fet podria estar relacionat amb la baixa temperatura assolida durant la cocció i que a més d'un vernís porós, pot provocar una mala adherència a la matriu que influirà, sens dubte, en la seva conservació durant l'ús així com durant el procés deposicional que ha patit la peça.

Els test de resistència a la ruptura que es van realitzar amb cinc maons elaborats a partir dels individus BDT042 i BDT043 mostren una resistència mitjana de 24.121 MPa per aquesta producció, essent la més alta de totes les testades en aquest estudi (Fig. 4). En el punt on es produí la ruptura s'observà, en tots els individus, petites esquerdes de 1-1.5 mm de la superfície en tensió en l'individu BDT042 i a 2 mm en l'individu BDT043, que provocava que la fractura fos irregular. La TCE estimada per aquests individus es troba entre

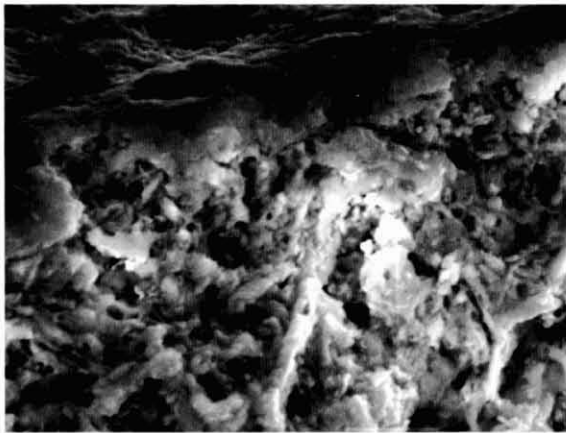
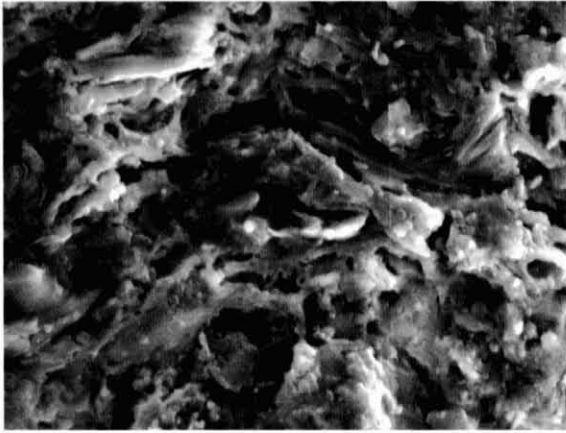


Figura 7. URCP PRI 1. Microfotografies de MER a 2000X. Mida de la imatge: 60x45 µm. Dalt: matriu de l'lc BDT043, de la Fàbrica 1, que mostra un estadi de vitrificació inicial. Baix: matriu i vernís, que es troba gairebé perdut, de l'lc BDT043.

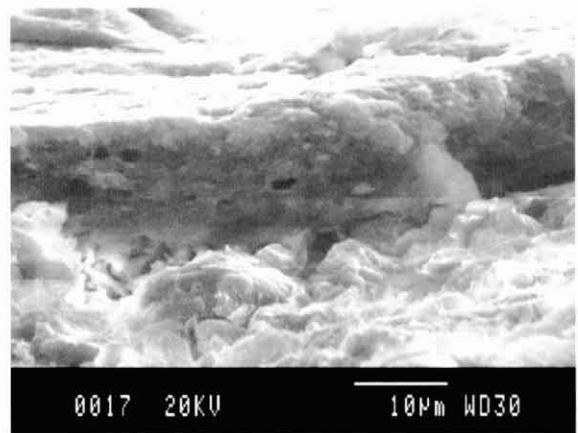
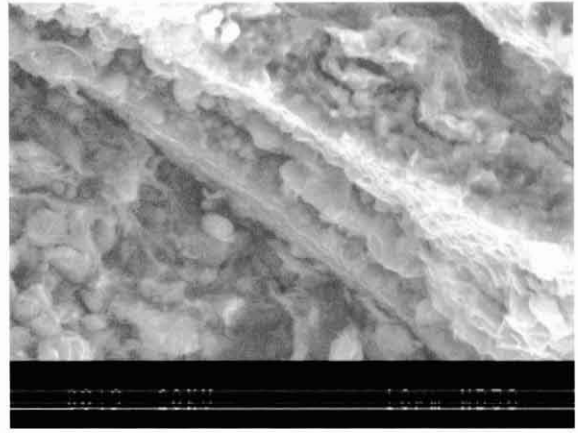


Figura 8. URCP PRI 2. Microfotografies de MER a 2000X. Ic TAR065 de la Fàbrica 1. Dalt: matriu mostrant un estadi de vitrificació inicial. Baix: vernís mostrant un estadi de vitrificació inicial.

800-850°C, per tant, baixa, el que en aquest cas, i a diferència del que hem vist per a la Producció A, no significa una baixa resistència a la ruptura. Així doncs, la resistència alta a la ruptura que presenta aquesta producció podria estar relacionada amb una baixa porositat tal i com s'observa en la microfotografia per MER de la matriu de l'lc BDT043 de la Figura 7. És a dir que malgrat una temperatura baixa, ha estat suficient per a desenvolupar un estadi de vitrificació on la proximitat de les làmines d'argila ha reduït la porositat, proporcionant una matriu compacta i resistent als cops.

Finalment, presentem els resultats de les observacions per MER corresponents a la Producció PRI 2, la segona de les dues noves produccions identificades a Badalona per a la qual es va estimar una TCE al voltant dels 800°C. En aquest cas, l'estudi per MER es va centrar sobre l'individu TAR065 la matriu del qual (Fig. 8, dalt) presenta un aspecte laminar clar, és a dir que les làmines d'argila encara són ben visibles i no mostren colls de fusió propis de l'inici de sinterització. Això ens

indica que la mostra es troba en un estadi de vitrificació inicial, propi d'una TCE al voltant dels 800-850°C (Maniatis/Tite 1978-1979), el que concorda amb l'estimada per DRX. El vernís (Fig. 8, baix) per la seva banda, és prim, d'uns 10 µm. Presenta un aspecte granulós, on encara es poden observar les inclusions que el componen, i és porós. També s'observa una mala adherència a la matriu mostrant en diverses zones una línia de separació entre aquest i la matriu que ens indicaria que es desprendria amb facilitat. És tractaria, doncs, d'un vernís permeable, de baixa qualitat.

Pel que fa als test de resistència a la ruptura, aquests es van realitzar amb dos maons elaborats a partir de l'individu BDT041 de la Fàbrica 2, d'acord amb les disponibilitats de material. Els resultats mostren una resistència mitjana de 21.904 MPa per aquesta producció, essent la segona més alta de totes les testades en aquest estudi (Fig. 4). En el punt on es produï el trencament es van observar a tots dos maons defectes, esquerdes i una inclusió just a la superfície en tensió.

Malgrat això, el recorregut de la fractura va ser recte. De nou, com en el cas anterior, una TCE baixa, estimada entre els 800/850-950°C, com és el cas de l'lc BDT041, no comporta una resistència baixa a la fractura. També en aquest cas, la matriu es mostra poc porosa però, a diferència de la URCP PRI 1 presenta un gran nombre d'inclusions. Aquesta combinació de matriu poc porosa i un nombre d'inclusions adequat podria comportar, malgrat la baixa temperatura, una producció resistent.

DISCUSSIÓ

El contrast dels resultats analítics amb les dades arqueològiques a *Baetulo*, ens van permetre observar que la vaixela d'Arezzo no només va ser una de les primeres en arribar, sinó que també va ser la que va tenir més durada en els mercats de la ciutat, malgrat l'arribada i, per tant, la competència en època d'August, d'altres produccions de característiques similars com les que acabem d'analitzar. Si considerem l'estudi realitzat per MER i el test de resistència a la ruptura que acabem de veure, podem constatar que l'èxit i la difusió d'aquesta vaixela estaria, en gran part, relacionat amb la seva alta qualitat malgrat tractar-se, probablement, d'un producte car degut a l'ús d'una tecnologia de producció complexa. Ha quedat demostrat que es tracta d'una vaixela resistent als cops, amb un vernís ben aplicat, de gruix constant, ben adherit a la matriu i amb una vitrificació òptima que garantiria la impermeabilitat de les peces. En el cas de la vaixela associada amb la zona del Laci-Campània, que arribaria a partir de finals del segle I a.e. i que podria estar relacionada amb el que es coneix tradicionalment com a Puzzoli, cal destacar la seva similitud amb els productes d'Arezzo tant a nivell macroscòpic a ull nu, com es pot observar en la Figura 1, com a nivell tecnològic. Es pot considerar que la seva resistència a la fractura és tan bona com l'observada per Arezzo i que els seu vernís també presenta un grau de vitrificació òptim que proporcionaria una impermeabilitat adequada. L'única diferència, inapreciable a ull nu, es troba en què el vernís de la producció LC és una mica més prim i d'una adherència irregular en algunes parts de la peça, cosa que podria facilitar el seu desprendiment en aquestes zones.

Centrant-nos ara en la primera vaixela diferenciable d'Arezzo a ull nu, la vaixela Oriental A, l'estudi tecnològic ens ha permès entendre el perquè de les diferències de tonalitat observades generalment en una mateixa peça i que són remarcables en alguns artefactes com l'il·lustrat en la Figura 1. Han estat especialment les observacions per MER que han posat de manifest que el vernís, malgrat trobar-se ben vitrificat i ser per tant impermeable, mostra una aplicació deficient, observant-se diferents gruixos en una mateixa peça, i

una mala adherència a la matriu que facilitaria el seu desprendiment. Com es pot veure a la Figura 1, el fet que el vernís tingui gruixos desiguals provoca una diferència de tonalitat important que, al nostre parer, hauria de fer aquests productes no aptes per a la venda. Malgrat que aquestes característiques no van impedir la seva comercialització a llargues distàncies, el preu del transport i probablement l'ús d'una tecnologia complexa farien de la *sigillata* Oriental A un producte car per a la qualitat que oferia. És per aquest motiu que a partir de la comercialització en la Mediterrània occidental d'una vaixela vermella però d'una qualitat molt superior com ara Arezzo, la *sigillata* Oriental A desapareixeria ràpidament dels mercats. Així sembla desprendre's de l'estudi arqueològic fet a *Baetulo*, on aquesta producció arribaria durant un molt curt període de temps que podria situar-se durant els primers moments de comercialització de la *sigillata* itàlica, o fins i tot, una mica abans deixant-se de distribuir al generalitzar-se els productes d'Arezzo. És per això que trobem molt poca quantitat, una sola forma identificada i la major part de la producció amortitzada en contextos datats, com a molt tard, a l'entorn de l'any 15 a.e.

En clara competència amb les produccions d'Arezzo i del possible taller de Puzzoli trobaríem les noves produccions PRI 1 i PRI 2 i la Producció A. Com hem dit més amunt, aquestes tres vaixelles es distingeixen clarament de les anteriors per l'ús d'una tecnologia diferent, senzilla, caracteritzada per una baixa temperatura i una atmosfera no totalment oxidant durant la cocció que fa que el producte final mai no assolixi les característiques típiques de la *sigillata* itàlica clàssica. En el cas de la PRI 1, malgrat que el producte final presenta una alta resistència a la ruptura, és a dir que suportaria de manera adequada els cops de l'ús diari, el seu vernís es troba gairebé perdut en tots els individus estudiats (Fig. 1) i només en alguna petita zona es conserva un gruix d'entre 1 i 3 μm , el que en realitat es correspon amb les restes del vernís i no amb el vernís pròpiament dit. Això seria la conseqüència d'una mala adherència a la matriu. A més, la baixa temperatura assolida durant la cocció hauria proporcionat, probablement, un vernís porós que no impermeabilitzaria les peces. D'acord amb l'estudi arqueològic fet a *Baetulo*, aquesta vaixela no sembla haver tingut un llarg període de producció ni tampoc de distribució. La mala adherència del vernís, que es desprendria fàcilment, proporcionant un aspecte de baixa qualitat, podria ser una de les causes del seu poc èxit. Pel que fa a la PRI 2, també presenta una alta resistència a la ruptura i un vernís de baixa qualitat, tot i que en aquest cas s'ha conservat molt parcialment en algunes peces. Té un color vermell o vermell fosc, un gruix d'uns 10 μm , amb una mala adherència a la matriu i és porós, és a dir que tampoc no impermeabilitzaria la peça. Es tracta doncs, d'un vernís de mala qualitat. El seu període de circulació a

Baetulo també seria curt, tot i que probablement arribaria a finals del segle I a.e., cosa que en el cas anterior, la producció PRI 1 podria haver desaparegut ja al voltant dels anys 15-10 a.e.

Finalment, és de destacar la Producció A de la badia de Nàpols, la qual malgrat ser fabricada amb una tecnologia similar a les dues anteriors, és a dir baixa temperatura i forns de convecció, mostra diferències notables respecte a les dues vaixelles que acabem de veure. Aquesta vaixella presenta una baixa resistència a la ruptura. De fet, és la més baixa de totes les testades (Fig. 4). A més, presenta un vernís porós, però amb un gruix similar a les produccions d'Arezzo, d'uns 20 µm i amb una molt bona adherència a la matriu. Malgrat tractar-se d'una vaixella de baixa qualitat, és a dir, poc resistent als cops i amb un vernís que no impermeabilitzaria el vas, se li atribueix un període de fabricació relativament llarg i es troba ben documentada, com a mínim, a la costa catalana, a la Península Itàlica i al nord d'Àfrica (Kenrick 1985; Madrid 2004-2005; Soricelli 1987; 2004; Soricelli *et al.* 1994). A *Baetulo*, d'acord amb l'estudi arqueològic, es pot dir que es tracta de la més abundant entre les produccions que circulen conjuntament amb Arezzo durant el període en estudi, superant fins i tot a produccions d'alta qualitat com la vaixella LC, relacionada amb el possible taller de Puzzoli. Possiblement, part del seu èxit s'hagi de relacionar amb el seu bon aspecte a ull nu, degut a una bona qualitat del seu vernís, el qual malgrat ser porós, presenta un gruix òptim i una bona adherència a la matriu que proporcionarien la sensació de vaixella de qualitat.

CONCLUSIONS

El test de resistència a la ruptura i la Microscòpia Electrònica de Rastreig han estat aplicades amb èxit per a l'estudi de les propietats mecàniques del material i de les característiques dels vernissos amb què es van fabricar diferents produccions de *terra sigillata*, comercialitzades durant una mateixa època. Per els productes d'Arezzo i per aquells de la producció LC, relacionats amb el possible taller de Puzzoli, els resultats mostren que els ceramistes de tots dos tallers varen produir ceràmica a alta temperatura, d'una qualitat excel·lent i similar, indistingible l'una de l'altra a ull nu. Totes dues vaixelles es poden considerar resistents als cops, conseqüència de l'ús diari, i podrien tenir una durada similar. El vernís es troba ben vitrificat i per tant, impermeabilitzaria de manera adequada els vasos en ambdues produccions. L'única diferència entre aquestes vaixelles es trobaria en el gruix del vernís, essent el d'Arezzo més gruixut i mostrant una més homogenia adherència entre aquest i la matriu. Aquests últims aspectes són, però, inapreciables a ull nu i per tant inestimables per als possibles consumidors d'època

antiga. Només l'ús continuat faria que en el cas de la producció LC el vernís es desprengués amb més facilitat en algunes zones on no hauria assolit una adhesió idònia. Pel que fa a la sigillata Oriental A, aquest estudi ha permès establir una relació entre les diferents tonalitats i la baixa qualitat del seu vernís i la seva manufactura a través de la seva observació per MER. Ha quedat demostrat que aquest presenta una aplicació deficitària que provocaria diferents gruixos en una mateixa peça donant lloc a diferents tonalitats. També s'ha pogut establir que la seva adherència a la matriu seria dolenta amb la qual cosa és molt probable que al poc temps del seu ús, el vernís tingué tendència a desprendre's amb facilitat. És probable que la seva ràpida desaparició dels mercats, a partir de la comercialització d'una vaixella de qualitat com és Arezzo, estigui provocada en part per aquest motiu, per la baixa qualitat del vernís que amb poc temps d'ús donaria com a resultat un aspecte antiestètic de la vaixella. En el cas de la Producció A, ens trobem davant una vaixella de baixa qualitat amb aspecte extern de vaixella de qualitat. Això estaria provocat bàsicament pel vernís que cobriria les peces ja que malgrat no tractar-se d'un vernís completament vitrificat, tampoc no és extremadament porós, té un gruix comparable a aquell d'Arezzo, per tant, ample, i presenta una bona adherència a la matriu. Això faria que mentre la vaixella durés, el seu aspecte no variaria, ja que el vernís es mantindria sense desprendre's. Cal tenir en compte, a més, que es tractaria d'una vaixella fabricada amb una tecnologia simple, cosa que d'acord amb els estudis de Picon (2002) comportaria un cost de producció més baix que l'ús de forns de radiació amb els quals estarien fabricades les *sigillates* d'Arezzo i del possible tallers de Puzzoli. Aquest fet podria permetre als ceramistes la comercialització d'aquesta vaixella a preus més baixos. Aquests dos factors, una aparença de vaixella de qualitat malgrat no ser-ho i la possibilitat d'adquirir-la a un preu més baix, haurien afavorit una àmplia difusió i una presència llarga en els mercats, competint amb les vaixelles de més bona qualitat, tot i que la seva durabilitat hagués estat segurament inferior. Finalment, la baixa qualitat del vernís de les produccions PRI 1 i PRI 2 faria que al poc de trobar-se en ús i malgrat ser resistents als cops, el seu aspecte fos antiestètic degut a la facilitat a desprendre's de la matriu. Tot i que probablement el seu preu fos competitiu donat que estarien com la Producció A fabricades amb una tecnologia senzilla, això no hauria estat suficient per a la seva acceptació i per aquest motiu haurien desaparegut dels mercats després d'un període curt de distribució.

Cal finalment remarcar que l'estudi arqueològic i arqueomètric de totes aquestes produccions permet inferir que es tracta de produccions homogènies que mantindrien el seu aspecte durant tot el temps en què es troben en circulació, és a dir que no es corresponen

a cap etapa d'assaig de cap taller. Així, l'ús de forns de convecció, una temperatura de cocció baixa i un procés de cocció tipus A (reductor-oxidant) són el motiu de l'aspecte diferent que mostren respecte als productes tipus Arezzo i no la manca de coneixements per part dels ceramistes que les van produir. Els costos de producció deurien jugar sens dubte un paper important i, al seu costat, la qualitat no necessàriament real, com sí és el cas d'Arezzo o del possible taller de Puzzoli, sinó també d'aparença com queda demostrat per la Producció A de la badia de Nàpols.

Així doncs, com ha quedat demostrat, entre els diferents productes inclosos en el que anomenem *sigillata* d'època augustal, l'estudi arqueomètric ens ha permès identificar diverses qualitats, sobre criteris objectius i observables. La multiplicitat de produccions difoses en un mateix període en el mateix centre receptor ha d'estar lligada, evidentment, al consum. Però entenent el consum com un pas més endavant de la simple difusió, del simple comerç. Diverses qualitats impliquen diferents percepcions per part dels qui consumeixen aquests productes. Molt probablement, aquestes diferències tenen traducció en els preus, en els diversos elements socials i en els usos. Només la determinació de la qualitat pot permetre aprofundir en el consum. I només l'estudi del consum ens pot permetre endinsar-nos en la realitat social i econòmica dels centres receptors que volem estudiar.

BIBLIOGRAFIA

- BUXEDA I GARRIGÓS, J. 1995, *La caracterització arqueomètrica de la ceràmica de Terra Sigillata Hispanica Avançada de la ciutat romana de Clunia i la seva contrastació amb la Terra Sigillata Hispanica d'un centre productor contemporani, el taller d'Abella*, Col·lecció de Tesis Doctorals microfitxades 2524, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- 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, *Ceràmica comuna romana d'època alto-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la qüestió*, Monografies Emporitanes VIII, Barcelona, 39-60.
- DAVIDGE, R. W. 1979, *Mechanical behaviour of ceramics*, Cambridge University Press Oxford.
- KENRICK, P. M. 1985, *Excavations at Sidi Khrebish Benghazi (Berenice)*, Vol. III, 1: *The Fine Pottery*, Supplements to Libya Antiqua V, Tripoli.
- KILIKOGLU, V., VEKINIS, G., MANIATIS, Y. 1995, Toughening of Ceramic Earthenwares by Quartz Inclusions: An Ancient Art Revisited, *Acta Metallurgica et Materialia*, 2959-2965.
- KILIKOGLU, V., VEKINIS, G., MANIATIS, Y., DAY, P. M. 1998, Mechanical performance of quartz-tempered ceramics: Part I, strength and toughness, *Archaeometry* 40, 261-279.
- MADRID I FERNÁNDEZ, M., BUXEDA I GARRIGÓS, J. 2002, A Review of the archaeometric studies of western mediterranean terra sigillata from the first century BC to the second century AD: state of art, limitations and potential, *Modern Trends in Scientific Studies on Ancient Ceramics*, BAR International Series 1011, Oxford. 287-298.
- MADRID I FERNÁNDEZ, M. 2004, Preliminary results of Archaeological and Archaeometrical studies of early Italian Sigillata from Baetulo (Badalona, Barcelona), in *Early Italian Sigillata*, (ed. J. Poblome, P. Talloen, R. Bruilet, M. Waelkens), Babesch, Annual Papers on Classical Archaeology, Supplement 10, Leuven, 337-350.
- MADRID I FERNÁNDEZ, M. 2005, *Estudi arqueològic i caracterització arqueomètrica de la "terra sigillata" de la ciutat de Baetulo (Badalona)*, Tesis Doctorals Electròniques TDX-0105106-091209, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- MAGGETTI, M. 1981, Composition of Roman pottery from Lausanna (Switzerland), *Scientific studies in ancient ceramics*, British Museum Occasional Paper 19, British Museum, London, 33-49.
- MANIATIS, Y., TITE, M. S. 1978-1979, Examination of Roman and Medieval Pottery using the Scanning Electron Microscope, *Acta Praehistorica et Archaeologica* 9/10, 125-130.
- PICON, M., VERTET, H. 1970, La composition des premières sigillées de Lezoux et le problème des céramiques calcaires, *Revue Archéologique de l'Est XXI*, 207-218.
- PICON, M., VICHY, M., MEILLE, E. 1971, Composition of the Lezoux, Lyon and Arezzo Samian ware, *Archaeometry* 13, 191-208.
- PICON, M. 1973, *Introduction à l'étude technique des céramiques sigillées de Lezoux*, Centre de Recherches sur les Techniques Greco-Romaines 2, Université de Dijon, Dijon.
- PICON, M. 1990, Les argiles employées dans les ateliers de Mandeuve-Mathay (Doubs), *SFECAG*, Marseille, 63-68.
- PICON, M. 1997, Les argiles des vernis rouges et jaunes des céramiques sigillées de La Graufesenque (Aveyron) et la céladonite utilisée comme pigment vert dans les peintures murales romaines, *Revue d'Archéométrie* 21, 89-96.
- PICON, M. 2002, À propos des sigillées, présigillées et imitations de sigillées: questions de "coûts" et des marchés, *SFECAG, Actes du Congrès de Bayeux*, Marseille, 345-356.
- SCIAU, P., WERWERFT, M., VERNHET, A., BEMONT, C. 1992, Recherches sur les températures de cuisson et le nature des engobes des céramiques sigillées de La Graufesenque, *Revue d'Archéométrie*, 89-95.
- SCIAU, P., VEZIAN, A. 2002, La diffraction des rayons X est-elle adaptée à l'étude des engobes des sigillées?, *Céramiques de la Graufesenque et autres productions*

d'époque romaine. Nouvelles recherches. Hommages à Bettina Hoffmann, Archéologie et histoire romaine 7, Montagnac, 171-179.

SCIAU, P., GOUDEAU, P., TAMURA, N., DOORYHEE, E. 2006a, Micro scanning X-ray diffraction study of Gallo-Roman Terra Sigillata ceramics, *Applied Physics A - Materials Science & Processing* 83, 219-224.

SCIAU, P., RELAIX, S., ROUCAU, C., KIHN, Y. 2006b, Microstructural and Microchemical Characterization of Roman Period Terra Sigillate Slips from Archeological Sites in Southern France, *Journal of the American Ceramic Society* 89, 1053-1058.

SORICELLI, G. 1987, "Tripolitanian Sigillata": North African or Campanian?, *Lybian Studies* 18, 73-87.

SORICELLI, G., SCHNEIDER, G., HEDINGER, B. 1994, L'origine della "Tripolitanian Sigillata"/"Produzione A della Baia di Napoli", a *Ceramica romana e archeometria: lo stato degli studi*, Edizione all'Insegna del Giglio, CNR, Museo Archeologico e della ceramica de Montelupo, Firenze, 67-88.

SORICELLI, G. 2004, La produzione di terra sigillata in Campania, a *Early Italian Sigillata*, Babesch, Annual Papers on Classical Archaeology, Supplement 10, Peeters, Leuven, 299-307.

VEKINIS, G., KILIKOGLU, V. 1998, Mechanical performance of quartz-tempered ceramics: Part II, Hertzian strength, wear resistance and applications to ancient ceramics, *Archaeometry* 40, 281-292.