



UNIVERSITAT DE BARCELONA



PRODUCCIÓ I DISTRIBUCIÓ D'UNA TERRISSERIA MEDIEVAL: CABRERA D'ANOIA

Esther Travé Allepuz

Tesi Doctoral dirigida per:
Dr. José Ignacio Padilla Lapuerta

8. CRITERIS D'ANÀLISI TÈCNICA (METODOLOGIA III)

Entenem per anàlisi tècnica aquella que contempla els principals elements que ens permeten recuperar traces del procés productiu de la peça, en contraposició als criteris formals i funcionals, que analitzaven fonamentalment el resultat del procés, és a dir, de la peça obtinguda; així com de la seva provenença o de les possibles fonts d'obtenció de la matèria primera. Considerem elements propis de la caracterització tècnica de la peça aquells que fan referència a la pasta, el tractament de superfície, el tipus de factura i coccio i els possibles vestigis que revelin marques d'ús. Cal tenir present d'entrada, però, que la col·lecció de materials analitzats és un conjunt procedent de testers d'un centre productor, i aquest fet confereix al grup dues característiques fonamentals que singularitzen aquest tipus de mostres: d'una banda, parlem de mostres que no han estat mai utilitzades, per tant podem descartar d'entrada les possibles marques d'ús i en segon lloc, cal tenir present que el material procedent dels testers és material de rebuig i que, per tant, determinades característiques que poden ser comunes en un seguit de peces potser hagin d'ésser interpretades com a errors de producció.

Les qüestions arqueològiques que poden ésser plantejades a un conjunt ceràmic, especialment en base a l'anàlisi tècnica, responen a les qüestions referents a *on* i *com* han estat fabricades les peces. Ens referim, per tant, a la provenença i la tecnologia emprada. Tot i que la caracterització formal i decorativa dels recipients sempre havia rebut la major atenció en els estudis ceramològics, en detriment de la composició de les pastes, cal tenir present que en el procés de fabricació, la composició de la matèria primera té una importància cabdal especialment pel que fa als desgreixadors afegits pel terrisser per tal d'atorgar-li unes qualitats determinades que la faran apta per a una o altra finalitat concreta. Tanmateix, és possible trobar en les pastes elements que caracteritzin l'argila en relació a la geologia de l'entorn o de l'exterior, per la qual cosa constitueix un aspecte fonamental a l'hora d'establir la possible procedència de les argiles utilitzades. Sovint en els estudis arqueomètrics es tendeix a separar

excessivament ambdues qüestions en un afany de clarificar i organitzar la informació de forma útil, tot i que de vegades aquesta realitat implica parar una major atenció a una en perjudici de l'altra, generalment a favor de la provenença. Tanmateix, elements diferents susceptibles de descripció i anàlisi ens poden aportar informació que simultàniament respongui a les qüestions de provenença i tecnologia, especialment pel que fa a l'estudi de les inclusions en una producció ceràmica determinada. És per això que en l'anàlisi de les nostres produccions i en la presentació dels resultats hem optat per fer en primer lloc una aproximació descriptiva que doni pas a una interpretació en segon terme que procuri no prioritzar en els aspectes concrets una qüestió per sobre de l'altra.

Comentàvem en les qüestions prèvies que, del total aproximat de cinc mil fragments, se n'han seleccionat un centenar per a fer-ne una anàlisi arqueomètrica, consistent en la caracterització química, mineralògica i petrològica, mitjançant l'estudi petrogràfic a microscopi polaritzador, fluorescència de raigs X (FRX), difracció de raigs X (DRX). L'anàlisi petrogràfica dels materials és una part integrant d'aquesta memòria de tesi doctoral, i l'hem portada a terme entre les universitats de Sheffield i Barcelona. Tanmateix, per a les anàlisis arqueomètriques, hem comptat amb la inestimable col·laboració del grup de recerca Arq|UB (Cultura Material i Arqueometria), a qui el grup al qual pertanyem (GRAMP.-UB) ha encarregat la realització d'aquesta tasca. En el moment de tancar aquesta memòria de tesi, la interpretació dels resultats es troba encara en una fase inicial. De totes maneres, el seguiment d'aquests primers resultats de les analítiques i el treball conjunt amb l' Arq|UB, ens ha permès precisar en alguns aspectes de l'estudi petrogràfic que quedaven dubtosos i confirmar algunes hipòtesis que sorgien a partir de l'aproximació petrogràfica en sentit estricte, però no oferir un informe detallat, que serà publicat properament. Bona part d'aquestes precisions les presentarem en el proper capítol, on exposem el procés tecnològic en la fabricació de ceràmica a Cabrera d'Anoia. Pel que fa a la metodologia, que és el capítol que ens ocupa, ens hem limitarem a exposar els criteris emprats per a l'anàlisi petrogràfica. Els primers resultats arqueomètrics els presentem de manera sintètica en forma d'annex (*cf. annex IV*).

8.1. L'ESTUDI PETROGRÀFIC

(cf. annex 3)

L'estudi petrogràfic de les 105 mostres seleccionades parteix d'una observació macroscòpica amb lupa de 20x, els criteris de la qual vam exposar de forma detallada en la nostra tesina per optar al D.E.A. (TRAVÉ, 2007). En aquest estudi macroscòpic, teníem en compte l'aspecte extern de les peces tant com les pastes, fixant l'atenció en les inclusions, la porositat i el tipus de fractura, així com la coloració de les pastes. Els resultats oferien pastes força poroses amb inclusions grolleres de quars, en una quantitat moderada o abundant, amb coloració grisenca en la majoria de casos, tot i que algunes pastes presentaven alguns colors rogencs en algunes zones, generalment deguts a problemes de cocció. Els resultats d'aquesta anàlisi ens van permetre seleccionar 105 mostres per a estudi arqueomètric en base als criteris següents:

- 1) El nombre de mostres seleccionades per a cada unitat estratigràfica havia d'esser proporcional al nombre total de mostres estudiades de la unitat corresponent.
- 2) La selecció havia de reflectir les possibles variacions entre les mostres, però també la seva homogeneïtat, per la qual cosa, vam seleccionar per a cada estrat un conjunt suficient de mostres que reflectís els grups majoritaris així com aquelles mostres aïllades que presentessin diferències significatives respecte del conjunt.
- 3) La selecció va considerar únicament fragments dels quals en coneguéssim bé la forma –generalment vores– per tal de poder posar en relació els resultats entre l'estudi arqueomètric i els estudis de tipologia realitzats prèviament.

De cada mostra seleccionada s'ha estudiat en làmina prima una secció vertical (WHITBREAD, 1996) al Laboratori de Microscòpia de la Universitat de Sheffield amb un microscopi polaritzador LEICA-LEITZ LABORLUX 12 Pol. S., a un augment del 25x, 40x, 100x i 400x. Tanmateix per a la detecció de microestructures relictas i traces de modelatge

s'ha emprat un microscopi polaritzador de baix augment LEICA WILD M420 amb augments regulables entre 8x i 40x. Al Laboratori d'Arqueologia Medieval de la Universitat de Barcelona, s'ha completat l'estudi amb un microscopi polaritzador OLYMPUS BX51 amb augments 40x, 100x, 200x i 1000x, el mateix model emprat per a la realització de les fotografies.

La tècnica d'anàlisi de les ceràmiques arqueològiques amb llum polaritzada a microscopi generalment rep el nom de petrologia ceràmica o petrografia ceràmica, però també ha estat anomenada anàlisi mineralògica per alguns autors. Aquesta confusió, de vegades, a l'hora d'atorgar un nom a la disciplina, reflecteix sovint una diversitat d'aproximacions i una manca de definició exacta del procediment. Tanmateix, el fonament teòric de la disciplina com a tal arrela en els estudis d'Ian Whitbread (1986a, 1989, 1995) de la Universitat de Leicester, i dels seus treballs al Fitch Laboratory of Athens. Fins aleshores s'havien dut a terme nombrosos estudis de petrologia ceràmica que tenien com a objectiu principal la caracterització mineralògica de les inclusions no plàstiques, però fou Whitbread el primer en sistematitzar una observació de la ceràmica arqueològica en el seu conjunt i, més enllà de descriure mineralògicament les inclusions, va fer ús dels principis i eines de treball que la micromorfologia dels sòls oferia per tal de descriure no únicament les inclusions, sinó també la matriu de la ceràmica, és a dir, l'argila. La seva aproximació teòrica fou presentada en forma de sistema de descripció (WHITBREAD, 1986a, 1989) i aplicat a l'anàlisi de les àmfores gregues de transport (WHITBREAD, 1995). Per al nostre estudi hem seguit fonamentalment aquestes pautes d'anàlisi amb lleugeres modificacions menors i reestructuració a fi que la descripció respongui de forma ordenada als tres elements principals que ens permeten caracteritzar els diferents grups o mostres aïllades a microscopi: les inclusions, la matriu argilosa i la porositat.

Les inclusions són el component més fàcilment identificable de les ceràmiques en làmina prima, tot i que normalment només constitueixen entre un 10 i un 30% del conjunt en la majoria de mostres, potser un percentatge lleugerament superior en les més grolleres, però en cap cas més del 35-40%. Generalment són minerals o fragments de roca que descrivim com a inclusions no plàstiques, juntament amb altres inclusions

com ara closques, microfòssils, matèria orgànica, os, escòria o xamota, entre d'altres. Malgrat tot, també és possible detectar algunes inclusions plàstiques que descrivim com a pèl·lets d'argila i que sovint estan estretament lligades a les característiques texturals. En principi, les característiques texturals es descriuen com a integrants de la matriu argilosa, però els pèl·lets d'argila els podem considerar com a inclusions. De fet, la pròpia matriu argilosa, no és més que un aglomerat d'inclusions de dimensions molt reduïdes⁴⁶. En els anàlisis de petrografia ceràmica considerarem la barrera dels 10µm per distingir les inclusions. Qualsevol element inferior a aquestes dimensions serà considerat matriu fina argilosa o, en els termes de Whitbread (1989), *micromassa*.

La matriu argilosa o micromassa és el component més abundant de la ceràmica, constituint fins a un 90 – 95% en algunes mostres. Està composta per minerals de gra molt fi: argiles (sediment de dimensions inferiors a 4µm segons Wentworth, 1922) i aquelles inclusions que no hem considerat anteriorment, és a dir, les inferiors a 10µm, que es corresponen amb el llim molt fi i part del fi, també segons la classificació granulomètrica de Wentworth (1922). La natura i característiques d'aquests minerals és el que confereix a l'argila i de retruc a la ceràmica les seves propietats úniques: (1) amb aigua afegida i sense coure té propietats plàstiques que permeten el modelatge, (2) en eixugar-se l'aigua afegida, perd les seves propietats plàstiques i esdevé rígida, essent reversible el procés i (3) en coure el producte, l'argila perd l'aigua estructural i la rigidesa del producte esdevé irreversible (RICE, 1987). Mineralògicament parlant, la micromassa es compon majoritàriament dels minerals de les argiles ($Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2H_2O$) i de les inclusions menors, majoritàriament, quars, calcita, ferro opac... entre d'altres. Lluny d'ésser una massa uniforme i homogènia, la matriu argilosa presenta característiques interessants que ens permeten inferir dades respecte a la caracterització de la provenença i tecnologia emprada en la producció i que passaran per l'anàlisi de la coloració, l'activitat òptica i les característiques texturals.

⁴⁶ Hi ha diferents marges per a establir la mida a partir de la qual considerem l'argila. La barrera més freqüent per diferenciar l'argila és la dels 4µm proposada per Wentworth (1922). P. M. Rice presenta una taula interessant (RICE 1984: 38) amb els diferents barems de classificació granulomètrica, on veiem com mentre els límits superiors de la sorra sempre queden ben definits en les 2 mm, no hi ha excessiu consens respecte a les argiles.

La porositat és el tercer i darrer component de la ceràmica en làmina prima. El porus constitueixen generalment una petita part del conjunt que no arriba al 10%, però que pot ser clarament superior. Són buits d'aire enmig de la matriu que poden haver estat originats de forma natural o bé per efecte de la preparació de la pasta o de la cocció. Es classifiquen segons la seva forma i dimensions. Aporten informació tecnològica significativa, en tant que la porositat pot ser o no una característica del vas buscada pel terrisser que es pot incrementar amb l'utilització de pastes més grolleres o bé afegint desgreixants orgànics, que es consumeixen durant la cocció originant porus amb vores ennegrides i carbonitzades. Igualment la calcita pot originar porositat en ceràmiques que passen la barrera tèrmica dels 900°C, i tanmateix, els porus poden ésser reblerts de calcita secundària en una fase postdeposicional. De tot plegat en parlarem en major detall més endavant.

A) LES VARIACIONS DEL CONJUNT: L'AGRUPAMENT DE MOSTRES

De forma prèvia a l'estudi en profunditat, descripció i interpretació de les mostres, és necessària una primera aproximació que ens doni una visió general de la variació dins del conjunt. La millor manera de dur a terme aquesta primera aproximació és mitjançant el procés d'agrupament de mostres. Les dues característiques fonamentals de qualsevol classificació són la seva exclusivitat –un mateix element no pot pertànyer a dos grups– i la seva exhaustivitat –tots els elements han de poder ésser integrats en algun grup–. Tanmateix, sovint en petrografia trobem algunes mostres que no poden ésser incloses en cap grup i que constitueixen un conjunt de criteris diferenciadors de la resta per si mateixes; en aquest cas parlem de *mostres aïllades*. D'altra banda, quan trobem mostres que presenten les característiques principals d'un grup i algunes de pròpies que impedeixen, però, integrar-les en altres grups parlem de *mostres relacionades*. Pel que fa a l'exclusivitat, és habitual especialment en els centres productors treballar amb grups que plantegen grans similituds entre ells que de vegades dificulten la classificació de les mostres en un o altre grup. En aquest cas, és competència del petròleg definir de forma clara els marges entre els diferents grups

encara que pugui pecar de certa artificialitat, sempre que aquestes fronteres difuses entre uns i altres siguin considerades correctament durant la fase interpretativa.

Aquest agrupament inicial pot ser dut a terme en molts nivells i en la seva fase més simple l'analista pot ser totalment inexpert: l'ull humà és una eina poderosa lligada al cervell i pot generar una imatge mental que ens porti a fer una determinada classificació o una altra, generalment amb baix augment ($\leq 25\times$). Després d'aquesta primera classificació és el moment de definir amb major claredat els grups a partir de la identificació de les diferents inclusions i textures i en funció de la seva forma, mida i mineralogia. Tot plegat ens permetrà reconèixer i desfer falsos agrupaments, la majoria de les vegades deguts a la coloració de les pastes, que ens fa separar mostres amb una mineralogia idèntica únicament per presentar un color diferent. Cal tenir present que la diferència de color entre les mostres pot ésser produïda per la més mínima variació en el procés de cocció i que aquestes possibles variacions només representen canvis tecnològics o de provenença substancials en casos comptats. Redefinir i revisar acuradament aquesta agrupació inicial permetrà polir els grups per tal que el resultat final representi més fidelment variacions significatives en el conjunt⁴⁷.

Els grups resultants, que seran objecte de descripció i interpretació, han d'ésser inevitablement un punt intermedi entre la necessitat d'agrupar els materials i el fet de que cada mostra és singular i única. És un perill de la petrografia ceràmica, com de tantes altres disciplines, caure en els extrems de dividir excessivament les col·leccions en grups molt petits o, per contra, crear grans grups que presenten una gran heterogeneïtat interna. En el primer cas, es generen una multitud de grups molts dels quals esdevenen inútils perquè no responen a cap qüestió arqueològica i únicament

⁴⁷ No hi ha, en general, un acord clar respecte als criteris prioritars per identificar una fàbrica, de la mateixa manera que tampoc no existeix una definició precisa de *fàbrica* en petrologia ceràmica. En general la majoria de petròlegs ceràmics prioritzen la mineralogia per sobre d'altres característiques com ara la disposició espacial de les inclusions. Tanmateix Whitbread (1995) proposa considerar ambdós vessants i oferir una interpretació conjunta. Tot i així, la cocció de les pastes mai no s'acostuma a considerar un element distintiu entre fàbriques, perquè respon a un moment productiu posterior i perquè sovint és un fenomen difícil de controlar: un seguit de peces produïdes a partir d'una mateixa pasta i amb una mateixa tecnologia de cocció poden presentar coloracions diferents si pertanyen a dos coccions diferents.

posen de manifest variacions molt subtils de vegades d'origen natural. Ben al contrari, en el segon cas, es produeixen grups amb gran quantitat de mostres, molt amplis i heterogenis, que si bé poden caracteritzar a grans trets un jaciment, impliquen una pèrdua significativa d'informació. És necessari, per tant, trobar un punt intermedi entre ambdues interpretacions que generalment depèn en darrera instància de la subjectivitat del petròleg. El resultat final ens ha de permetre fer un pas més per cercar les relacions entre els grups, per tal de detectar possibles dependències d'uns respecte dels altres i determinar si les variacions poden respondre a preparacions diferents d'una mateixa matèria primera, o al mateix tractament per a matèries primeres diferents, variacions naturals de les fonts d'argila o bé, finalment, al fet que els grups responguin a produccions radicalment diferents tant en la seva tecnologia de producció com en la font de matèria primera emprada, fet que ens duria a pensar en produccions importades en contraposició a una producció local. Tot plegat ens facilitarà, en un darrer moment posterior a la descripció, la interpretació dels resultats. No hi ha pautes concretes a l'hora d'establir jerarquies entre els grups, però a grans trets, l'esquema que hem seguit en el nostre treball és el següent:

- **Grup de Fàbrica:** és un grup de mostres relacionades entre elles que presenten una composició molt similar, pel que fa a la natura, abundància i aparença de les inclusions, la matriu i la porositat. Inclou mostres formades a partir de la mateixa matèria primera, amb una mateixa tècnica de preparació de la pasta. Les variacions de color durant la cocció o bé diferències menors entre l'abundància o mida de les inclusions principals estan contemplades i incloses en aquest grup.

- **Subgrup de Fàbrica:** És una variació d'un grup de fàbrica, ben definida i separada del grup principal. Pot presentar lleugeres variacions en la preparació de la pasta essent utilitzada la mateixa matèria primera que en el grup principal o bé lleugeres variacions naturals en una mateixa preparació.

- **Mostres relacionades:** Són mostres úniques que presenten similituds amb un grup o subgrup de fàbrica però que no es poden incloure entre la variació pròpia

del grup. Igual que els subgrups respecte dels grups principals, generalment presenten lleugers canvis en la preparació a partir d'una mateixa matèria primera.

- **Mostres aïllades:** Són mostres úniques que no poden ésser relacionades amb cap altra mostra i tenen una composició única o una mena de preparació única. Constitueixen una fàbrica aïllada per se, però l'absència de mostres que s'hi relacionen indica que no formen part de cap grup en un jaciment concret i que responen a una problemàtica diferent: importacions i intercanvi comercial, contaminacions estratigràfiques, etc. La casuística pot ser molt àmplia i generalment comporten alguns problemes interpretatius no sempre fàcils de resoldre.

B) L'OBTENCIÓ DE LA INFORMACIÓ: DESCRIPCIÓ DE GRUPS.

El procés de descripció dels grups petrogràfics establerts en la fase anterior constitueix l'eina principal per a la compilació de dades i permet caracteritzar la composició mineralògica i petrogràfica de les mostres, analitzant les seves característiques principals i posant-les per escrit. Tot plegat revela informació detallada que no s'ha tingut en compte a l'hora de fer l'agrupament. És un procés més qualitatiu que no pas quantitatiu que permetrà en un darrer moment –simultani o posterior a la interpretació de les dades petrogràfiques– comparar els resultats amb els obtinguts mitjançant altres mètodes d'anàlisi químiques o mineralògiques. Durant el procés de descripció cal fer una aproximació individual als tres elements propis de la ceràmica definits anteriorment: inclusions, matriu i porositat. En descriure els tres elements principals de cada mostra, pretenem reflectir les característiques referents a la forma, color, dimensions, arrodoniment, espaiat, orientació, distribució, abundància, etc. De tots tres elements fent ús de la terminologia pròpia de la mineralogia, la petrologia i la micromorfologia del sòl en els paràmetres que establirem a continuació. Tots aquests elements són analitzats en comú en un comentari final que presenta les conclusions pertinents per a cada grup en síntesi i acompanyades de la seva interpretació, tot cridant l'atenció sobre els elements més representatius del grup o sobre aquelles característiques que puguin plantejar majors problemes interpretatius o suggerir

debat. Aquest comentari ha de permetre a altres analistes fer-se una idea general del material que sigui útil per a comparar-lo amb el propi. Cal tenir present que cada descripció ha d'anar necessàriament acompanyada pel nom del grup, que pretén oferir una idea general dels trets diferenciadors i per la relació de mostres que hi pertanyen, així com la possible existència de mostres relacionades. Presentem a continuació la pauta de descripció emprada i els criteris metodològics utilitzats en cada element susceptible d'anàlisi:

 **INCLUSIONS:** inclouen qualsevol element superior a 10µm.

❖ **CARACTERÍSTIQUES GENERALS:**

– *Percentatge:* Per tal d'estimar l'abundància relativa de les inclusions utilitzem els quadres comparatius establerts a tal efecte que ens ofereix principalment la petrologia sedimentària. En la nostra recerca, la base de tots els càlculs visuals de percentatge és la proposta de R. D. Terry i C. V. Chilingar (1955), i de forma complementària les taules de J. C. Reid (1985) per als percentatges inferiors al 1% (*fig. 188*). Hem optat per les taules de Terry i Chilingar com a referència per ser la més estesa en petrografia en general i perquè en la col·lecció que ens ocupa són suficients visualment, ja que són fàcilment relacionables amb inclusions relativament anguloses i subanguloses i amb dimensions similars als d'una ceràmica grollera⁴⁸. Tanmateix, els petròlegs A. J. Matthew, A. J. Woods i C. Oliver (1991) van constatar algunes mancances que les taules utilitzades en petrologia sedimentària plantejaven en la petrologia ceràmica –i és que, en ceràmiques, les diferències formals entre inclusions sovint distorsionen la percepció visual de proporcions– i van proposar una col·lecció de taules prou extensa que també hem emprat en els casos més dubtosos.

⁴⁸ Els càlculs de percentatge visual d'aquestes taules foren elaborats a partir de petits fragments de paper esqueixat escampats sobre una superfície, els percentatges dels quals havien estat prèviament calculats. (cf. TERRY, CHILINGAR 1955 i MATTHEW, WOODS, OLIVER, 1991).

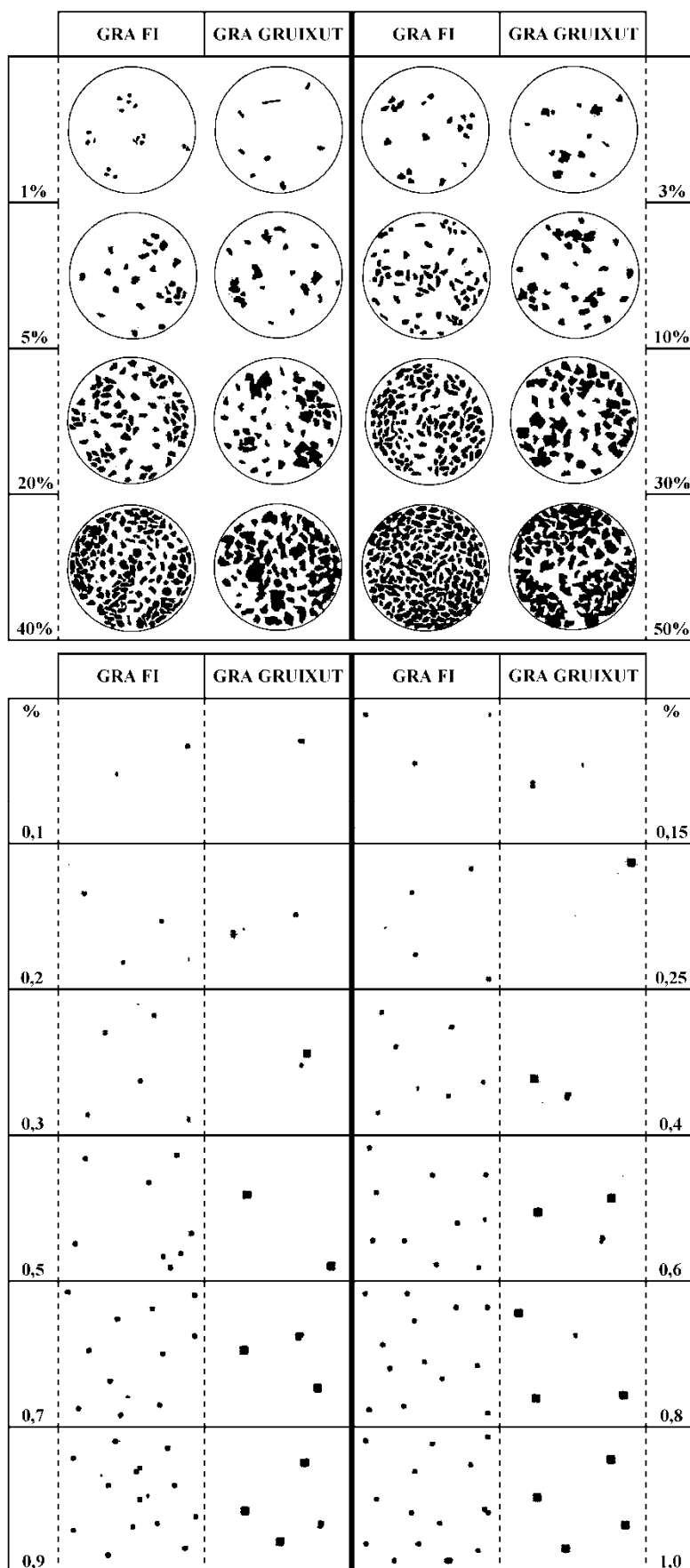


Fig. 188: Estimació visual de les aproximacions al percentatge d'inclusions en proporcions de 1 – 50% segons R. D. Terry i C. V. Chilingar (1955) (*a dalt*) i en proporcions de 0'1 – 1% segons J. C. Reid (1985) (*a baix*).

– *Característiques principals*: De forma genèrica i sense distingir excessivament en la mineralogia perquè hi haurà l'ocasió d'aprofundir-hi més endavant, descriurem la forma, arrodoniment, espaiat, selecció i orientació preferent de les inclusions. Igualment, aproximarem també la distribució de la mida de les inclusions, considerant l'abundància de partícules de mides similars i determinant les possibles modes (mostres unimodals, bimodals, trimodals...) i el seu grau (lleugerament, moderadament...). Posteriorment, passarem a descriure cadascuna de les fraccions; en casos de mostres unimodals, únicament caldrà descriure una fracció, en casos de mostres bimodals parlarem de *fracció gruixuda* i *fracció fina*.

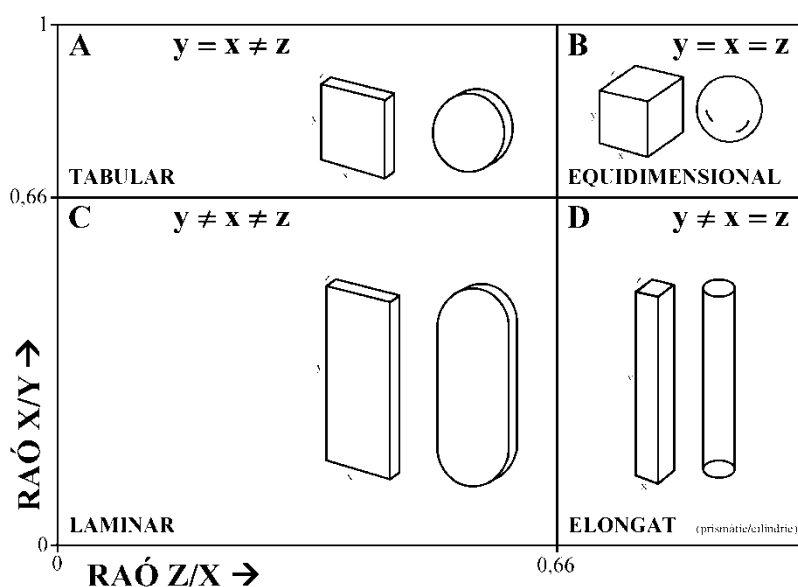


Fig. 189: Terminologia per designar la forma de les inclusions no plàstiques en base a la proposta de M. E. Tucker (1981) (Cf. TUCKER, 1981, fig. 2.5).

Respecte a la **forma**, seguim en tots els casos la nomenclatura proposada per M. E. Tucker (1981), en base a una proposta anterior reelaborada (ZINGG, 1935), i parlarem de formes *tabulars*, *equidimensionals*, *laminars* o *elongades* (fig 189). Pel que fa a l'**arrodoniment**, seguim la terminologia proposada per F. G. Pettijohn (1949), segons la qual les inclusions poden tenir vores *molt anguloses*, *anguloses*, *subanguloses*, *subarrodonides*, *arrodonides* o *molt arrodonides* (fig. 190). Considerarem que l'**espaiat** entre inclusions és *tancat* quan les inclusions es troben en contacte entre elles, *simple* quan la distància entre inclusions és igual o inferior al seu diàmetre, *doble* quan la distància entre inclusions és igual o inferior al doble del seu diàmetre i *obert* quan aquesta sigui superior. La **selecció** o **sorteig** del conjunt d'inclusions indica la diferència

entre les dimensions de les inclusions majors i les menors; parlarem per tant de mostres *molt ben*, *ben*, *moderadament*, *pobrament*, o *molt pobrament sortejades* (fig. 191), segons la proposta de R. R. Compton (1962). Finalment, l'**orientació preferent** indica la disposició de les inclusions en l'espai i aquestes poden mostrar *alineació* amb els marges de les parets, *ombres de pressió*⁴⁹ o *microestructures relictas* com les que genera el modelat a rotlle, del qual en parlarem més endavant.

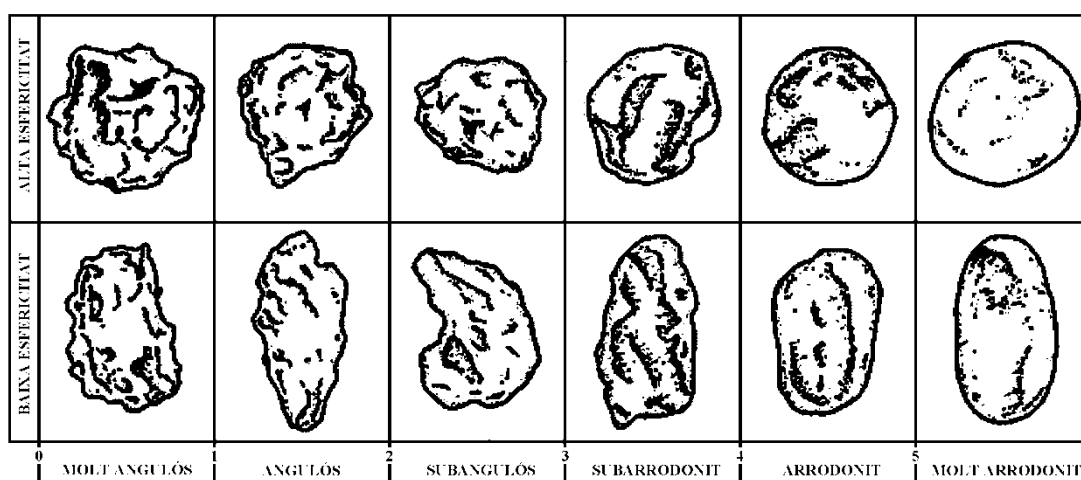


Fig. 190: Terminologia per designar el grau d'arrodoniment de les inclusions no plàstiques en base a la proposta de F. G. Pettijohn (1949) (Cf. PETTIJOHN, 1949: fig. 3.24; POWERS, 1953: fig. 1; COMPTON, 1962: fig. 12.2 i TUCKER, 1981: fig. 2.6).

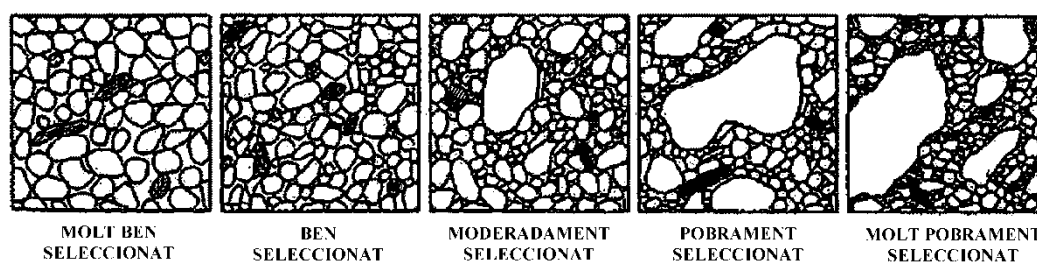


Fig. 191: Terminologia emprada per a determinar la selecció de les inclusions segons la proposta de R. R. Compton (COMPTON, 1962: fig. 12.1).

⁴⁹ Les ombres de pressió es poden definir com l'efecte produït en la disposició de les inclusions a les parets del recipient durant el procés de modelat que fa que les inclusions de menors dimensions, en topar amb inclusions majors i per l'efecte de la impulsió que li donen les mans del ceramista en tornejar la peça, s'acumulin al seu costat. A l'altre costat de la inclusió de grans dimensions es forma un efecte d'ombra al microscopi, que no és altra cosa que l'efecte òptic resultant de l'absència de petites inclusions. Això permet comprovar la direcció de les pressions aplicades a la peça durant el modelat (Cf. la definició i interpretació de Pabst (1931) sobre les ombres de pressió en el context de la petrologia metamòrfica).

La **mida de gra** de les inclusions sempre anirà expressada en mil·límetres (mm) en la descripció dels grups i les mostres aïllades, mentre que alhora de fer interpretacions i d'analitzar els resultats farem referència constant a la classificació granulomètrica proposada per Wentworth (1922), en tant que ofereix una terminologia comuna, emprada de forma habitual tant en petrologia sedimentària com en petrografia ceràmica i generalment acceptada com a llenguatge d'ús habitual en petrologia (*fig. 192*). Amb això pretenem atorgar una certa fluïdesa al discurs, més que no pas incloure contínuament mesures en mil·límetres quan en realitat les diferents fraccions per a cada tipus d'inclusió responen de forma genèrica al jaciment a una aproximació visual al conjunt.

<i>Udden, 1918</i>		<i>Krumbein, 1934</i>	<i>Wentworth, 1922</i>
Mil·límetres (mm)	Microns (µm)	PHI (φ)	CLASSE
2 ¹²	4096	-12	Bloc
2 ⁸	256	-8	Còdol
2 ⁶	64	-6	Palet
2 ²	4	-2	Grànul
	2,00	-1	
	1,00	0	Sorra molt gruixuda
1/2	0,50	1	Sorra gruixuda
1/2 ²	0,25	2	Sorra mitjana
1/2 ³	0,125	3	Sorra fina
1/2 ⁴	0,0625	4	Sorra molt fina
1/2 ⁵	0,031	5	Llim gruixut
1/2 ⁶	0,0156	6	Llim mitjà
1/2 ⁷	0,0078	7	Llim fi
1/2 ⁸	0,0039	8	Llim molt fi
	0,00006	14	Argila

Fig. 192: Taula de classificació granulomètrica d'Udden-Wentworth. L'escala φ correspon a una proposta de simplificació numèrica referent a la mida de gra, que augmenta o disminueix en progressió geomètrica, on $\phi = -\log_2 S$ i on S són les dimensions expressades en mm (Cf. KRUMBEIN, 1934 i 3964).

❖ FRACCIÓ GRUIXUDA:

– *Percentatge*. Estimarem el percentatge de fracció gruixuda en relació al total d'inclusions. No farem esment al rang de dimensions general de la fracció, que ja haurem mesurat i descrit anteriorment amb les característiques generals. Sí que pararem especial atenció a les possibles diferències entre mostres.

– *Tipus d'inclusions*. Descriurem en detall els diferents tipus d'inclusions que conformen la fracció ordenades de major a menor abundància. L'abundància relativa de cada tipus en funció de la fracció gruixuda no l'expressarem en percentatges, perquè aquests són relativament variables d'unes mostres a unes altres; per tant, farem servir els modificadors següents, proposats per I. Whitbread (1995: 380) per a petrografia ceràmica, en funció de la terminologia ja acceptada i utilitzada ordinàriament en micromorfologia del sòl (KEMP, 1985):

Predominant:	> 70%
Dominant:	50 – 70%
Freqüent:	30 – 50%
Comú:	15 – 30%
Escàs:	5 – 15%
Molt escàs:	2 – 5%
Infreqüent:	0,5 – 2%
Molt infreqüent:	< 0,5%

A cada tipus d'inclusió li atorgarem el nom corresponent i descriurem les seves característiques petrològiques i mineralògiques: farem referència als diferents tipus d'extinció del quarz, les formes de la calcita (micrita o esparita), meteorització o possibles alteracions a conseqüència de la cocció, la natura dels constituents en els fragments de roca i, en cas que es pugui identificar la inclusió, parlarem de l'origen i nom possibles de la roca que l'ha generada. També aquí parlarem de la variació entre mostres respecte a l'abundància o natura dels diferents tipus d'inclusions, tot fent referència a les làmines individuals per il·lustrar la variació esmentada o l'existència de característiques específiques.

– *Inclusions argiloses*. Tot i que estan estretament relacionades amb les característiques texturals de la matriu; els fragments de roca argilosa, la xamota i els pèl·lets d'argila seran descrits com a part integrant de les inclusions seguint les indicacions de Whitbread (1986a). D'aquest tipus d'inclusions en descriurem (1) el **contorn**: *marcat, clar, difús o emergent*; (2) l'**arrodoniment**, en base a Pettijohn (1949), (3) la **forma**: *d'allargada a concoïdal* per als fragments de roca, *allargada o equidimensional* per a la xamota i generalment *equidimensional o distorsionada* per als pèl·lets d'argila, (4) la **densitat òptica**: *alta, neutra o baixa*, (5) la **relació amb la matriu** que les envolta: és a dir, si són *concordants o discordants*, (6) els seus **constituents** i (7) la seva **coloració** (*fig. 193*). Sovint pot resultar confusa la distinció entre unes inclusions i altres, però certes característiques fan que comparant-les entre elles en un mateix conjunt o entre conjunts diferents, junt amb la referència d'alguns experiments (CUOMO DI CAPRIO, VAUGHAN, 1993), donen prou pautes per a la seva correcta identificació.

❖ **FRACCIÓ FINA**⁵⁰: L'esquema és el mateix que per a la fracció gruixuda, però generalment amb un grau de detall menor. Estimarem l'abundància relativa com a part de les inclusions, de tal manera que el percentatge de fracció gruixuda i fracció fina sumats constitueixin el 100% de les inclusions. El rang de dimensions, com en el cas de la fracció gruixuda, també l'haurem expressat en descriure les característiques generals, però cal tenir present que el seu límit inferior sempre seran els 10µm. De la mateixa manera, llistarem els diferents components ordenats de major a menor abundància, utilitzant els modificadors anteriorment esmentats i descriurem les seves característiques de forma genèrica per al conjunt.

⁵⁰ En casos de mostres polimodals, només es considera fracció fina la de rang inferior. Totes les altres són descrites en el mateix detall que la fracció gruixuda d'una mostra bimodal.

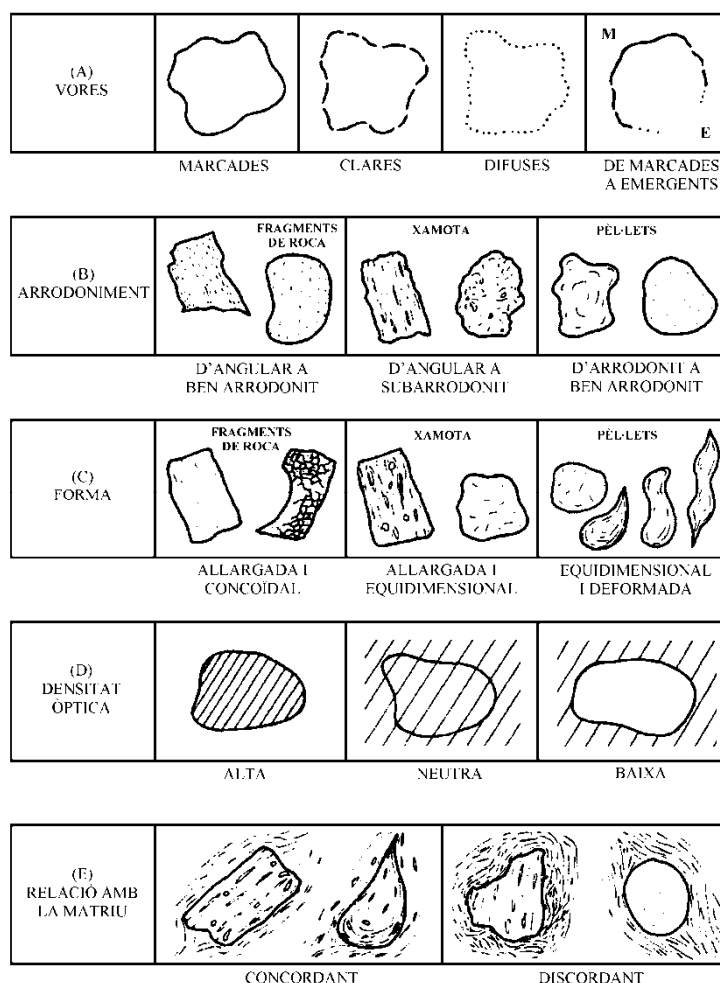


Fig. 193: Diferents propietats susceptibles de descripció en les inclusions argiloses proposades per Whitbread (1986a) (Cf. WHITBREAD, 1986a: 80).

+ **MATRIU:** Inclou el component argilós de la ceràmica i les inclusions inferiors a 10µm. El seu percentatge es calcula restant el percentatge d'inclusions i porositat del total (100%). En primer lloc, indicarem si és calcària o no, així com el grau. A continuació, estimarem el color de l'argila amb un augment del 40x tant en nicols paral·lels (NP) com creuats (NX), i farem constar el grau d'activitat òptica. També descriurem la homogeneïtat o heterogeneïtat de la matriu pel que fa al color (diferència entre els marges i el centre de la secció), característiques texturals i distribució de les inclusions, així com la presència d'àrees amb mescla d'argila, engalves o calcita secundària (CAU, DAY, MONTANA, 2002 I BUXEDA, CAU, 1995).

+ **POROSITAT:** N'estimarem també el percentatge en funció de les taules de comparació i descriurem els principals porus en funció de la terminologia proposada per Whitbread. Pel que fa a la **forma**⁵¹, parlarem de *porositat planar, canals, vacúols i vesícules* (fig. 194). Indicarem la **mida** utilitzant els prefixos *mega-* (>2mm), *macro-* (0,5 – 2mm), *meso-* (0,05 – 0,5mm) i *micro-* (<0,05mm) (WHITBREAD, 1995: 380). Registrarem qualsevol orientació preferent que es produeixi així com qualsevol altra característica distintiva: l'alteració dels seus marges, la presència de calcita secundària o qualsevol altre material que pugui aportar indicacions respecte del seu origen i el seu espaiat.

POROSITAT
 PLANAR:
 CANALS:
 VACÚOLS:
 VESÍCULES:



Fig. 194: Terminologia emprada per a determinar la forma dels porus, segons Whitbread (1986b i 1995) en base a Kemp (1985). [Cf. WHITBREAD, 1995: taula A3.3 i KEMP, 1985: 18ff].

+ **COMENTARI:** En aquesta secció resumirem les característiques distintives d'un grup, subgrup de fàbrica, o fàbrica aïllada i les seves variacions respecte dels altres grups. Farem referència també a qualsevol variant significativa entre mostres d'un mateix grup així com a la interpretació corresponent a provinença o tecnologia: la identificació dels components principals de l'argila, l'existència o no de desgreixadors, mètodes teòrics de preparació de la pasta i el seu origen aproximat. Si és possible, interpretarem els mètodes de modelat i acabat que siguin visibles a les seccions; la tecnologia de cocció, el grau i l'atmosfera; i, finalment, la relació entre les mostres i el seu context arqueològic immediat (fases o unitats estratigràfiques).

⁵¹ P.M. Rice (1984: 350) proposa una terminologia similar que relaciona en alguns casos la forma dels porus amb el fet que siguin interns o bé que estiguin en contacte amb l'exterior, donant un nom diferent en cada cas. Farem servir la terminologia de Whitbread, com ja hem indicat.

C) LA INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS.

La identificació de la provenença

Dèiem més amunt que l'estudi petrogràfic té com a objectiu principal respondre a les qüestions referents a la provenença i tecnologia de les produccions ceràmiques. Respecte a les interpretacions de provenença en petrologia ceràmica, la teoria subjacent és que la mineralogia de les inclusions detectades en làmina prima són un reflex de la geologia de l'àrea font o roca mare d'on ha estat obtinguda o bé l'argila amb inclusions naturals o bé els desgreixadors. En base al coneixement empíric derivat de l'etnoarqueologia i la producció de ceràmica tradicional, és assumit que la matèria primera no acostuma a ser transportada a gaire distància i que, molt sovint, la producció de ceràmica té lloc relativament a prop de les fonts de matèria primera.

Aquest fet, combinat amb la informació que la petrografia ceràmica ens aporta i amb el coneixement de com es distribueixen les manifestacions geològiques principals en l'àrea circumdant del jaciment excavat, hauríem de ser capaços de deduir en primer lloc si les peces foren de producció local o bé importada i, en el cas de parlar de produccions locals, l'àrea geogràfica on la matèria primera és susceptible d'haver estat obtinguda. Més dificultats, però, presenten els conjunts importats en tant que, en ampliar-se l'àrea d'estudi, possiblement es poden documentar diverses àrees amb manifestacions geològiques similars que fan dubtar respecte de la provenença dels materials. En aquest cas, la comparació de les dades petrogràfiques amb altres dades arqueològiques com ara les tipologies o decoracions esdevé indispensable i aporta informació molt valuosa.

A més, cal tenir en compte el que I. Freestone (1995) anomena *resolució petrogràfica*, i és que la varietat existent en la geologia de l'àrea d'estudi, la seva coneixença per mitjà de l'extracció de mostres i consulta de mapes geològics, l'existència o no de grups de referència, la pròpia tecnologia de producció –les pastes més grolleres solen aportar més informació en aquest sentit que les pastes més fines– i l'existència d'una quantitat de mostra suficient, entre d'altres factors, farà que les conclusions referents a la provenença d'un grup siguin més o menys acurades. Generalment, no és viable un

estudi realitzat a partir de deu o quinze mostres únicament, entre les quals sigui impossible generar grups, ja sigui perquè són totes diferents o perquè són totes iguals. De la mateixa manera, en el ben entès que el grup a estudiar sigui significatiu per sí mateix –vuitanta o cent mostres distribuïdes en grups petrogràfics clarament identificables–, tampoc no tindrà una gran resolució si no existeixen bons mapes geològics per a la zona en qüestió.

La descripció de la tecnologia de producció

Mentre que els estudis de provenença poden recolzar-se en diferents tipus d'aproximacions arqueomètriques, la determinació de la tecnologia de producció és en bona part una característica pròpia de la petrografia ceràmica, en tant que deriva generalment de l'observació microscòpica de les característiques formals de les inclusions i de la microestructura de la matriu (Cf. CAPEL et alii, 1995). En el procés d'interpretació de la tecnologia de producció, els aspectes més importants a considerar són: la presència o absència de desgreixadors contraposats a les inclusions d'origen natural així com l'origen i significat de les inclusions argiloses, l'existència o no d'un procés de barreja d'argiles, els mètodes de modelatge, les condicions en què s'ha produït la cocció i la distinció entre característiques pròpies de la tecnologia emprada i característiques d'origen postdeposicional. En aquest darrer cas la presència o absència de calcita secundària i la seva interpretació és un tema recurrent.

- La preparació de la pasta: desgreixadors i barreja d'argiles

El terme *desgreixador* respon a un procés purament interpretatiu, més que no pas descriptiu, i s'hauria d'emprar únicament per descriure aquelles inclusions sòlides, no plàstiques, d'origen mineral o orgànic que s'han afegit a la pasta ceràmica per tal de reduir-ne la seva plasticitat –eliminar volum de greix, d'aquí el seu nom–, o bé modificar-ne les seves propietats com ara, per exemple, transformar una argila no calcària en una altra amb les propietats d'una argila calcària per mitja d'inclusions carbonatades afegides (RICE, 1987: 406-7). El procés de desgreixar l'argila caldria diferenciar-lo de la mescla intencional de materials plàstics, a la qual ens referim com a barreja d'argiles. Distingir en una ceràmica què és desgreixador i què no ho és

comporta nombroses dificultats, malgrat tot, hi ha determinades característiques que, combinades entre elles, poden atorgar una visió fiable a l'hora d'identificar el desgreixador; en general parlem de la forma, la composició, la distribució de la mida de gra i la relació de les mostres amb la resta de grups de fàbrica d'una col·lecció.

Quan un material sòlid de qualsevol tipus és triturat i afegit com a desgreixador, la seva aparença en làmina prima presenta, d'una banda, vores generalment anguloses o molt anguloses degut al trencament de la matèria primera en petits fragments i, de l'altra, una selecció generalment bona, en tant que els fragments acostumen a tenir mides similars entre ells. De tota manera, cal tenir present que també les inclusions naturals de les argiles primàries⁵², que no han patit un procés de transport que les hagi erosionades i arrodonides, acostumen a presentar inclusions anguloses, per la qual cosa, cal combinar aquesta característica amb d'altres per inferir la presència de desgreixadors. Cal tenir present també que hi ha fonts naturals de desgreixadors com ara les sorres de platges, lleres de rius o deserts, que no necessiten ésser triturades i que sovint són afegides directament a la pasta. Aquest tipus de materials presenten una mineralogia característica i vores generalment arrodonides.

Respecte a la composició, hi ha inclusions que necessàriament han d'haver estat afegides a la ceràmica: la xamota, la palla, l'escòria són inclusions que difícilment apareixen de forma natural a l'argila, per tant la seva interpretació com a desgreixadors és prou versemblant. De la mateixa manera, la distribució de la mida de gra sol ser un indicador fiable de la presència de desgreixador. En general, les inclusions afegides són força grolleres en relació a les inclusions naturals d'una argila fina i el fet d'afegir desgreixador origina distribucions clarament bimodals o polimodals, que no són habituals en les formacions naturals especialment en les que són fruit d'un procés de transport i sedimentació. Posant en relació les característiques de grups diferents és possible de detectar la presència de desgreixador; per exemple,

⁵² Parlem d'argila primària per definir el producte resultant d'un procés d'erosió en una roca mare en concret que no ha patit transport i sedimentació, mentre que l'argila secundària respon a aquelles formacions argiloses resultants de la meteorització i erosió d'una roca mare i el posterior transport del material detrític per acció de l'aigua o el vent fins a una conca sedimentària (RICE 1987).

en grups que representin variants en la preparació de la pasta procedent d'una mateixa font, les inclusions d'origen natural respondran totes a la mateixa mineralogia i proporció mentre que els desgreixadors seran inclusions característiques en cada grup. De la mateixa manera podem trobar variants desgreixades i no desgreixades d'una mateixa pasta.

La barreja d'argiles, com el seu nom indica, és la combinació de dues argiles o més de diferent provenença. És una pràctica habitual en la terrisseria tradicional actual i podem deduir que també ho devia haver estat en el passat. Dues o més argiles es poden barrejar triturades en sec i després humitejar la mescla fins a obtenir la textura plàstica o bé elaborar dues pastes per separat i barrejar-les un cop humides. En el primer cas, la barreja d'argiles costa molt de detectar. Pot haver algunes diferències en la mida de gra dels components d'una i altra però la seva identificació es fa pràcticament impossible en parlar de dimensions tan reduïdes. Per contra, dues argiles barrejades en el seu estat plàstic són relativament fàcils de distingir en làmina prima. L'evidència es deu a la heterogeneïtat textural originada a conseqüència de la mescla incompleta de les dues argiles. En aquests casos és possible identificar bandats, vetes, remolins i diversos tipus de característiques texturals, possibles de reconèixer a partir de les diferències que presenten respecte de la matriu en referència al color, densitat o activitat òptica, concentració d'inclusions, etc. No obstant, les característiques texturals poden aparèixer de forma natural a l'argila (WEAVER 1963), per tant, caldrà parar especial atenció a les proporcions en què aquestes característiques apareixen i a la seva relació amb la mineralogia.

Cal tenir present també un estadi intermedi entre l'ús de desgreixadors i la barreja d'argiles, que és l'ús d'una part d'argila com a desgreixador. En aquest cas, parlem d'una argila en el seu estat plàstic, és a dir, d'una pasta preparada, a la qual s'hi afegeix una part d'argila seca, triturada en el seu estat no plàstic. En aquests casos, l'argila seca en entrar en contacte amb la pasta humida adquirirà en part qualitats plàstiques, però no en la seva totalitat. El resultat de tot plegat en làmina prima seran característiques texturals i presència de pèl·lets d'argila abundants en relació a una certa proporció d'inclusions de tipus argilós que no han arribat a assolir l'estat plàstic.

La problemàtica referent a la identificació de les inclusions argiloses i la seva interpretació és tractada abastament per Whitbread (1986a) en un article que ofereix pautes realment útils per a l'estudi d'aquestes inclusions i que hem seguit en l'elaboració del nostre treball.

- **Els mètodes de modelatge:**

Un aspecte destacat en el procés de producció en el qual la petrologia constitueix una eina fonamental és en la identificació dels mètodes de modelatge, tot i que una anàlisi acurada en aquest sentit necessàriament ha de combinar les observacions macroscòpica i microscòpica. Tradicionalment, podem distingir entre tres tipus fonamentals de factura: la ceràmica modelada a mà, la ceràmica modelada a torn i la ceràmica feta a motlle. Però, en realitat, en intentar definir el procés de modelatge, ens enfrontem a una problemàtica molt major, i es que no hi ha excessiu consens pel que fa a la precisió conceptual a l'hora de definir les diferents tècniques (RICE, 1987; SOLAUN, 2005). La tècnica del modelatge a mà és aquella en la qual el terrisser no utilitza cap tipus de mecanisme en la realització del procés i únicament fa ús de les seves mans i d'algunes eines no mecanitzades en el modelatge. Els processos emprats poden presentar diferències significatives: modelar un bloc d'argila alçant les parets del vas únicament exercint pressió amb les mans, colpejant l'argila sobre una base que serveixi de suport, o bé ordir les peces a partir del modelatge a rotlle, són els més habituals entre d'altres.

En contraposició al modelatge a mà, el modelatge a torn sol oferir peces amb un acabat més acurat. Cal distingir en primer lloc dos tipus de torn en la nomenclatura dels quals el consens es mínim. D'una banda podem parlar d'un *torn alt* o *ràpid* format per dos discs units per un eix vertical. Sobre el disc superior, de diàmetre inferior, es torneja la peça, mentre que el disc inferior permet generar amb el peu la força de rotació necessària deixant ambdues mans lliures per al modelat. D'altra banda, el *torn baix, lent* o *torneta* consta, per contra d'un únic disc sobre el qual es modela la peça i al qual se li imprimeix força de rotació amb una mà deixant l'altra lliure per al

modelatge, en un moviment de rotació discontinua. És en l'ús d'aquest segon tipus de torn on sorgeixen els majors problemes interpretatius.

No hi ha consens entre la terminologia a emprar per referir-se al tipus de torn: si entenem que la diferenciació entre el torn i la torneta ve donada per la continuïtat o discontinuïtat del moviment, però no per la velocitat de revolució⁵³, sembla que no acabi de tenir sentit parlar de torn ràpid o torn lent. En canvi, si entenem la torneta com un element auxiliar del modelatge manual, aquesta terminologia prendria la seva raó de ser (SOLAUN, 2005). Si tenim present la comparació etnoarqueològica, podem pensar que la torneta actua, en principi, tant com un estri auxiliar que facilita la tasca de modelatge a mà alhora que allisa i corregeix els possibles defectes de la peça, especialment en concloure el procés, com en una eina pròpia per a la realització d'aquest en tant que també es possible aixecar les parets directament tal com es feia en un torn alt, augmentant la velocitat de revolució.

No entrarem a comentar la realització de peces fetes a motlle, com es el cas de les sigil·lades, que constitueixen una tercera variant productiva. Pel que fa a les dues variants anteriors –ceràmica a mà o a torn, amb tota la problemàtica de diferenciació de criteris–, cal tenir present que els diferents tipus de modelatge emprats deixen una sèrie d'empremtes a la peça que, en analitzar-les ens permeten conèixer amb prou aproximació el tipus de factura, tant de forma macroscòpica com microscòpica. El modelatge a mà deixa com a principals vestigis en la peça, analitzada des de l'òptica macroscòpica, la presència d'empremtes digitals, marques de colpejat, desigualtats en els gruixos de la peça i, òbviament, absència de marques de torn; mentre que, en l'anàlisi microscòpica, l'absència d'alineació en les inclusions sol posar en qüestió la utilització del torn per als alçats de les parets. En canvi, l'orientació preferent de les inclusions majors constituint microestructures de rotlles relictos sol ser una prova evident de l'ordit. En modelar els rotlles individualment, s'exerceix una pressió sobre l'argila que fa que les inclusions es disposin alineades amb les parets del rotlle modelat

⁵³ *“Cuando se le imprime velocidad [al torno bajo o torneta] durante los momentos de subida del barro, el régimen de revoluciones debe ser el mismo que el del torno alto, o sencillamente no podría levantarse”* (MATESANZ 1987: 254).

de forma que, en fer una secció transversal del mateix, percebrem les inclusions en una disposició circular. En modelar la peça, la forma macroscòpica dels rotlles generalment es perd, però l'estructura microscòpica roman (*fig. 195*).

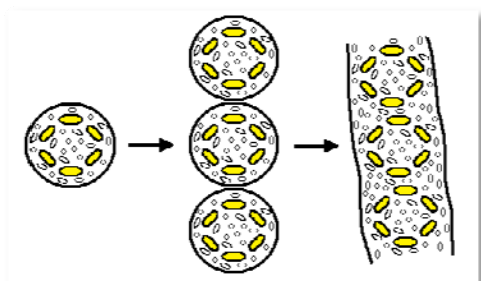


Fig. 195: Representació teòrica de la disposició de les inclusions de majors dimensions en una secció longitudinal d'una ceràmica modelada a rotlle.

Pel que fa al modelatge a torn o torneta, combinar l'observació microscòpica amb la macroscòpica és de gran utilitat per distingir el tipus d'utilització del torn. En general l'ús del torn confereix tant a l'exterior com a l'interior de la peça unes marques característiques, en forma de línies paral·leles a la superfície horitzontal sobre la que es recolza el vas. Aquestes marques són contínues, ben definides, i presenten una gran regularitat, tant en la seva incisió com en la distància entre elles. Acostumen a ser perfectament paral·leles i poc espaiades. La seva presència, juntament amb una gran regularitat del vas i una alineació forta de les inclusions en làmina prima, especialment en secció basal, indica que la peça ha estat modelada a gran revolució, generalment amb un torn alt. Ara bé, si la torneta ha estat emprada a gran revolució per alçar les parets de la peça, el resultat pot ser molt similar.

En particular, quan en l'observació macroscòpica observem empremtes mitjanament definides, no sempre paral·leles i sense mantenir la continuïtat en tota la peça, podent ser visibles en determinades zones i absents en d'altres amb una separació entre elles poc homogènia, podem sospitar d'un modelat o acabat a torneta, especialment si l'alineació de les inclusions en làmina prima no és gaire forta. És possible trobar les traces de rotlles relictos en les mostres observades a microscopi amb les marques de torn anteriorment descrites perceptibles macroscòpicament; en aquests casos és versemblant pensar en un ordit amb l'ajut de la torneta per a l'allisat de les parets i acabat de les peces. Aquestes traces teòriques no sempre són perceptibles per igual en una col·lecció de materials i en l'aproximació microscòpica poden presentar algunes

variables en funció de la secció observada⁵⁴. Afortunadament, I. Whitbread (1996) i P. M. Rice (1987) ofereixen algunes pautes orientatives que prenen en consideració el tipus de seccions realitzades (vertical, horitzontal o basal, i tangencial), el grau d'alineació de les inclusions i la seva possible interpretació.

- **Els tractaments de superfície:**

Finalment, respecte a l'anàlisi de la factura de la peça comentarem una darrera variable, referent al tractament de la superfície. Entenem per tractament de la superfície el procés pel qual es confereix un acabat al vas, amb anterioritat a la cocció i amb diferents finalitats que passen per regularitzar les superfícies i decorar el vas o bé aconseguir una major permeabilitat i permetre una major subjecció (MACÍAS, 1998: 56; Cf. RICE, 1987: 232). En distingim principalment tres –allisat, brunyit o espatulat i aplicació de revestiments– dels quals no tots són igualment perceptibles en observació microscòpica.

L'*allisat* és un tractament que té lloc al final del modelatge quan la peça encara és humida. Consisteix en regularitzar la superfície del vas ja sigui amb la mà o amb l'ajut d'algun estri –com ara un drap humit– per tal de donar-li un aspecte llis i uniforme i dissimular les marques de torn. En l'observació macroscòpica elimina les marques de torn de la cara externa i generalment no es pot detectar a microscopi. El *brunyit* es realitza també amb posterioritat al modelatge, però en un moment posterior, quan la peça encara no s'ha eixugat completament per tal que el procés sigui factible, però no la deformi. Consisteix en friccionar la superfície amb una tela o qualsevol altre objecte més resistent. És perceptible de forma macroscòpica per la lluisor que confereix al vas, gràcies al fet que es produeix una alineació de les partícules en superfície, que reflecteixen la llum totes en la mateixa direcció. També és difícilment apreciable en làmina prima.

Els revestiments –*engalvat* i *vidrat*– s'apliquen sobre la peça un cop eixuta amb l'objectiu de modificar-ne l'aspecte exterior o les propietats. L'engalva és un

⁵⁴ En general treballem amb seccions verticals, però també es útil preparar seccions horitzontals o tangencials (cf. WITBREAD, 1986).

revestiment superficial opac, de naturalesa argilosa i de consistència líquida, que en coure no vitrifica. Per contra, el vidrat atorga una major impermeabilitat al vas; consisteix en un revestiment mineral consistent en una capa de sorres quarsoses amb un fonent alcalí o plumbífer que en coure desencadena un procés de vitrificació, això és, que genera una superfície brillant i compacta de tacte suau. Ambdós són clarament identificables tant macroscòpicament com microscòpicament. En làmina prima s'aprecien diferències texturals i de coloració entre el cos de la peça i les vores que cal descriure en l'apartat referent a la matriu.

- **El procés de cocció:**

Els aspectes tecnològics més importants de la cocció ceràmica que constitueixen un objecte d'estudi freqüent en les aproximacions arqueomètriques en general són el grau o temperatura de cocció i l'atmosfera. El grau o temperatura de cocció pot ésser determinat a partir de diferents aproximacions arqueomètriques (RICE, 1987). Malgrat que la petrografia ceràmica no permet estimar de forma acurada les temperatures de cocció, si que aporta una informació genèrica sobre la natura de la cocció, és a dir, permet identificar peces cuites a baixes temperatures, peces semicuites o peces altament vitrificades. L'indicador principal de la temperatura de cocció en làmina prima és l'activitat òptica de la matriu. Les ceràmiques cuites a baixa temperatura o durant un període de temps relativament breu mostren una activitat òptica alta, mentre que les ceràmiques cuites a alta temperatura durant un període de temps sostingut perden aquesta activitat a causa de la vitrificació de la matriu.

De manera semblant, hi ha altres canvis que també són indicadors del grau de cocció i que venen determinats per la mineralogia de la mostra o la seva microestructura (WHITBREAD, 1995: 366 – 367). La biotita, la serpentina, l'hornblenda (en general la majoria d'amfíbols), l'estauroлита o la calcita, acostumen a ser bons indicadors del grau de cocció. La biotita, que generalment presenta coloració castanya o ataronjada en NP amb un grau de pleocroisme molt alt, en ésser cuita a altes temperatures perd el seu pleocroisme i el seu color d'absorció esdevé castany molt fosc o negre, perdent l'activitat òptica en NX. De forma similar, l'hornblenda sol canviar el seu color

d'absorció de verd a castany fosc i la serpentina es transforma de gris verdós o verd a castany vermellós o colors rogencs. En canvi l'estauroлита es torna altament pleocroica i passa de verd fosc a castany fosc.

A més, entre 700 – 850°C es produeix la reacció de dissociació de la calcita ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). Si en aquest moment s'atura la cocció, com que l'òxid de calci és higroscòpic, en atreure l'aigua es produeix la reacció $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}[\text{OH}]_2$ i forma hidròxid càlcic, de volum superior a la calcita, i la peça s'esquerda o s'escantona per acabar en el seu trencament. Tanmateix, a temperatures superiors a 900°C, el calci es recarbonata ($\text{Ca}[\text{OH}]_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$) i es forma una de les formes de calcita secundària⁵⁵ o bé reacciona amb els fil·losilcats de l'argila i es formen els silicats de calci (wol·lastonita) alhora que la matriu vitrifica i s'evita el trencament (PICON, 1995; RICE, 1987). Per tant, la detecció i anàlisi de l'estat de la calcita en làmina prima – parcialment dissolta, en forma de calcita secundària, etc.– pot aportar certa informació sobre el grau de cocció. Igualment, la microestructura de la mostra reflecteix traces del grau de cocció. Quan es produeixen coccions a altes temperatures durant un període de temps sostingut, la vitrificació de la ceràmica allibera gasos que generen nombroses vesícules, perfectament arrodonides, amb formes similars i espaiats reduïts. Quan aquest grau de vitrificació esdevé molt alt, de vegades és possible d'apreciar les antigues inclusions i textures com a formes relictos.

Pel que fa a l'*atmosfera de cocció*, tradicionalment podem distingir entre coccions *oxidants*, quan hi ha una presència d'oxigen abundant durant tot el procés de cocció, i *reductores* quan l'oxigen és escàs o inexistent. El procés, certament, presenta una complexitat molt major (PICON, 1995: 285) ja que no sempre és fàcil controlar les atmosferes dels forns, especialment en les coccions sense estructures construïdes. Tot i així, l'observació macro- o microscòpica de la coloració de les mostres permet fer

⁵⁵ Cal tenir present que com a resultat d'un període molt prolongat de temps que pot durar segles o milers d'anys, els fragments poden presentar algunes transformacions respecte al seu estat inicial. La transformació més evident és la presència de calcita secundària d'origen postdeposicional, resultant de la circulació de fluids amb un alt component calcari. Cal distingir aquest tipus de calcita de la calcita generada en una fase posterior a la seva dissolució durant el procés de cocció (CAU, DAY, MONTANA, 2002).

aproximacions fiables a les atmosferes de cocció. El principi general és que les coccions en atmosfera oxidant confereixen a les peces una coloració rogenca o ataronjada, mentre que les coccions reductores confereixen a les pastes colors grisos o negres. Les seccions molt sovint mostren diferències de coloració entre els marges i el centre de les mostres. Aquest fet pot ésser utilitzat per interpretar en major detall el procés de cocció: per exemple, una pasta amb les vores vermelloses o castanyes i el centre de colors grisencs pot representar una oxidació incompleta de la mostra degut a un període de cocció massa breu. De la mateixa manera, peces en teoria cuites en atmosfera reductora poden presentar zones vermelloses tant a l'interior de la secció com als marges, en funció del control del tancament del forn que hagi tingut lloc durant la cocció.