



Capítol 3

**INTRODUCCIÓ GENERAL A
L'ARQUEOMETRIA I ESTAT DE LA
QÜESTIÓ DE L'ARQUEOMETRIA DE LA
CERÀMICA IBÈRICA**

3.1 La caracterització arqueomètrica de la ceràmica: Introducció general a la Provenença i la Tecnologia.

La ceràmica va ésser el primer material artificial que els humans varen produir i es va convertir en el material d'utilització més popular durant tota la història. En art i en arqueologia, el terme ceràmica normalment només s'empra per a designar els productes de la terrisseria, és a dir, els productes del l'art tradicional plàstic de l'argila (*ceràmica arqueològica*). En ciència de materials, en canvi, aquest terme és molt més ampli i genèric. Inclou entre d'altres coses també els materials utilitzats per a la construcció o els productes industrials (Matson, 1982; Rice, 1987). En el present treball, s'emprarà amb el seu significat de *ceràmica arqueològica*, essent un material imprescindible per a l'estudi arqueològic, ja que s'empra per a la datació d'un jaciment i la interpretació dels canvis ocupacionals d'un territori. El seu estudi forma la base de partida per a l'establiment de patrons econòmics i socio-polítics i ha d'ésser considerat necessàriament a l'hora de l'estudi del comerç.

3.1.1. La caracterització de la ceràmica

Es poden distingir dues categories diferents de l'estudi ceramològic (Rice, 1987):

- a. la caracterització i l'estudi de la tecnologia ceràmica.
- b. l'ecologia ceràmica.

En el primer cas s'estudia exclusivament la ceràmica cuita, és a dir el producte ceràmic, amb la finalitat de definir la seva provenença i difusió, o la seva tecnologia de producció i funcionalitat. En el segon cas, en canvi, el producte ceràmic es compara amb les argiles naturals que possiblement s'han emprat com a matèries primeres per a la seva fabricació. Aquest estudi es destina a la determinació de les possibles seleccions que fa el mateix ceramista a l'hora de la producció de la ceràmica (argila, desgreixador, temperatura i ambient de cocció, etc.). Per a la realització d'aquest tipus d'estudis es mostregen les

matèries primeres necessàries per a la reproducció de la ceràmica i s'experimenta amb elles (Matson, 1965).

Renfrew (1977) defineix sis aspectes de l'estudi de la ceràmica, que poden constituir un estudi complet:

- a. La seva funció i especialment la relació de la seva forma amb la seva funció.
- b. La seva plasticitat, de forma que permet, dintre d'uns límits, la lliure selecció de la decoració i forma del producte ceràmic amb la consegüent informació sobre les característiques de la mateixa societat o sobre les seleccions personals de l'artesà.
- c. La seva caracterització, ja que és un material artificialment produït amb unes propietats físiques, químiques i mineralògiques específiques.
- d. La seva tecnologia i datació, que proporciona informació cronològica sobre l'estrat arqueològic de la seva deposició i el coneixement tecnològic de la seva època.
- c. El seu ús, ja que la ceràmica és un material porós i pot retenir residus orgànics i inorgànics que es poden identificar mitjançant diverses tècniques de caracterització, amb la consegüent identificació del seus continguts.
- d. La subsegüent història que representa, ja que la seva deposició en l'estrat arqueològic ofereix una possible aproximació per resoldre problemes sobre els processos de formació del mateix estrat.

En canvi, Hench (1971; 1) defineix la caracterització de la ceràmica com la seva descripció qualitativa i quantitativa. Els mètodes escollits per la realització d'aquesta caracterització poden ser simples o complexes però han de descriure les propietats d'aquest material mitjançant uns estàndards *precisos, objectius i reproduïbles* (Rice, 1987). Malgrat que la *precisió* i la *reproductibilitat* són factibles, l'*objectivitat* absoluta no és possible, ja que la

interpretació dels resultats sempre es fa per persones i per tant, necessàriament, porta a la subjectivitat.

A nivell de la caracterització per desenvolupar un estudi complet del material ceràmic, en primer lloc, es poden descriure les seves propietats macroscòpiques com ara el color, la textura, les inclusions no plàstiques, etc. (Buxeda *et al.*, 1995). La classificació de la ceràmica basada en la descripció macroscòpica es pot realitzar emprant el mètode heurístic o treballant amb mètodes matemàtics (Buxeda *et al.*, 1991). En segon lloc, es poden definir les seves característiques físiques, com ara les seves propietats mecàniques, microestructurals, magnètiques, elèctriques, tèrmiques. Per completar, es pot identificar la seva composició química, mineralògica i petrogràfica.

3.1.2 La provenença

L'objectiu bàsic dels estudis de provenença de ceràmica, com el seu nom indica (*provenir = tenir l'origen*), és trobar el lloc del seu *origen*, és a dir l'àrea geogràfica de la seva fabricació que presenta unes característiques geològiques específiques, o el lloc específic de la seva producció, el seu taller o forn. Les maneres tradicionals que s'empraven i encara s'empren en arqueologia per a localitzar aquests llocs, són dues: a) basant-se en el criteri d'abundància o b) en la disposició espacial. En el primer cas se situa la producció d'un tipus específic de ceràmica a l'àrea on es localitza amb més freqüència. En el segon cas, l'existència de troballes que es poden relacionar amb la producció ceràmica (forns, abocadors, ceràmica sobrecuïta en gran quantitat, instruments del ceramista, etc.) en un jaciment indiquen una producció local (Rice, 1987). Malgrat això, progressivament es va establir una relació entre l'arqueologia i les diverses tècniques d'anàlisi. Com ha posat de relleu Trigger (1988), les relacions entre l'arqueologia i les ciències biològiques i físiques es poden considerar anteriors al desenvolupament de la mateixa disciplina arqueològica, ja que varen començar clarament al segle XVII gràcies a la Royal Society of London. Tot i això, probablement no serà fins el final del segle XVIII que es començarien a aplicar els estudis analítics sobre la ceràmica

amb la finalitat exclusiva de realitzar el seu estudi tecnològic, mentre que serà cap al final del segle XIX i principis del XX que començarien a generalitzar-se els estudis analítics encaminats a la caracterització de la seva provinença. Durant el segle XX es desenvoluparien i s'estandarditzarien els mètodes fisico-químics d'anàlisi (Buxeda i Cau, 1995). Al mateix temps, amb l'evolució de la informàtica i l'aplicació dels principis i tècniques estadístiques es podien manejar grans volums de dades.

Els anys 70 i 80 es posaran les bases del marc teòric dels estudis de provinença (Picon, 1973; 1984; Weigand *et al.*, 1977; Schneider *et al.*, 1979; Bishop *et al.*, 1982; Harbottle, 1982; Olin i Franklin, 1982; Jeffrey i Bennet, 1989) i es començaren les propostes per concretar les definicions bàsiques entre els arqueòlegs i arqueòmetres, malgrat que mai s'arribà a una concertació. El 1982, Harbottle (1982;16) dóna les primeres possibles definicions arqueomètriques de l'origen (*origin*) o l'àrea font (*source*), el centre productor (*production center*), la provinença (*provenance*) i el caràcter importat o local (*imported or local*). D'acord amb ell, algú es pot referir a **l'àrea font** (*source*) només per expressar el lloc de provinença de les matèries primeres (per exemple d'un aflorament d'argiles o d'una mina de metall, etc.). La paraula **origen** (*origin*), en canvi, és molt més genèrica i també es pot utilitzar per a designar l'àrea de producció o el taller. El **centre productor** (*production center*) es refereix amb exactitud al taller ceràmic: a on hi ha forn o indicis de haver-hi hagut producció ceràmica. No és ni l'àrea productora, ni l'àrea font de les matèries primeres, més aviat, pot ésser equiparat amb **l'origen**. La **procedència** només s'hauria d'aplicar per definir el lloc de la troballa de la ceràmica i no el lloc del seu origen o de la seva producció, com molt historiadors ho empren, ja que aquest últim seria la **provinença** (*provenance*). Els arqueòlegs normalment es refereixen a la ceràmica local com a associada o propera al centre productor. A vegades només es caracteritza com a local la ceràmica d'una tipologia específica, segons el criteri d'abundància, i tota la resta del material es considera importat. En arqueometria, com veurem detalladament més endavant, el caràcter local d'una ceràmica normalment es defineix químicament i, fins el present, molts científics consideraven la ceràmica que presentava una composició diferent com a importada (Harbottle,

1982). Aquestes definicions encara són imprecises i com a tal s'han de definir amb molta més exactitud. **Local**, arqueomètricament, hauria d'ésser considerada una producció ben classificada (i no tan sols químicament) que es pot associar amb certesa absoluta a un taller. Tot el material que és diferent respecte a aquest material local, segons el grau de similitud s'hauria de considerar **mal classificat** o **no classificat** i només quan ja el seu origen aliè està assegurat analíticament s'hauria de considerar com a importació.

La utilització de tècniques analítiques per a la determinació de l'origen de la ceràmica es basa en unes assumpcions bàsiques formulades tenint en compte només la composició química. El conjunt d'aquestes hipòtesis s'expressa en el **Postulat de Provenença** (*Provenience Postulate*) (Weigand *et al.*, 1977; Rands i Bishop, 1980). El Postulat de Provenença va ésser proposat per primera vegada per Weigand, Harbottle i Sayre el 1977 (Weigand *et al.*, 1977; 24) i proposa que les diferències en la composició química entre dues àrees fonts naturals (*natural source*) diferents són, d'una manera que pot ésser reconeguda, molt més elevades que les diferències dins d'una única àrea font. És a dir, que les **variacions composicionals** (diferències en la composició química) entre diferents àrees fonts són més altes que dins de la mateixa àrea font (Bishop *et al.*, 1982: 301). El 1987, Rice, aprofundint la proposta anteriorment referida, explica que si per a la fabricació de la ceràmica tipus A es va emprar una argila procedent d'una àrea font X i per a la fabricació d'un altre tipus de ceràmica B es va emprar una altra argila procedent d'una altra àrea font Y, llavors, si aquests dos tipus de ceràmica A i B s'analitzessin químicament, s'hauria de reconèixer clarament que varen ser fabricades partint de dues argiles diferents (Rice, 1987; 414).

Els mateixos, Weigand, Harbottle i Sayre (1977) donen l'equació que relaciona tot els possibles components de la variació, és a dir les **variàncies** (*variances*), en una anàlisi composicional:

$$S_T^2 = S_N^2 + S_S^2 + S_A^2 \quad (1)$$

Totes aquestes variàncies es refereixen a les contribucions de la variació en les concentracions d'un element químic específic en una mostra. Aquí el terme "mostra" no s'empra amb la seva accepció de "mostra" treta d'un individu ceràmic, sinó que defineix la "mostra" d'una població, és a dir, en el cas de la ceràmica, un grup de individus ceràmics trets del mateix conjunt (població). En aquesta equació S_T és la **variància total**, S_N és la **variància natural** de l'àrea font, S_S és la **variància del mostreig**, deguda als errors comesos quan es treu la mostra per a l'anàlisi de cada individu ceràmic, i S_A és la **variància analítica** que es deu als errors de la quantificació pels diversos mètodes analítics.

Malgrat això, la relació de la composició química de l'argila i del producte ceràmic depèn també d'altres factors. En primer lloc, la ceràmica no està composta només pels minerals argilosos. D'acord amb Picon (1973) les matèries primeres necessàries per a la manufactura de la ceràmica es poden separar en tres grans categories: a) **minerals argilosos** (argiles que formen la pasta de la ceràmica), b) **desgreixadors o inclusions naturals** i c) **desgreixadors o inclusions adicionades** (*tempering*). Els dos últims també s'anomenen col·lectivament **inclusions no plàstiques** (*nonplastic inclusions*) i només es poden distingir basant-se en criteris específics petrogràfics o en el criteri d'abundància (Picon, 1973). Les argiles poden tenir caràcter residual, llavors s'anomenen primàries, però també, poden ésser sedimentàries, en aquest cas s'anomenen secundàries. En el primer cas, es troben dipositades a la mateixa àrea que les roques mares, de les quals s'han format. En canvi, en el segon cas, es dipositen a certa distància de l'àrea on es varen generar, transportades mitjançant una gran varietat de sistemes de transport (aquàtic, eòlic, etc.). Tot i així, en tots dos casos, contenen **inclusions naturals** (fragments de la roca mare o tot tipus de partícules que es varen arrossegar durant el procés de sedimentació). En segon lloc, la fabricació de la ceràmica es desenvolupa en varis passos. Moltes vegades abans d'emprar l'argila per a la manufactura de la ceràmica, aquesta es decanta. Altres, es barreja amb d'altres argiles, no necessàriament procedents de la mateixa font o de la mateixa àrea geogràfica. En alguns casos s'addicionen altres substàncies al material argilós, els **desgreixadors adicionats** (*temper*), per a què el producte ceràmic tingui unes propietats específiques en funció del seu ús

(Steponaitis, 1984; Cuomo di Caprio, 1985; Arnold, 1992). També és possible que per a la manufactura del material ceràmic s'empri una argila importada i un desgreixador local o viceversa (Bennet *et al.*, 1989a). Definitivament, és molt possible que el producte ceràmic no presenti una relació composicional directa amb els **minerals argilosos**. A més, cal no oblidar les variacions químiques degudes als canvis mineralògics (Maggetti, 1981; Heimann, 1982; 1989;) que es produeixen durant el curs de la cocció de la ceràmica (Maniatis *et al.*, 1981; Kilikoglou *et al.*, 1988). Per tant, en l'equació (1) s'haurien de tenir en compte les possibles diferències químiques degudes a la diversificació durant la fabricació.

Igualment, s'hi haurien de considerar altres factors que podrien afectar la variabilitat química en un grup ceràmic encara que fossin de la mateixa producció. Aquest factors són, d'una banda, les alteracions i/o contaminacions químiques postdeposicionals de la ceràmica (Freeth, 1967; Millet, 1967; Matson, 1971; Duma, 1972; Franklin i Hancock, 1981; Franklin i Vitali, 1985; Picon, 1991), que es produeixen en el curs del seu enterrament, i també les alteracions i/o contaminacions degudes a l'ús de la mateixa ceràmica (Cackette *et al.*, 1987; Béarat, 1990) i d'una altra, les alteracions i/o contaminacions degudes al mateix procés de preparació de la mostra treta de l'individu ceràmic per a la seva anàlisi (Attas *et al.*, 1984), produint en tots els casos un problema de pertorbació en les dades químiques (Buxeda, 1999a).

Després de la identificació de tots els problemes anteriorment esmentats, la Provenença, progressivament, s'ha centrat en l'estudi dels **tallers** de producció ceràmica (*workshops*) o **centres productors** (*production centres/sites*) o en la investigació sobre els **centres receptors o consumidors** (*consumption centres/sites*) (Bennet *et al.*, 1989a) i a l'estimació del caràcter monogènic o poligènic dels conjunts ceràmics (Buxeda, 1999a, 1999b; Buxeda i Kilikoglou, 2003). Un centre productor s'identifica com a lloc on s'han trobat un o varis **tallers** de ceràmica, és a dir s'ha localitzat un o varis **forns** (*kiln site*), o almenys un o varis abocadors de forn ceràmic. En el cas de l'absència d'aquests indicis arqueològics clars d'haver existit una producció ceràmica en una zona, només es pot parlar d'un centre receptor o consumidor. En el cas

que més d'un centre productor (un o varis tallers/forns ceràmics) utilitzessin les matèries primeres que es troben en la mateixa àrea geogràfica, degut a la existència d'unes característiques geològiques comunes en aquesta àrea, podria ser extremadament difícil, o fins i tot impossible, distingir analíticament entre les matèries primeres emprades pels diferents tallers existents en aquesta àrea productora. En aquest cas, aquesta zona mínima d'atribució de provinença de les matèries primes, preses com a referència per a la vinculació d'una producció ceràmica a una àrea de producció, es considera una **zona d'incertitud** (*zone d'incertitude*) (Picon, 1984; 428) o una **zona mínima d'atribució de provinença** (Buxeda *et al.*, 1995; 49). Per tant, a una zona d'incertitud, a nivell hipotètic, es poden associar varis tallers de producció. També s'ha de dir que al mateix taller, hipotèticament es poden associar diferents produccions ja que no és necessari que s'emprin les mateixes matèries primeres i que se segueixi la mateixa tecnologia de fabricació contínuament. Tot això, i els factors anteriorment mencionats, que afecten la variabilitat en un estudi analític, multipliquen les dificultats a l'hora d'establir la provinença d'una producció. Una altra complicació, que es podria presentar a l'hora d'un estudi de provinença, és que les matèries primeres d'una producció no procedeixin de la zona d'incertitud (Buxeda *et al.*, 1995) on se situa el taller. Com també suposaria un problema arqueomètric addicional, si dues zones d'incertitud diferents presentessin les mateixes característiques geoquímiques. Llavors seria molt difícil, però no necessàriament impossible, distingir químicament entre dues produccions diferents, de procedència arqueològica desconeguda, associables a aquestes zones (Buxeda *et al.*, 1995). Aquestes zones d'incertitud que presenten unes característiques geològiques idèntiques, però que són zones geogràfiques totalment diferents s'anomenen **zones de conjunció** (Picon, 1984; 431) i poden comportar l'atribució errònia d'una producció ceràmica a un lloc d'origen equivoccat.

En els estudis de provinença basats en la caracterització química, la intenció és identificar **agrupacions** a partir de varis criteris d'avaluació i mitjançant la utilització de diversos mètodes estadístics aplicables sobre dades multivariants, és a dir definir **grups de referència** (GR) (*reference groups*) o **unitats de referència compocitional de pasta** (URCP) (*paste compositional*

reference units). Per a l'establiment de grups de referència (Picon, 1973;105) es classifica químicament el material ceràmic produït amb certesa arqueològica en un taller ceràmic i s'agrupen els individus ceràmics a partir de les seves similituds químiques, i segons criteris d'avaluació estadística. El grup o els grups químicament representatius d'aquest taller s'anomenen grups de referència. Els grups de referència, per tant, sempre disposen d'una procedència arqueològica ben definida, ja que són absolutament associables a un taller específic i es relacionen amb una possible zona d'incertitud. Les unitats de referència composicionals de pasta (Bishop *et al.*, 1982; 290), són també grups de ceràmica establerts a partir de la caracterització de la composició química de la **pasta**, com normalment s'anomena la barreja d'argila o argiles amb materials no plàstics (inclusions), aigua, etc., que el ceramista ha emprat per a la confecció de les ceràmiques (Buxeda *et al.*, 1995). Per tant, sovint les URCP s'anomenen **patrons químics de pasta**. En aquest cas s'agrupen individus ceràmics amb una composició igual o molt semblant, però la procedència real d'aquests individus és incerta, és a dir no es poden associar arqueològicament a tallers ceràmics específics.

Treballant amb un taller específic, intentant definir un o varis GR-s, es treballa a nivell d'incertitud (Buxeda, 1995; Buxeda *et al.*, 1995), ja que, en aquest cas, el problema bàsic és la possible dificultat de la identificació de la zona d'incertitud del taller, degut a la diferència química que pot existir entre les matèries primeres i el producte ceràmic. Al contrari, quan es treballa en la definició d'una o varies URCP-s s'enfronta un problema en un nivell de conjunció (Buxeda, 1995; Buxeda *et al.*, 1995). En aquest cas, no només no es pot relacionar el material ceràmic amb un taller o amb una possible zona d'incertitud específica, sinó que tampoc no es coneix on es podria situar aquesta zona d'incertitud, ja que no hi ha cap informació arqueològica que indiqui la possible provinença del material ceràmic. És possible trobar varies zones d'incertitud amb les mateixes característiques geoquímiques, és a dir zones de conjunció. En aquest cas, és molt difícil identificar la provinença del material analitzat. L'única manera de completar aquest estudi és, en un segon nivell, intentar associar les URCP amb possibles GR, ja identificats. D'aquesta manera es reduiria un problema de conjunció a un problema d'incertitud.

Treballant en un centre receptor, l'única manera de començar l'estudi de provenença és definir les URCP i, desafortunadament, molts treballs de recerca no es proposen, o no es poden proposar, la necessària continuïtat: l'associació dels URCP-s amb GR-s.

La pasta ceràmica, com ja s'ha esmentat anteriorment, es diversifica durant els processos de fabricació i en el curs de la cocció, resultant així en diferents fàbriques. La distribució, freqüència, forma, mida i composició dels components del producte ceràmic (ja cuit) s'anomena **fàbrica** (Whitbread, 1989;127). Aquestes fàbriques també s'han d'identificar, cosa que pressuposa la combinació de l'anàlisi química amb d'altres tècniques de classificació com per exemple l'anàlisi mineralògica o/i petrogràfica. La microscòpia òptica de làmina prima és adequada per a la caracterització de la matriu ceràmica (textura, activitat òptica, color, porositat, etc.) i la identificació dels **desgreixadors o inclusions**, siguin naturals o adicionats. A més, és l'única tècnica capaç de distingir entre la naturalesa antròpica o natural d'aquestes inclusions (Picon, 1973). En aquesta tècnica, el material ceràmic es classifica en diferents **categories o fàbriques petrogràfiques** mitjançant l'anàlisi de la matriu del producte ceràmic i els desgreixadors (Bennet *et al.*, 1989b:12). Paral·lelament, durant el curs de la cocció, es produeixen canvis mineralògics (Heimann, 1982; Maggetti, 1981), químics (Maniatis *et al.*, 1981; Kilikoglou *et al.*, 1988;) i canvis de les propietats físiques, com la microestructura o el color (Picon,1973; Tite i Maniatis, 1975; Dufournier, 1982; Béarat *et al.*, 1989) deguts a l'evolució de la temperatura. Això s'ha de tenir en compte a l'hora de desenvolupar un estudi de provenença. L'única manera de reconèixer les diverses categories mineralògiques de la mateixa pasta ceràmica és realitzar un estudi mitjançant la Difracció de Raigs X. En l'estudi mineralògic es poden separar les fases primàries, és a dir fases que es troben a la ceràmica abans de la cocció, de les fases de cocció, que són fases minerals que es formen durant la cocció segons la temperatura i l'atmosfera. Igualment es poden distingir les fases secundàries, degudes a la formació de minerals per contaminació o/i alteració. A partir dels estudis mineralògics, la ceràmica es classifica en **fàbriques mineralògiques**. Aquestes fàbriques es poden utilitzar per distingir entre materials ceràmics fabricats amb una tecnologia totalment

diferent, o per reconèixer la relació de la pasta ceràmica amb les seves fàbriques derivades durant la cocció. Aquesta relació pot ésser verificada mitjançant un treball experimental (Buxeda *et al.*, 1995). Pel que fa als canvis microestructurals, es poden identificar a partir de diversos mètodes microscòpics com per exemple la Microscòpia Electrònica de Rastreig (Tite i Maniatis, 1975; Tite *et al.* 1982)

En definitiva, els estudis exclusivament basats en la localització de les matèries primeres emprades per a la manufactura del producte ceràmic (ecologia ceràmica) i els treballs basats exclusivament en la caracterització química del material ceràmic, no donen totes les respostes sobre el caràcter d'una producció o d'un taller o sobre l'origen del material ceràmic. La comprensió arqueomètrica del material ceràmic pressuposa la combinació de l'anàlisi química amb d'altres tècniques de classificació. Per tant, la provenença no pot ésser estudiada sense tenir en compte el mateix procés de la producció de la ceràmica.

3.1.3 L'estudi arqueomètric

Els estudis de caracterització de la ceràmica mitjançant tècniques d'enginyeria o l'aplicació de tècniques fisico-químiques d'anàlisi sobre material arqueològic o etnogràfic es defineix com a **Arqueometria** (Rice, 1987; 310) Aquesta definició, en tot cas, és massa estreta per a la descripció d'un treball arqueomètric complet, ja que l'Arqueometria s'hauria d'entendre com un procés d'intentar comprendre la ceràmica al nivell màxim i intentar realitzar una síntesi històrica partint d'unes hipòtesis específiques segons l'interès de la investigació. En aquest sentit, la provenença seria només una part d'un estudi arqueomètric que constituiria la manera d'arribar de la hipòtesi a la síntesi, considerant no només l'origen sinó també la fabricació, l'ús i la deposició a l'estrat arqueològic de la ceràmica, que es poden identificar partir de l'estudi de diverses característiques del material ceràmic (Maggetti, 1982) (*Figura 3.1.3.1*).

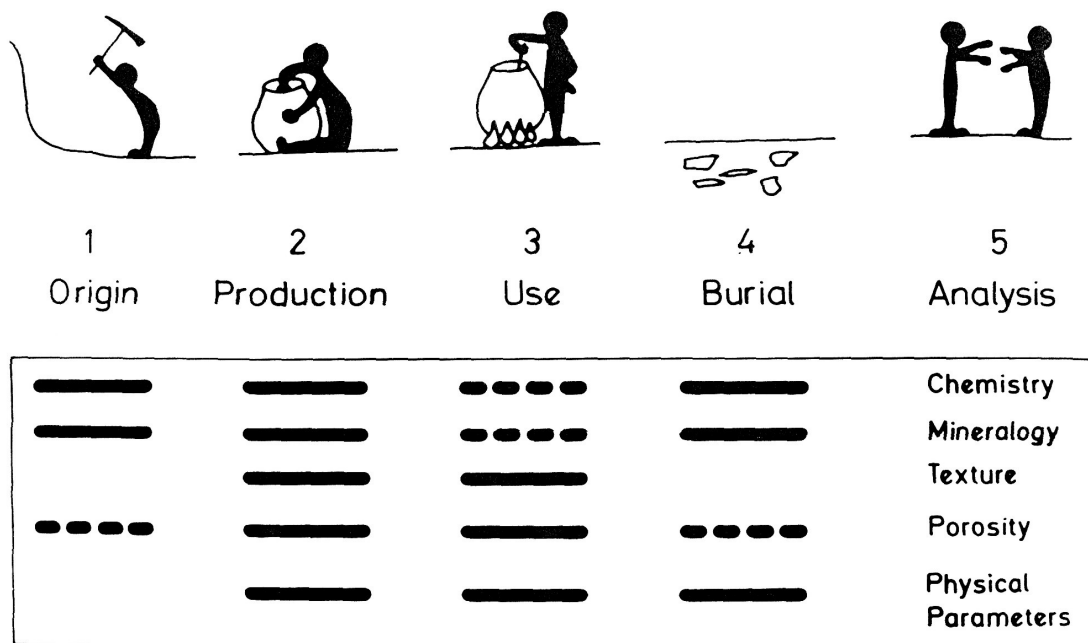


Figura 3.1.3.1: Cinc diferents passos en la vida d'un objecte ceràmic i el tipus d'informació que és possible obtenir sobre aquest cinc passos, a partir de la identificació de cinc diferents aspectes de la ceràmica. (Maggetti, 1982; pp. 122).

Abans de començar el procés d'una aproximació arqueomètrica, s'ha de definir l'objectiu del treball, és a dir l'interès de la investigació. L'arqueometria no és independent de l'arqueologia, malgrat que moltes vegades s'han realitzat estudis arqueomètrics que només s'han concentrat en la caracterització de la ceràmica com a material, sense tenir la continuïtat necessària. Igualment, és necessari per part de l'arqueologia assumir la importància de l'arqueometria, ja que estudia en profunditat la ceràmica a partir de la seva vessant de matèria natural. Un material l'estudi del qual és el punt de partida per a l'establiment de patrons econòmics i sociopolítics i ha d'ésser considerat necessàriament a l'hora de l'estudi del comerç. La producció i difusió del material ceràmic és el mirall de les rutes de comunicació, l'intercanvi de coneixement i de la interacció social, cultural i política.

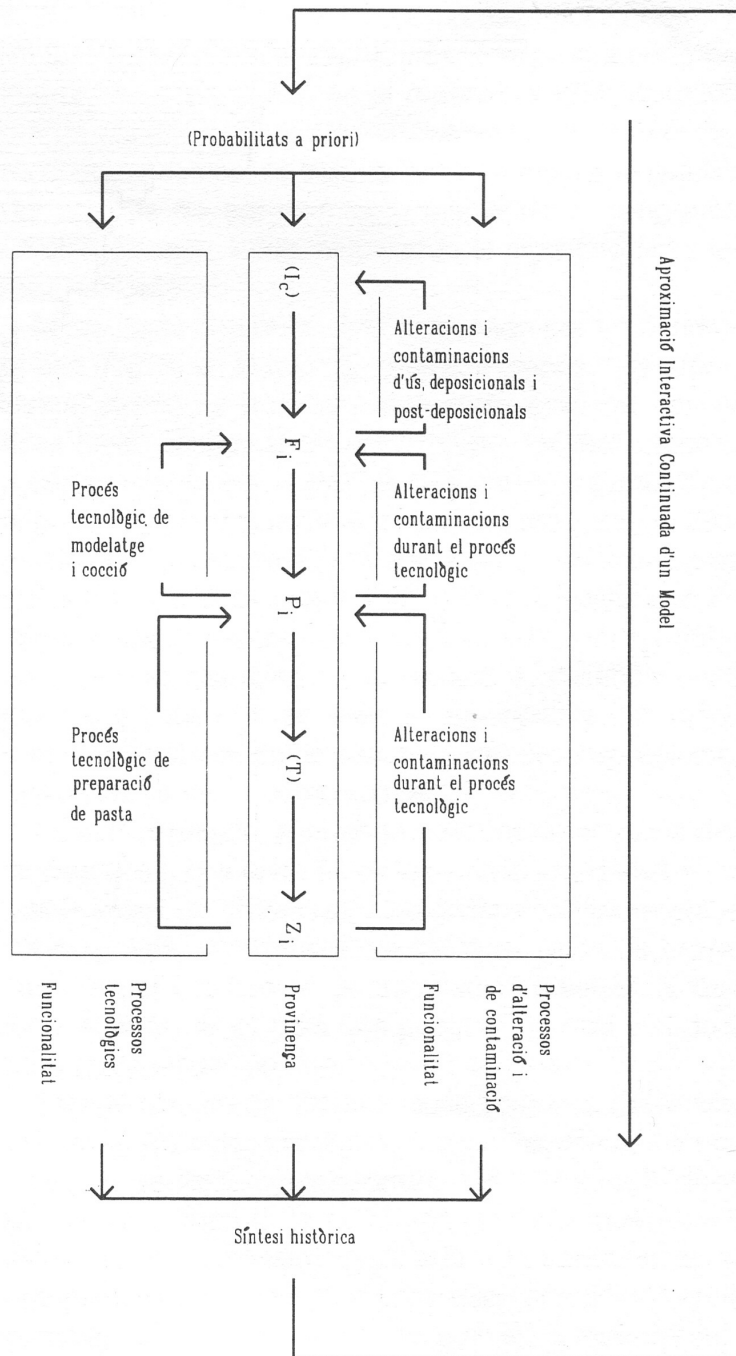


Figura 3.1.3.2: Diagrama de fluxe del procés d'un treball arqueomètric (Buxeda et al., 1995; pp. 46); I_c = individu ceràmic, F_i = fabrica d'incertitud, P_i = pasta d'incertitud, (T) = taller o centre productor, Z_i = zona d'incertitud

El fluxe del procés d'un treball arqueomètric complet es dona per Buxeda, Cau, Gurt i Tuset el 1995 (Buxeda et al., 1995; 46) i es veu en la Figura 3.1.3.2. Segons aquest model, s'ha de començar amb la definició del problema arqueològic, que no serà només una recopilació de l'estat de la

qüestió, sinó que també posarà de relleu les **probabilitats a priori** (*probabilités à priori*) (Picon, 1984; 433), donades per la informació històrica, arqueològica i etnogràfica, que ocupen un paper important a l'hora de prendre la decisió de l'atribució de la ceràmica a un lloc d'origen. Tot això, com també la definició del material ceràmic per a l'anàlisi, és responsabilitat exclusiva de l'arqueòleg. Basant-se en aquestes decisions, es procedirà al mostreig dels individus ceràmics (I_c) segons l'interès de la investigació. El tipus (identitat arqueològica dels fragments ceràmics per estudiar) i la mida de la mostra (nombre de fragments ceràmics per estudiar) dependrà d'aquesta probabilitat a priori (Buxeda *et al.*, 1995). Igualment, per no introduir un error irreversible en l'anàlisi durant el mostreig, és necessària la quantificació anterior dels individus ceràmics (Orton, 1989; 1993; Arcelin i Truffreau, 1998). La manera més convenient de quantificació, des del punt de vista arqueomètric, per la introducció només d'un error de mínima importància a l'hora de definir la mostra (conjunt d'individus tret d'una població), és treballar amb el **nombre màxim d'individus**. En aquest cas s'introduiria només una sobreestimació del nombre dels individus ceràmics (I_c), el que suposaria només un problema de logística a l'hora del desenvolupament del treball arqueomètric (Buxeda, 1995; Buxeda *et al.*, 1995).

Quan les probabilitats a priori ja estan definides i el mostreig ja està realitzat, comença l'estudi de provenença intentant arribar de l'individu ceràmic (I_c) a la identificació de la seva zona d'incertitud (Z_i). Considerant els aspectes de variabilitat introduïts per la fabricació, ús i deposició del material ceràmic respecte de les matèries primeres emprades per a la seva fabricació (en la Figura 3.1.3.2 el procés d'estudi arqueomètric començant de Z_i i arribant a I_c). Cada **individu ceràmic tret per anàlisi** (I_c) serà igual a l'individu ceràmic en l'estat com es rep (I_{ECSR}) (*ceramic individual in as received state*) (Buxeda *et al.*, 1995; 46). En un primer nivell, el material ceràmic es classifica a partir de les **fàbriques** (F_i), tenint en compte que cada fàbrica estarà representada per un o més d'un individu. En un segon nivell, començarà el procés d'investigació sobre la tecnologia de producció, modelatge i cocció del material ceràmic intentant identificar les **pastes** que han donat com a resultat les fàbriques ja identificades. La identificació de les pastes, com ja s'ha explicat detalladament

en l'apartat 3.1.2, pot ésser realitzada amb la definició dels GR-s o, si no és possible, de les URCP-s. La mateixa pasta pot resultar en vàries fàbriques degut a la diversificació del procés de producció. Les pastes donaran les característiques d'una o vàries produccions d'un taller (T) o centre productor. Hipotèticament, una o més d'una pasta es podrà associar al mateix taller. I finalment, s'intentarà associar el taller a una zona d'incertitud (Z_i), tenint en compte que en cada Z_i hi haurà possiblement un o més d'un taller.

Per simplificar l'estudi provenença i minimitzar els problemes, seria molt important conèixer arqueològicament, abans de començar l'estudi, el taller ceràmic d'on provenen els individus, que també seria el lloc on hipotèticament s'han produït. És a dir, si és possible s'hauria de treballar directament amb centres productors (Picon, 1984). Així, només seria necessari treballar a nivell d'incertitud. En el cas que això no sigui possible (per exemple si es treballa amb centres receptors), s'hauria d'afrontar el problema a nivell de conjunció i seria necessari intentar reduir els problemes mitjançant l'associació de les URCP a GR, baixant el grau a nivell d'incertitud. S'ha de tenir en compte, malgrat tot, que no sempre és possible definir la Z_i i no sempre es pot arribar al coneixement de l'origen de les matèries primeres, ja que no és necessari que el (T) s'ubiqui a la mateixa Z_i . Moltes vegades, en aquest estudi, s'arriba només fins a la identificació de la producció o les produccions d'un taller, és a dir fins el (T) en la figura 3.1.3.2 (això si es treballa amb GR), i altres, només fins a la identificació de la o les pastes a partir les seves "empremtes químiques", és a dir fins a la P_i en la figura 3.1.3.2 (si es treballa només amb URCP).

En el mateix diagrama de fluxe (*Figura 2.1.3.1.*), també es pot observar que, paral·lelament al desenvolupament del treball per definir la provenença (Z_i) del material ceràmic (conjunt dels I_c), es desenvolupa un estudi de la tecnologia de la producció de la ceràmica i dels processos d'alteració i/o contaminació deguts a l'ús de la ceràmica o a la seva deposició en l'estrat arqueològic. Per tant, durant el procés d'un estudi arqueomètric s'estudia: a) *l'origen*, b) *la tecnologia de la fabricació o la producció*, c) *l'ús i funció*, i d) *les condicions d'enterrament* de la ceràmica. Aquest diagrama, també posa de relleu la necessitat de combinació de diferents tècniques analítiques.

3.2. Estat de la qüestió de l'estudi arqueomètric de la ceràmica ibèrica

El coneixement de les possibles àrees de producció, de la difusió i de la tecnologia de producció de les àmfores ibèriques a partir d'estudis arqueomètrics ha tingut un abast limitat degut, d'una banda, al baix nombre de mostres estudiades, que no permet inferències clares sobre les produccions originals, i, d'una altra, al fet que aquests estudis s'han dut a terme sense partir de la caracterització de grups de referència o unitats de referència composicional de pastes. La caracterització arqueomètrica de ceràmiques arqueològiques és un camp de la ciència ben establerta, però en continu desenvolupament. Els estudis realitzats, amb especial incidència a finals dels 80 i durant els 90, han posat de relleu la complexitat de la realitat a estudiar que obliga a un avenç metodològic i, a més, a una adequació teòrica.

3.2.1 Estudis arqueomètrics sobre la ceràmica ibèrica i sobre les àmfores ibèriques: estat de la qüestió

Els estudis arqueomètrics sobre produccions ibèriques s'inicien en el nostre país en un moment d'inicis dels 70, especialment a partir dels treballs de la Universitat de València (Antón, *et al.* 1972; Antón, 1973; Aranegui i Antón, 1973). L'objecte d'aquests primers estudis són les ceràmiques ibèriques valencianes procedents de diferents jaciments i, també, algunes peces de ceràmica grisa, ceràmica engalbada i arcaïtzant. En aquest treballs, per primera vegada, es poden trobar algunes consideracions generals sobre les matèries primeres d'una ceràmica i referències als canvis mineralògics que pot presentar la seva composició original en el curs de la cocció. Tot i que aquests autors analitzen un nombre molt limitat d'individus, emprant exclusivament la tècnica de Difracció de Raigs X per realitzar un estudi tecnològic sobre les seves temperatures i atmosferes de cocció, intenten fer algunes comparacions entre les peces de les diferents àrees de procedència per poder classificar-les.

Durant els anys 80 es realitzarien nous treballs i, malgrat que queden limitats a l'àrea valenciana i al sud peninsular, aporten noves dades sobre les ceràmiques ibèriques, amb la combinació de diverses tècniques analítiques (Sierra, 1981; Martín Bueno i García Martínez, 1981; González Vílchez *et al.*, 1983; 1985a; 1985b; 1988; Gancedo *et al.*, 1985; Rincón, 1983; 1985a; 1985b; 1985c; Castelo i Rincón, 1986; Galván, 1980-81; Galván i Galván, 1985; 1987; 1988; Ruíz Beviá *et al.*, 1989).

Alguns d'aquest estudis es dediquen a la investigació de les possibles matèries primeres utilitzades per a la producció de ceràmica ibèrica, estudiant paral·lelament la tecnologia de la seva fabricació. Sierra (1981) compara la composició química i mineralògica d'algunes mostres de ceràmica ibèrica procedents del jaciment de la "Fuente de la Mota" (Barchín, Conca) donada l'abundància de la ceràmica en el jaciment i la coneguda tradició de terrissa a l'àrea, amb la composició original de les argiles procedents de localitats pròximes com el poblat del "Rincón de San Miguel" i el "Valverdejo" ubicats a la Valle de Cerro, i treu la conclusió que podrien ser produïdes *in situ*.

Martín Bueno i García Martínez (1981) fan un pas endavant, efectuant experiments de cocció sobre una mostra d'argila procedent del poblat de "San Antonio Puesta" (Baix Aragó). Partint de la suposició que podria haver estat emprada per a la fabricació de la decoració de la ceràmica ibèrica de l'àrea, observen que només amb una correcta utilització de la temperatura i atmosfera de cocció podria aquesta matèria primera formar una pel·lícula estable a la superfície de la ceràmica.

Malgrat això, els estudis que es podrien caracteritzar d'una qualitat suficient dins del marc de l'arqueometria són els treballs de González Vílchez, García Ramos i González García (1983; 1985a; 1985b; 1988). Aquests investigadors, el 1983 (González *et al.*, 1983), estudien 20 mostres procedents de 16 individus, dels quals 4 són àmfores ibèriques, trobades al jaciment de Cerro Macareno (Sevilla), datats des del Final del Bronze fins al Període de l'Ibèric Tardà, i quatre tipus diferents d'argiles, procedents d'àrees properes al jaciment. Finalment, mitjançant l'Anàlisi Químic, l'Anàlisi Tèrmica Diferencial,

la Difracció de Raig X i experiments de cocció, aconseguen l'establiment de la naturalesa mineralògica i les possibles temperatures de cocció d'aquest material ceràmic. A més, identifiquen de les argiles al·luvials de naturalesa il·lítica amb alt contingut en quars, trobades al mateix jaciment, com la matèria primera utilitzada per a la fabricació d'aquestes peces. Els mateixos autors, el 1985 (González *et al.*, 1985b), estudien la composició química i mineralògica, la tecnologia de producció i les possibles matèries primeres emprades per a la fabricació de 25 àmfores procedents del mateix jaciment, datades des del Període Orientalitzant fins al període Ibero-Romà. A més, realitzen l'anàlisi dels elements traces mitjançant l'Activació Neutrònica. Així, arriben a la conclusió que la major part de les àmfores podrien ser de producció local, fabricades amb argiles procedents dels sediments propers al jaciment, però també observen que quatre dels individus analitzats deuen ser d'origen palestí o fenici. El mateix any, també realitzen l'estudi d'uns altres 18 fragments de ceràmica ibèrica (González *et al.*, 1985a) de la mateixa època i del mateix jaciment, emprant les mateixes tècniques. Al final d'aquest estudi estableixen quatre grups diferents, segons els materials utilitzats per a la seva producció: 1) el grup de les ceràmiques produïdes d'argiles metamòrfiques procedents del N del jaciment, 2) el grup de les ceràmiques produïdes d'argiles calcàries locals, procedents del mateix Cerro Macareno, 3) el grup de les ceràmiques produïdes d'argiles calcàries d'importació, i 4) el grup d'altres argiles variades (locals o de importació). Més endavant, aquest autors (González *et al.*, 1988) continuen amb la identificació dels "pigments" decoratius d'algunes peces ja estudiades en els treballs anteriors.

Altres investigadors en canvi, es limiten a l'estudi del material ceràmic, a les comparacions entre mostres i als intents d'aconseguir un nivell mínim d'agrupacions. Entre ells, hi ha alguns que segueixen metodologies d'èpoques passades, realitzant simplement una caracterització mineralògica sobre un nombre limitat de mostres (Rincón, 1985; Castelo i Rincón, 1986) amb finalitat d'obtenir informació del procés de la seva cocció. Altres estudis complementen l'anàlisi del Difracció de Raigs X amb la utilització d'altres tècniques analítiques com ara la Microscòpia Electrònica de Rastreig i l'observació en el Microscopi Binocular (Galván i Galván, 1985; 1987) o empenen una combinació diferent de

tècniques analítiques com l'Espectroscòpia Mössbauer combinada amb l'Espectroscòpia d'Absorció Atòmica i l'Estudi Petrogràfic (Gancedo *et al.*, 1985), però no aconsegueixen sobrepassar els límits d'una simple explicació de la composició química-mineralògica i d'algunes indicacions sobre la tecnologia de producció del material analitzat, sense cap intent de fer una anàlisi completa i elaborar-ho amb la finalitat de definir grups de referència. Tot i que en alguns casos ja apareixen referències a alguns conceptes d'alteració i contaminació i a l'addició de materials no plàstics (desgreixadors) al cos ceràmic (Gancedo *et al.*, 1985). El nombre de mostres analitzades en aquest estudis encara és molt limitat.

Entre els estudis dels anys 80, cal, però, destacar els treballs realitzats per Gracia, que suposen sens dubte el millor estudi tecnològic disponible fins el present (Gracia, 1980), i la caracterització de diverses produccions de l'àrea valenciana realitzada mitjançant petrografia sobre làmina prima per Echallier, Jehenne i Jullien (Echallier i Jehenne, 1985; Echallier i Jullien, 1985), malgrat que, tampoc, no varen tenir la necessària continuïtat. M. Gracia García (1980), per primera vegada en la història científica espanyola, recull tota la informació existent a principis del 1980 sobre els diferents mètodes físico-químics aplicables als estudis de provenença, tant pels estudis de provenença com per a la datació de la ceràmica. Explica quina és la informació que pot subministrar cada tècnica, fent referència també a les seves limitacions. A més, estudia exhaustivament la provenença i la tecnologia de diversos tipus de ceràmica grega (àtica, sud-itàlica) i de ceràmica ibèrica (pintada, grisa, feta a mà) procedent del jaciment de Lora del Río (Sevilla). Combina l'Espectroscòpia Mössbauer, l'Espectroscòpia d'Absorció Atòmica, la Difracció de Raig X i l'examen petrogràfic per Microscòpia Òptica sobre làmina prima. També efectua experiments de cocció. Dóna els seus resultats detalladament. Examina totes les possibles probabilitats, calculant els errors que poden presentar algunes tècniques d'anàlisi. Aporta dades de gran valor sobre les tècniques aplicades en la cocció de la ceràmica grisa i pintada. Aconsegueix establir una provenença comuna per totes les peces de ceràmica grisa analitzades i observa que, petrogràficament, el material ceràmic a mà podria ser fabricat de matèries primeres locals.

Més tard, el 1985, Echallier, Jehenne i Jullien aconseguen la caracterització de diverses produccions de l'àrea valenciana estudiant petrogràficament un nombre suficient (76) d'individus de diferents tipus de ceràmica ibèrica (ceràmica ibèrica fina a torn i pintada, ceràmica ibèrica fina a torn no decorada i ceràmica comuna ibèrica), procedent de tres jaciments diferents arqueològics: 1) "El Campello" (Alacant, País Valencià), 2) "Albufereta" (Alacant, País Valencià), i 3) "Puig Serreta" (Alcoi, País Valencià). Definitivament, separen 14 produccions ceràmiques diferents associables amb sis zones d'incertitud diferents, totes ubicades al País Valencià. Aquests autors, també, comencen a tractar detalladament alguns temes especialment importants des del punt de vista arqueomètric, com per exemple la importància de la presència de diferents desgreixadors en el cos ceràmic i la influència de la temperatura de cocció sobre les diferents pastes argiloses. Són els primers en la història científica dels estudis sobre ceràmica ibèrica, que fan esment a les relacions entre els diferents grups tipològics i les fàbriques petrogràfiques. En els seus estudis complementen l'anàlisi petrogràfica amb la Diffracció de Raigs X i l'Anàlisi Tèrmica Diferencial.

Durant els anys 90, els escassos estudis dedicats a les ceràmiques ibèriques tampoc varen significar un avanç molt important per al coneixement arqueomètric d'aquestes produccions (Doménech *et al.*, 1990; Mata *et al.*, 1990; Millán *et al.*, 1990; Boix *et al.*, 1995;). La majoria dels autors que varen realitzar aquests estudis continua emprant les tècniques habituals, donant només informació descriptiva sobre algunes característiques mineralògiques o químiques de la ceràmica ibèrica. Cap d'aquests estudis no comprèn un nombre suficient d'individus, ni, tampoc, es basa en la definició de GR o URCP.

L'únic estudi químic quantitatiu d'aquesta dècada, és el de Domènec, Bosch i Gimeno (1990) sobre sobre 11 individus ceràmics ibèrics i romans procedents de varis jaciments del País Valencià. Aquest treball analític es realitza per Fluorescència de Raigs i s'empra un mètode de correcció dels efectes interelementals, que, a vegades, dificulten la correcta identificació de varis elements químics. Malgrat tot, degut d'una banda al nombre reduït

d'individus analitzats i al caràcter heterogeni del conjunt de les peces analitzades, ja que comprèn diverses tipus de ceràmica (àmfores, comunes, etc.), datades a diferents períodes (ibèric, romà) i procedents de diferents jaciments, i d'una altra al fet que aquest estudi no parteix de la definició de GR-s o URCP-s que forma la base metodològica de la provenença, els resultats d'aquest estudi es poden considerar d'importància limitada.

3.2.2 Estudis arqueomètrics sobre la ceràmica ibèrica en l'àrea Catalana

No serà fins la dècada dels 90, que els estudis arqueomètrics tractaran alguns aspectes de les ceràmiques ibèriques de l'àrea catalana, tot i que, no suposen un nombre suficient d'individus estudiats, en el marc de grups de referència (Alastuey, 1991; Conde, 1991; Pradell *et al.*, 1995a) i no van tenir la necessària continuïtat.

Als principis dels 90, Alastuey efectua l'anàlisi mineralògica i geoquímica de les pastes i dels vernissos de 21 individus ceràmics procedents de sis jaciments diferents, Roques del Sant Formatge (Seròs), Sant Salvador (Almenar), Sant Faduc (Almenar), Puig Pelegrí (Lleida), Tossal de les Tenalles (Sidamon) i El Vilar (Valls), i les compara amb les argiles tractades a diferents temperatures de cocció, procedents dels mateixos llocs. Arriba a les conclusions que les ceràmiques ibèriques de vernís vermell pertanyen a la mateixa producció i que aquesta podria ser local. Observa, també, que les matèries primeres que es varen emprar per a la fabricació de la pasta són les mateixes que varen ser emprades per a l'elaboració dels vernissos. A més, dona informació sobre els aspectes tecnològics d'aquesta producció. Diu que les peces es van sotmetre a un curs de cocció amb un rang de temperatura màxima entre els 800 i els 900°C, sota una atmosfera reductora durant l'escalfament i oxidant durant la fase de refredament.

El 1991, Maria Josep Conte i Berdós amb la col·laboració de Montserrat Baucells i Josep M. Socias, realitza un estudi arqueològic i analític sobre les produccions de *kálathoi* d'Empúries. Aporta dades sobre les formes, les

decoracions, la cronologia, el context arqueològic d'aquests envasos i les característiques de la pasta a partir de la seva observació macroscòpica. També efectua l'anàlisi química d'aquest material mitjançant la tècnica de la Fluorescència de Raigs X. A partir de l'estudi de les característiques morfològiques del material, arriba a la definició de cinc grups diferents. D'acord amb la caracterització química, després d'emprar una anàlisi de conglomerats, aconseguix identificar tres grans grups químics corresponent a diferents classes de pasta.

L'any 1995, Pradell, Martín, García-Vallés i Vendrell-Saz empen, models estadístics per a la transformació de les dades multivariades i són els primers que aconseguixen identificar diferents agrupacions químiques. Estudien la composició química i mineralògica de 51 fragments de ceràmica ibèrica pintada i de ceràmica monocroma grisa grega, datada al voltant del 550 a. C., i procedent dels diferents jaciments ubicats a l'Illa de'n Reixac i al Puig de Sant Andreu d'Ullastret. L'anàlisi química es realitzà amb Fluorescència de Raigs X i els resultats es transformen emprant un tractament estadístic multivariant per establir, en primer lloc, les correlacions entre les mostres i, en segon lloc, per després realitzar una anàlisi de conglomerats. Els resultats els permeten determinar dos grups químics corresponents a dos produccions diferents però també poden observar que el calci presenta una variació progressiva, la qual cosa podria indicar una mateixa àrea font per a la procedència de les matèries primeres, ja que el calci presenta normalment una alta variació natural. En canvi, l'estudi tecnològic basat en la composició mineralògica dels individus mitjançant la Difracció de Raig X, indica l'existència de dues produccions radicalment diferents. La primera és la de la ceràmica ibèrica pintada, per a la fabricació de la qual s'escollien argiles poc calcàries. L'atmosfera de la seva cocció és oxidant i les temperatures arriben als 950°C. La segona és la de la ceràmica grisa grega, per la fabricació de la qual s'utilitzen argiles molt menys calcàries i una atmosfera de cocció reductora amb un rang de temperatures que no passen dels 800-900°C.

Com es pot observar, els estudis arqueomètrics sobre les ceràmiques ibèriques són molt limitats, especialment pel que fa l'àrea catalana. A més,

generalment, es poden considerar parcials, sense haver tingut la continuïtat necessària o a vegades sense tenir cap finalitat útil des del punt de vista arqueològic o arqueomètric. De tots els treballs anteriorment esmentats, cal destacar el de González Vilchez *et al.*, 1985b, que és l'únic estudi centrat exclusivament a l'anàlisi d'àmfores ibèriques i per tant és d'un interès especial per al nostre projecte.

Finalment, cal indicar que, des de finals dels 90 i inicis del segle XXI, s'està desenvolupant un treball aprofundit de caracterització de les àmfores ibèriques de la zona catalana que ha donat, almenys a nivell preliminar, alguna informació sobre l'existència de diverses produccions, tant en l'àrea de la Laetània com de la Cossetània (Buxeda i Madrid, 2004; Tsantini, 2004; Tsantini *et al.*, 2005a i 2005b).

