

Capítol 5
LA CARACTERITZACIÓ
ARQUEOMÈTRICA DE LES ÀMFORES
IBÈRIQUES ESTUDIADES:
RESULTATS

Fotografia : www.fluryco.com

5.1 Mostreig, probabilitats a priori, metodologia analítica i pla de treball desenvolupat

5.1.1 Selecció dels jaciments, mostreig i descripció del material seleccionat per a anàlisi

La nostra Tesi Doctoral té com a finalitat abordar l'estudi arqueomètric i tecnològic en profunditat de les àmfores ibèriques datades entorn dels segles IV-II aC i procedents de la zona que avui en dia seria el litoral i prelitoral de l'àrea catalana (l'antiga Laietània i Cossetània), d'algunes localitats puntuals de la Ribera d'Ebre, Alt Empordà i Osona (l'antiga Austenania i la societat Indigeta i Ilercavona), de les Illes Balears i alguns punts de la costa central i meridional del País Valencià (l'antiga Edetania i Contestania).

D'aquesta manera, en primer lloc, volíem obtenir un millor coneixement sobre les possibles àrees de producció i sobre la difusió d'aquests contenidors ceràmics, proporcionant d'aquesta manera informació sobre les rutes comercials entre les diverses zones costaneres de Catalunya i el País Valencià, algunes zones properes a la costa Catalana i les Illes Balears. D'aquesta manera es podran fer hipòtesis sobre les pràctiques comercials i els models econòmics, almenys a nivell dels intercanvis en l'interior del nord-est de la Península Ibèrica abans de la romanització.

En segon lloc, el nostre objectiu era generar informació sobre els materials i els processos tecnològics que han intervingut en la manufactura d'aquests contenidors, per poder observar el nivell dels coneixements tecnològics dels Íbers en les diverses zones i, així, donar nova llum al coneixement del món ibèric.

Finalment, amb la definició de les propietats mecàniques, volíem obtenir informació sobre si les àmfores ibèriques eren adequades per al transports o si podrien ésser utilitzades principalment per l'emmagatzemament dels productes

agraris. En el cas que s'adeqüessin al transport, en interessava saber per quin tipus de transport es podrien haver fet servir, per un transport a curta o a llarga distància i, de quina manera, de manera consecutiva o puntual.

Tota aquesta informació suposa un avenç important en el coneixement de la tecnologia de producció del món antic i dota tant als estudis arqueològics de ceràmiques ibèriques, com als arqueomètrics, amb dades específiques sobre els centres productors i receptors d'aquest material.

Per a poder desenvolupar el treball arqueomètric degudament i poder obtenir informació sobre el possible origen i la difusió d'aquests contenidors s'ha inclòs en l'estudi material procedent de diferents tipus de jaciments: possibles centres productors i possibles centres receptors (Figura 1.2.1.1; Capítol 1). Concretament, els jaciments seleccionats per l'àrea laietana inclouen la necròpolis del Turó dels dos Pins (Cabrera de Mar), Can Bartomeu (Cabrera de Mar), l'abocador de Vista Alegre (Mataró), el forn ibèric de la Riera de Sant Simó (Mataró), i el poblat ibèric de Puig Castellar (Sta. Coloma de Gramenet). L'àrea cossetana està representada per individus procedents del jaciment d'Alorda Park (Calafell), de Hortes de Cal Ponts que és un altre taller ibèric important en l'àrea de Vilafranca del Penedès. A mateixa zona, igualment, s'han mostrejat el camp de sitges ibèriques del Vinya d'en Pau o Vinya de Torelletes i el jaciment de la Font dels Ígols o Font de Mas Pollina. En aquest treball, a més, s'inclouen individus procedents de localitats puntuals del nord est de la Península Ibèrica com ara el poblat ibèric de Castellet de Banyoles (Tivissa), el assentament de Mas Castellar (Pontós) el poblat del Camp de les Lloses (Tona). Finalment, hem inclòs individus procedents del jaciments de les Illes Balears com ara Trepucó (Menorca) i Sa Punta des Padró (Mallorca) i d'una sèrie de jaciments de València i Alacant. Els jaciments Edetans estudiats corresponen a centres receptors i són, El Puntal dels Llops (Olocau), Castellet de Bernabé (Llíria), Tossal de Sant Miquel (Llíria), La Muela de Arriba (Requena), Los Villares (Caudete de las Fuentes), Moralaga (Sinarcas) i La Bastida d'Alcusea o de les Alcusses (Moixent). En canvi, els

individus procedents del Contestània corresponen, majoritàriament, a la producció del taller Campello (Illeta de Banyets), tot i que quatre procedeixen del poblat d'Illeta de Banyets.

Així doncs, per a realitzar el nostre treball d'investigació el nombre total dels fragments estudiats ha estat de 469 en la Taula 5.1.1.1 (ANNEX II: Apèndix de les Taules). Aquí, es poden distingir les zones estudiades amb els jaciments corresponents, el tipus d'aquests jaciments, el tipus del material mostrejat per a cada jaciment, concretament, el tipus de les àmfores estudiades i la seva cronologia i, finalment, el nombre dels individus inclosos en el estudi i el nombre total dels individus estudiats. Igualment en l'**ANNEX I** es dona l'inventari de tots els individus mostrejats per la nostra tesis doctoral.

5.1.2 Probabilitats a priori

Segons els fonaments de la provenença exposats en el Capítol 2, per poder treballar en el nivell d'incertitud (N_i) i definir una **zona d'incertitud** (*zone d'incertitude*) o **una zona mínima d'atribució de provenença** és necessari treballar sobre un taller (taller d'incertitud T_i) establint el grup o els **grups de referència** (*GR*) d'aquest taller. Per a l'establiment de grups de referència 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 provenença arqueològica ben definida, ja que són absolutament associables a un taller específic i es relacionen amb una possible zona d'incertitud (Capítol 2, apartat 2.1.2.). En els casos que no disposem d'una provenença arqueològica ben definida, degut a la manca d'informació arqueològica més concreta, estem obligats a treballar al **nivell de conjunció** (N_c) i intentar definir les **unitats de referència composicionals de pasta** (URCP) (Capítol 2, apartat 2.1.2). Aquests grups serien també grups de ceràmica establerts a partir de la

caracterització de la composició química, però en aquest cas s'agrupen individus ceràmics amb una composició igual o molt semblant, de provenença arqueològica incerta.

Així doncs, ja que hem pogut estudiar tres possibles centres productors relacionat, amb tres zones geogràfiques diferents (Riera de Sant Simó/Laietània; Hortes de Cal Pons/Cossetània i Campello/Contestània), en primer lloc, esperem poder distingir calrament entre les produccions relacionades amb aquest tallers identificant, si és possible, els seus grups de referència. En segon lloc, espem que el marerial que tipògicament presenti alguna similitud amb alguna d'aquestes produccions es pugui relacionar amb ella, sense que aixó vulgui dir que hagi d'estar necessàriament classificat dins d'aquesta producció.

Concretament, pel que fa a la zona de la Laietània, d'acord amb la informació arqueològica i tipològica de la que disposem, sabem que la majoria de les àmfores procedents dels jaciments de la Laietània presenten la mateixa tipologia (2B), que ha estat definida com de producció laietana. Per aquesta raó, esperem que la major part del material analitzat presenti tal nivell de similitud química, que indiqui almenys un origen geoquímic comú o molt semblant, sense que això vulgui dir que s'hagin de produït totes necessàriament al mateix taller. És a dir, esperem que la ceràmica que es difongué en la zona costanera de la Laietània sigui molt similar químicament i, que possiblement, es tracti de ceràmica de producció Laietana, tret els quatre individus procedents del Turó dels Dos Pins (AMI019, AMI020, AMI021 i AMI054) que han estat identificats tipològicament com de producció cossetana (subtipus: 2C). Per a aquests últims, esperem diferències químiques significatives en comparació amb la resta del material, ja que és possible que pertanyin a una producció diferent. És possible, a més, que presentin algunes similituds amb les àmfores analitzades per a la zona cossetana.

Ara bé, a partir de les definicions donades al Capítol 2, amb **centre productor** s'anomena el **taller ceràmic**, és a dir on hi ha forn o indicis clars de haver-hi hagut producció ceràmica. Per tant, en el nostre cas, el jaciment de la Riera de Sant Simó (Capítol 1, apartat 1.2.1) es podria considerar un centre productor o un taller. El caràcter ibèric dels forns en aquest jaciment es va establir a partir del material ceràmic recuperat, que corresponia a àmfores ibèriques i ceràmica comuna a torn. L'escassetat d'importacions al jaciment impedeix la datació exacta de l'assentament, si bé el funcionament d'aquests forns se situa entre els segles III i II a.C. Paral·lelament, sabem que l'abocador de Vista Alegre es considera l'abocador d'aquest forn, per la seva proximitat i pel tipus de material que s'hi ha trobat. Si en realitat Vista Alegre fos l'abocador de Riera de Sant Simó, llavors aquest dos assentaments representarien un únic taller o centre productor. A partir d'aquesta informació, suposem que tots els individus mostrejats en aquests jaciments haurien de presentar tal nivell de similitud química, que ens hauria de permetre classificar-los en la mateixa producció.

Malgrat tot, en les dues excavacions realitzades en la Riera de Sant Simó gran part del material s'abandonà *in situ* i els forns es varen tapar. El material recuperat, d'altra banda, està molt fragmentat. Així doncs, la informació que existeix en el present sobre aquest taller és molt limitada i l'única inferència sobre el material que produïa aquest forn és que probablement eren àmfores i ceràmica comuna. En el Museu de Mataró, es troba només una part del material procedent d'aquests forns i nosaltres hem caracteritzat només vuit individus. Paral·lelament, com ja hem esmentat anteriorment, el jaciment de **Vista Alegre** es considera l'abocador del forn de la Riera de Sant Simó, però en realitat no sabem si aquest dos jaciments es poden o no relacionar.

En el cas dels altres dos jaciments laietans estudiats de Cabrera del Mar (Can Bartomeu i Turó dels Dos Pins), no hi ha cap indicatiu clar de haver-hi hagut

producció d'àmfores ibèriques, per tant, en el present, només es poden considerar com a centres receptors.

En aquest cas, llavors, ja que, disposem d'un taller (Riera de Sant Simó) i un abocador, malgrat que sabem amb certesa que es pugui o no associar a aquest taller, esperem que el grup identificat sigui el Grup de Referència d'aquest centre productor i per tant treballerem a **nivell de incertitud** (N_i).

D'altra banda, la variabilitat que esperem per a les àmfores procedents d'aquests quatre jaciments esmentats és menor que la que esperem pel jaciment de Puig Castellar, ja que les àmfores analitzades procedeixen del recinte 19, que s'ha identificat com a dipòsit. Per tant, aquest material no necessàriament hauria d'ésser homogeni. A més, Puig Castellar es troba en una zona geològica diferent de la resta dels jaciments, la qual cosa pot significar tant diferències químiques com tecnològiques, pel material procedent d'aquest mateix jaciment, respecte de la resta dels individus.

Com a centres productors s'han estudiat dos tallers ibèrics a la zona de Vilafranca del Penedès que són les Hortes de Cal Pons (o Coral Nou de Pontons) i la Font dels Ígols (o Font de Mas Pollina de Pontons). Tots dos jaciments, d'acord amb la poca informació arqueològica de la qual disposem, corresponen a tallers ceràmics que semblen produir bàsicament ceràmica ibèrica comuna i, degut al fet que s'hi varen trobar també àmfores, se suposa que també podrien haver produït àmfores. El material mostrejat per al taller de Les Hortes de Cal Pons inclou majoritàriament ceràmica comuna (grans olles, gerres i bols) i algunes àmfores ibèriques que s'han trobat als voltants d'aquest taller. Varem incloure aquest jaciment en el nostre estudi per l'escassa existència de forns de l'època que estudiem a la zona Penedesenca, malgrat que, d'acord amb l'informació arqueològica sembla haver produït només ceràmica ibèrica comuna. Part del material estudiat procedeix del nivell superficial i dels voltants d'un d'aquests forns. Ara bé, hipotèticament, hi haurien sigut forns ibèrics funcionant a aquest jaciment. És, per tant, probable que

cada un d'ells hagi produït la seva pròpia ceràmica amb unes característiques pròpies. Així doncs, si durant l'estudi químic observem l'existència d'un o més grups químic homogenis que compreguin només individus del centre productor de les Hortes de Cal Pons, esperem que aquests siguin els Grup de Referència d'aquest forn.

D'altra banda, el jaciment de la Font dels Ígols està situat molt a prop del taller ibèric de les Hortes de Cal Pons. Les primeres prospeccions d'aquest jaciment les va efectuar Pere Giró i Romeu, qui va suposar l'existència d'un taller perquè va localitzar nou suports per a la cocció de ceràmica i gran quantitat de ceràmica ibèrica d'una tipologia molt homogènia, bàsicament gran bols, plats, etc. Malgrat tot, aquest fet no prova, sinó només indica la possible existència d'un taller ibèric i, per tant, no es pot confirmar arqueològicament si hi havia un forn ibèric funcionant en aquesta zona concreta. A més, no podem saber amb certesa si el material analitzat per a aquest jaciment podria provenir d'aquest forn o dels seus voltants i, tampoc, si existeix alguna possibilitat que les àmfores ibèriques estudiades estiguessin produïdes en el mateix lloc que la ceràmica ibèrica mostrejada d'aquest jaciment. Segons l'esmentat anteriorment i treballant amb molta cautela, estem obligats, també en aquest últim cas, a treballar al nivell de conjunció (N_c) intentant definir algunes possibles Unitats de Referència Composicionals de Pasta (URCP). Finalment, cal destacar que les àmfores estudiades per als dos jaciments majoritàriament corresponen al tipus 2C cossetà i, per tant, és molt probable que es puguin relacionar amb aquesta zona productiva.

L'últim dels jaciments estudiats a la mateixa zona és la Vinya d'en Pau o Vinya de Torrelletes correspon a un camp de sitges ibèriques. Les sitges eren sistemes d'emmagatzematge de gra, que quan ja no servien per a guardar el gra, es reutilitzaven com a abocadors, on s'abocava la ceràmica que ja no servia. Per tant, aquest últim jaciment és un possible centre receptor en aquesta zona. La variabilitat que esperem pel material analitzat de la Vinya de Pau és molt més elevada de la que esperem pels dos jaciments anteriorment

esmentats. Això, no només perquè es tracta de un centre receptor, sinó perquè les àmfores recuperades en aquest jaciment i incloses en aquest estudi presenten, malgrat el seu caràcter fragmentari, una tipologia variada.

Aquest, però, no es el cas de l'últim jaciment estudiat per la zona cossetana, Alorda Park (Callafell, Baix Penedès), que malgrat que, en el moment només es pot considerar com a un centre receptor, sembla presentar una certa homogenïtat tipològica amfòrica, majoritàriament corresponent a una variant freqüent a la zona cossetana. Les àmfores procedents d'aquest jaciment i incloses en aquest estudi tret una única excepció (AMI053), s'han definit com a tipus 2C. Aquests tipus contè les variants típiques de la costa meridional catalana. D'aquesta manera, malgrat que estem obligats a treballar al nivell de conjunció (N_c) i intentar definir les unitats de referència composicionals de pasta (URCP), ja que es tracta d'un centre receptor, esperem que el material analitzat tingui una relació química més estreta amb material procedent de la cossetània que les àmfores recuperades en els jaciments laietans.

Un altre centre productor que hem inclòs en la nostra Tesi Doctoral és el del Campello que pertany a la Contestània ibèrica. Les àmfores estudiades en aquests cas, procedeixen de l'abocador del forn del Campello (Illeta de Banyets; Alacant), tret quatre individus (AMI358, AMI359, AMI360 i AMI361), que venen del poblat ibèric de l'Illeta de Banyets. Hipotèticament, en un abocador es podrien trobar àmfores de tot tipus, ja que no només s'hi llença el material amb defectes de fabricació, sinó tot tipus de material malmès. Tot i així, les àmfores mostreigades d'aquest abocador per a aquest estudi presenten una tipologia homogenia, que correspon a la típica producció Ribera I-3 d'aquest forn. Malgrat això, hi ha evidències que en el jaciment del Campello (sobretot al poblat) també s'han localitzat altres tipus del llevant (Ribera I-5), fins i tot cossetans (probablement 2C). En aquest cas, hem de treballar d'ambdues maneres. A **nivell d'incertitud (N_i)** per poder definir algun GR característic del taller i a **nivell de conjunció (N_c)** pels individus procedents del poblat i els que

puiguin ésser diferents tot i procedir de l'abocador. En general, tot i així, esperem, que aquestes àmfores contestanes presentin diferències químiques significatives respecte a la resta del material estudiat per a la costa Catalana.

Pel que fa als individus procedents de les Illes Balears, ens enfrontem amb un problema molt greu, el caràcter fragmentari dels individus recuperats no ens ha pogut proporcionar cap informació sobre la seva tipologia. Ara bé, d'acord amb la informació arqueològica, la presència de les àmfores ibèriques constitueixen una part ínfima de les importacions i fins el moment es considera que no hi ha hagut produccions locals, sinó que es tracta de material importat amb un repertori tipològic majoritàriament valencià, entre els quals es troben algunes àmfores ibèriques arcaiques (segle V-IVa. C.), del tipus I-1, I-2 i algunes de producció posterior, tipus Ribera I-3, que són els mateixos que es produeixen al taller de Campello. Igualment, s'ha documentat l'existència d'àmfores ibèriques de tipologia iberocatalana (Guerrero, 1993), concretament cossetana (subtipus 2C).

Un dels conjunts més importants i cronològicament tancats d'àmfores ibèriques importades s'ha trobat al derelict de Binissafúller, enfonsat a la costa Menorquina. En aquest peci el carregament principal estava format per àmfores cartagineses (Mañá D-1A i B), ebusitanes (PE-16) i grecoitàliques, hi havia una part d'àmfores ibèriques. Tot i que, per l'estat excessivament fragmentat d'aquestes àmfores no s'han pogut classificar totes tipològicament, majoritàriament són representades pel tipus I-3 de Ribera, igual que les del Campello. En aquest cas hem pogut, mostrejar set fragments d'àmfores. Malgrat tot, es possible que les alteracions i/o contaminacions que es produïxen en l'ambient marí impedeixin trobar qualsevol relació amb qualsevol producció que es pugui identificar dins del marc d'aquest estudi. D'aquesta manera només podem partir de l'escassa informació arqueològica que disposem. Aquest fet té com a conseqüència que l'única hipòtesis *a priori*, que podem formular, aquest moment, sobre les àmfores ibèriques procedents de

les Illes Balears és que és possible que es puguin relacionar amb alguna producció cossetana o amb la producció del Campello.

Finalment, la tipologia de les àmfores procedents de localitats puntuals de l'Ausetania (Camp de les Lloses), l'Indigeta (Mas Castellar de Pontòs) i per la Illercavonia (Castellet de Banyoles), és variada i només podem esperar de poder classificar-les dins d'algunes de les produccions identificables en el marc d'aquest estudi arqueomètric.

5.1.3 Metodologia analítica, condicions analítiques i rutina analítica

Tots els individus s'han caracteritzat químicament per Fluorescència de Raigs X (FRX) i s'ha procedit a la seva caracterització mineralògica per Difracció de Raigs X (DRX).

L'anàlisi química s'ha desenvolupat, com ja s'ha explicat en el Capítol 3, apartat 3.3.2, sobre la pols de les mostres triturades i homogeneïtzades, després del polit de les superfícies antigues, en un molí de boles dins d'una cel·la de carbur de tungstè, prèviament assecada en una estufa a 105°C durant 12 h. Així s'aconsegueix l'evaporació completa de la humitat. Per a la quantificació dels elements majors, s'han preparat duplicats de perles (amb diàmetre de 30 mm) barrejant 0.3 g d'espècimen amb 5.7g de tetrabotat de Li (LiBO_4) (dilució 1/20) i fonent-lo a 1150°C, emprant un forn d'alta inducció Perl' X-2. Per a la quantificació dels element traça, en canvi, s'han preparat pastilles barrejant 5 g d'espècimen amb 2 ml de reïna sintètica (Elvacite 2044 al 20% en acetona). Aquesta barreja s'ha posat en una càpsula d'alumini amb una base d'àcid bòric i finalment les càpsules s'han sotmès a una pressió de 200 kN durant 60 s en una premsa Herzog. L'anàlisi s'ha efectuat amb un espectròmetre Philips PW 2400 equipat amb una font d'excitació de Rh. Per a completar les dades, igualment, s'ha calculat la pèrdua al foc (PAF) a partir de calcinacions de 0.3 g de la pols de les mostres a 950°C durant 3h.

Les condicions analítiques estan donades detalladament en la Taula 4.2.2.2 en l'**ANNEX II** La quantificació dels elements s'ha realitzat mitjançant una línia de calibratge configurada amb els 56 patrons dels Estàndards Geològics Internacionals (ANRT, BCS, CCRMP, CRPG, IGGE, IWG-GIT, MISC, NIST, NIM, SABS, NRC, USGS) esmentats detalladament en el Capítol 4, apartat 4.2.2. Les interferències, degudes a la inestabilitat electrònica, han estat contemplades i corregides. La correcció dels efectes matrius per a les pastilles s'ha aconseguit amb el calibratge i matemàticament, amb la utilització de paràmetres derivats de manera experimental. Pel que fa a les perles, una dilució de 1/20 és suficient per minimitzar aquests efectes. La precisió i exactitud real d'aquesta tècnica, com ja hem explicat analíticament en el Capítol 4, ha estat estimada comparant els resultat obtinguts sobre els diferents estàndards (Hein *et al.*, 2002).

La metodologia analítica emprada per a l'estudi mineralògic ha estat el mètode de pols. Hem utilitzat un difractòmetre *D500* de *SIEMENS* i un difractòmetre *PANalytical X'Pert PRO alpha1* (radius = 240 mil·límeters). En ambdues casos s'ha emprat la radiació K_{α} del Cu ($\lambda = 1.5418\text{\AA}$) com a feix incident i un monocromador grafit (C_4) en el feix difractat (monocromador secundari) en el primer cas de *SIEMENS D500* i de niobi (Ni) en el cas de *PANalytical X'Pert PRO alpha1*). La potència de treball del difractòmetre *SIEMENS D500* corresponia a 40 kV i 30mA, i del difractòmetre *PANalytical X'Pert PRO alpha1* a 45 kV i 40 mA. Els mesuraments $\theta / 2\theta$ s'han realitzat en ambdues casos entre 4 i $70^{\circ} 2\theta$. En el primer cas, amb una mida de pas de $0.05^{\circ} 2\theta$ i un temps de comptatge de 3s per a cada pas, i en el segon, amb una mida de pas 0.017° i un temps de comptatge 50s per a cada pas. La rotació de la mostra en s'ha efectuat amb una revolució per second. En el cas del difractòmetre de *SIEMENS D500* les diafragmes de divergència del feix incident eren d'una obertura estable (10mm), en canvi, el difractòmetre *PANalytical X'Pert PRO alpha1* disposa d'unes diafragmes de divergència automàtiques i variables per a obtenir cada moment una amplitud màxima del feix incident, igual a 10mm. En cas del difractòmetre *PANalytical X'Pert PRO*, el

dit del cos del feix incident en la superfície de la mostra i del feix difractat d'aquesta, regulat per un altre diafragma de divergència (soler slit), era igual a 0.04 radians i l'amplitud activa en el *X'Celevator* Detector era 2.122 radians. La preparació de les mostres s'ha efectuat sobre 1g de la pols pres de 15 g de cada individu triturat i homogeneïtzat, després del polit del vernís i de les superfícies antigues, en un molí de boles dins d'una cel·la de carbur de tungstè. Aquest 1g de pols s'ha fixat sobre uns portamostres cilíndrics (PW1811/27) amb un diàmetre estàndard de 27 mm i un gruix d'alçada de 2,5 mm exercint pressió manual.

L'estudi de les microestructures i de l'estadi de sinterització s'ha realitzat per Microscòpia Electrònica de Rastreig (MER), emprant un microscopi JEOL JSM-840 equipat amb detectors d'electrons secundaris (ES) acoblats a un aparell de microanàlisi de fluorescència de raigs X per dispersió d'energies (EDX). Per a efectuar l'estudi de les microestructures i de l'estadi de sinterització, les observacions s'han fet sobre la superfície externa de les fractures fresques. Les mostres s'han fixat sobre un portamostres estàndard de metall d'un diàmetre d' 1 cm amb silicona. Per assegurar una bona conductivitat de l'electricitat entre la mostra i la base metàl·lica, tant la mostra com la silicona s'han cobert amb plata i posteriorment s'han recobert també amb carbó. Les observacions s'han efectuat sota una atmosfera de buit, la potència de la del corrent dels electrons en el canó ha estat 20 kV i la intensitat ha estat 1×10^{-9} A.

Pel que fa a les propietats mecàniques, en el nostre cas s'ha calculat la resistència mecànica i la duresa. Per a realitzar el estudi d'aquestes propietats mecàniques els individus s'han tallat en forma de petits maons d'entre 3-4 cm de llarg per 1 cm d'ample, amb un gruix mínim de 0,5 cm amb una serra elèctrica, s'han polit totes les seves superfícies mecànicament (amb làmines de polir de 60 mm i 320 μ m) fins a obtenir maons completament plans amb superfícies absolutament paral·leles. Hem preparat i testat dos maons per cada individu ceràmic per avaluar l'exactitud de la tècnica.

La resistència mecànica s'ha mesurat experimentalment, amb un aparell INSTRON 1195 monitoritzat, exercint càrrega en quatre punts diferents d'unes provetes rectangulars (Figura 4.5.2.4). Posteriorment, s'han avaluat les lectures s'ha determinat la resistència mecànica (estrès de la ruptura transversal: *TRS*) per cada un dels individus, segons l'equació:

$$TRS = [3Pf_x (S_1 - S_2)] / 2bd^2 \quad (49).$$

Els fragments trencats de les mateixes provetes s'han aplicat per l'estudi de la duresa. En el nostre cas, aquest estudi s'ha efectuat amb una premsa hidràulica exercint una pressió corresponent a 30 kg, durant 10 s, amb un diamant de forma piramidal, sobre la superfície de les mostres (Figura 4.5.2.5). El pes suficient per a penetrar en la superfície del material i al mateix temps, no massa elevat per trencar el material (30kg) s'ha calculat experimentalment. Posteriorment, s'han pres les mides de les longituds de les diagonals del senyal de penetració i s'ha estimant la duresa segons l'equació:

$$Hv = 1.8544 [P/d^2] \text{ o: } d = [d_1 + d_2] / 2 \quad (50)$$

on d_1 i d_2 són les longituds de les diagonals del senyal.

5.2 Resultats analítics

5.2.1 Resultats de l'anàlisi química per Fluorescència de Raigs X

La finalitat de l'anàlisi química en el marc dels estudis de provinença, com ja hem dit, és comparar els individus analitzats a partir de la seva composició química i intentar definir agrupacions. La quantitat d'informació inclosa en les dades composicionals pot ésser, però, gran i l'única manera d'organitzar-la és emprant diferents tècniques estadístiques. Tot i així, si el tractament estadístic no es fa amb molta prudència (Capítol 4, apartat 4.3), es poden obtenir resultats erronis degut als problemes que presenten les dades composicionals per si mateixes (Aitchison, 1986; Buxeda, 1999a). Per a evitar

els problemes que presenten aquestes dades, s'ha efectuat la transformació en logaritmes de raons de les concentracions de tots els elements detectats per FRX segons les consideracions d'Aichison. En aquesta transformació s'ha utilitzat com a divisor l'element químic més estable, seguint la proposta de Buxeda.

Un dels passos més importants en un estudi químic, ja que l'objectiu és comparar la composició entre individus, és calcular d'alguna manera la variació existent dins del conjunt d'aquestes dades. La manera més simplificada per a controlar aquesta variabilitat dins d'un conjunt de dades composicionals és la definició de la matriu de variació composicional (MVC) (Buxeda i Kilikoglou, 2003). Aquesta matriu inclou tota la informació necessària per a mesurar la variabilitat en les dades composicionals, com per exemple la variació total i el grau de variabilitat introduïda per cada element químic al conjunt de dades. La variació total (vt) quantifica la variabilitat continguda en un conjunt de dades. Quan aquesta variació és alta, per exemple supera el valor de 0.3, es pot considerar com a probable que el conjunt analitzat no sigui químicament monogènic, sinó poligènic (composició química heterogènia). En el cas que el conjunt de dades mostri una composició química heterogènia s'ha de comprovar primer que aquesta heterogènia no es degui a la presència d'alguna alteració o/i contaminació postdeposicional (que es produeix durant el enterrament) o, que no sigui resultat de les diferències entre les temperatures coccó dels individus. Quan estem segurs que l'alta variabilitat no es deu a cap dels casos anteriorment esmentats, llavors podem dir que els fragments analitzats no pertanyen a la mateixa, sinó a diferents produccions. L'heterogènia de la composició també podria ser resultat de l'existència d'individus que no es poden classificar dins del grup i/o grups identificats. La matriu de variació s'utilitza igualment, per a definir l'element químic menys variable que podria servir com a divisor en la transformació en logaritmes de raons.

La variació total, d'altre banda, està relacionada amb les **distàncies Euclidianes** entre els individus. Aquestes distàncies es prenen com a base en

alguns algorismes aglomeratius que s'utilitzen en gràfics per a resumir i visualitzar els resultats de l'estudi de les dades químiques.

Pel que fa al procés d'anàlisi química, cal esmentar que dels 30 elements que es poden identificar amb l'espectròmetre de FRX (Capítol 4, apartat 4.2) del qual disposem als Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona, hi ha alguns que des del començament no es poden considerar durant l'estudi dels resultats per diversos raons. Els elements Mo i Sn, en la ceràmica, presenten, generalment, concentracions per sota dels seus límits de regressió (sota dels límits de lectura de la màquina de FRX), és a dir no es poden detectar degudament. Per això, els valors d'aquests elements no es poden considerar a l'hora de l'estudi de les dades químiques. Els valors de W i Co tampoc es poden considerar, ja que poden estar contaminats degut al molí de boles equipat amb una cel·la de carbur de tungstè que fem per polvoritzar i homogeneïtzar els espècimens. Finalment, cal destacar que, l'exactitud de detecció dels elements en les nostres dades es troba dins dels límits recomanats, tret del P_2O_5 . Aquest element conjuntament amb el Pb són elements fàcilment contaminable i per tant s'ha de anar amb molta cautela si s'utilitzen a l'hora de l'estudi químic.

D'altra banda, cal destacar que, degut a la precisió de la tècnica de FRX, en el nostre cas ens hem hagut d'enfrontar amb problemes de determinació d'elements químics concrets, com a conseqüència de a les interferències que es varen produir degut a l'alta concentració d'altres elements químics que afectaven el senyal de les primeres. D'aquesta manera el Th presenta problemes seriosos de determinació perquè la concentració del Sr és elevada en la major part de les àmfores ibèriques analitzades interferint així el senyal de Th, sense que aquesta interferència es pugui ésser degudament corregida. Això ha tingut com a conseqüència no poder utilitzar aquest element (Th) en el marc del nostre estudi. En alguns casos la concentració del estronci és tant alt, que no podem estar segurs de la seva lectura correcta, ja que sobrepassa el seu límit superior de regressió. En aquest casos específics no inclourem aquest element en l'estudi químic. L'Y i el Ga presenten problemes de detecció degut a

interferències que es produeixen per l'alta concertació del Pb (plom), només en cinc casos concrets. Aquest fet, malgrat tot, no afecta seriosament els resultats. Finalment, cal destacar, que en el cas de la majoria dels individus procedents de Vilafranca del Penedès les concertacions del Ga i l'Y es troben sota els seus límits de regressió, així doncs, en aquests casos concrets, aquest elements no es tindran en consideració tampoc.

Els resultats químics originals i les perdues de foc es poden veure a la Taula 5.2.1.1. (ANNEX II; Apèndix de les Taules).

Per a començar a organitzar la gran quantitat d'informació química inclosa en les dades, en primer lloc, hem calculat la MVC sobre tots els resultats obtinguts i hem observat si la variació superava el valor de 0.3 i fins a quin punt ho superava. Igualment, varem observar si a primera vista es podrien distingir diferències químiques tant significatives que marcarien possibles produccions diferents. La matriu de variació composicional resultant del conjunt de les dades, que es pot veure a la Taula 5.2.1.2 (ANNEX II; Apèndix de les Taules), presenta una variació total molt elevada, de 3.93. A més, s'hi pot observar que la variabilitat introduïda per quasi tots els elements químics és molt alta. Tot i que, els elements que introdueixen la màxima variabilitat en les nostres dades són el CaO i Sr (Taula 5.2.1.2), hi ha altres, com a per exemple el P_2O_5 , MgO, Pb i Ga, que igualment introdueixen una variabilitat molt significativa.

A continuació, per a evitar els problemes matemàtics que es poden presentar a l'hora de l'aplicació dels mètodes estadístics sobre les dades composicionals (Capítol 4; apartat 4.3), les composicions en valors absoluts s'han convertit en logaritmes de raons a partir de las propostes d'Aichison i de Buxeda (Aitchison, 1986; Buxeda, 1999a). En aquesta transformació s'ha emprat com a divisor el SiO_2 , que com es pot observar a la MVC (Taula 5.2.1.2) és l'element que menys variabilitat introdueix en les nostres dades integrades. Com a resum del tractament estadístic, presentem el dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats. Aquesta anàlisi s'ha realitzat sobre la subcomposició

Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Ba , Rb , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Cu , Ni i Cr , emprant el SiO_2 com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, dels 469 individus analitzats, emprant l'algoritme aglomeratiu del centroide i la distància euclidiana al quadrat (Capítol 4; apartat 4.3) i, s'ha efectuat mitjançant el programa estadístic S-Plus2000 (MathSoft, 1999) (Figura 5.2.1.1).

En el dendrograma (gràfic en forma d'arbre invertit), els diferents individus s'uneixen entre ells o formant diferents grups, o bé, els diferents grups es van unint entre si. Aquestes fusions indiquen la relació entre els individus que s'uneixen. Així doncs, contra menor és la distància de la fusió respecte a la base del gràfic, major és la similitud química entre els individus que s'uneixen.

En aquest primer dendrograma ja es pot distingir l'existència de diferents agrupacions. Aquestes agrupacions, d'una banda, és possible que corresponguin a diferents produccions i, de l'altra, també és possible, que siguin individus que s'agrupen per una similitud química concreta sense que pertanyin necessàriament a la mateixa producció. Per a poder investigar si realment es tracta o no de produccions ceràmiques a continuació, s'ha investigat cada agrupació individualment.

Ara bé, igualment es poden observar tres tendències ben diferents deguts al caràcter poc calcàri (agrupacions que es troben a la dreta a partir del grup PV), calcàri (agrupacions al mitg) i molt calcàri dels individus (l'agrupació del Campello a la esquerra). Malgrat tot, les diferències tant significatives en CaO no són les úniques que marquen algunes tendències diferents en el conjunt del material analitzat, sinó que el contingut de MgO respecte al contingut CaO , que marca tres tendències clares (indicats amb cercles en la Figura 5.2.1.2) diferents i a més evidencia l'existència d'alguns individus que probablement presenten alguns problemes de contaminació (indicats amb quadres en la Figura 5.2.1.2).

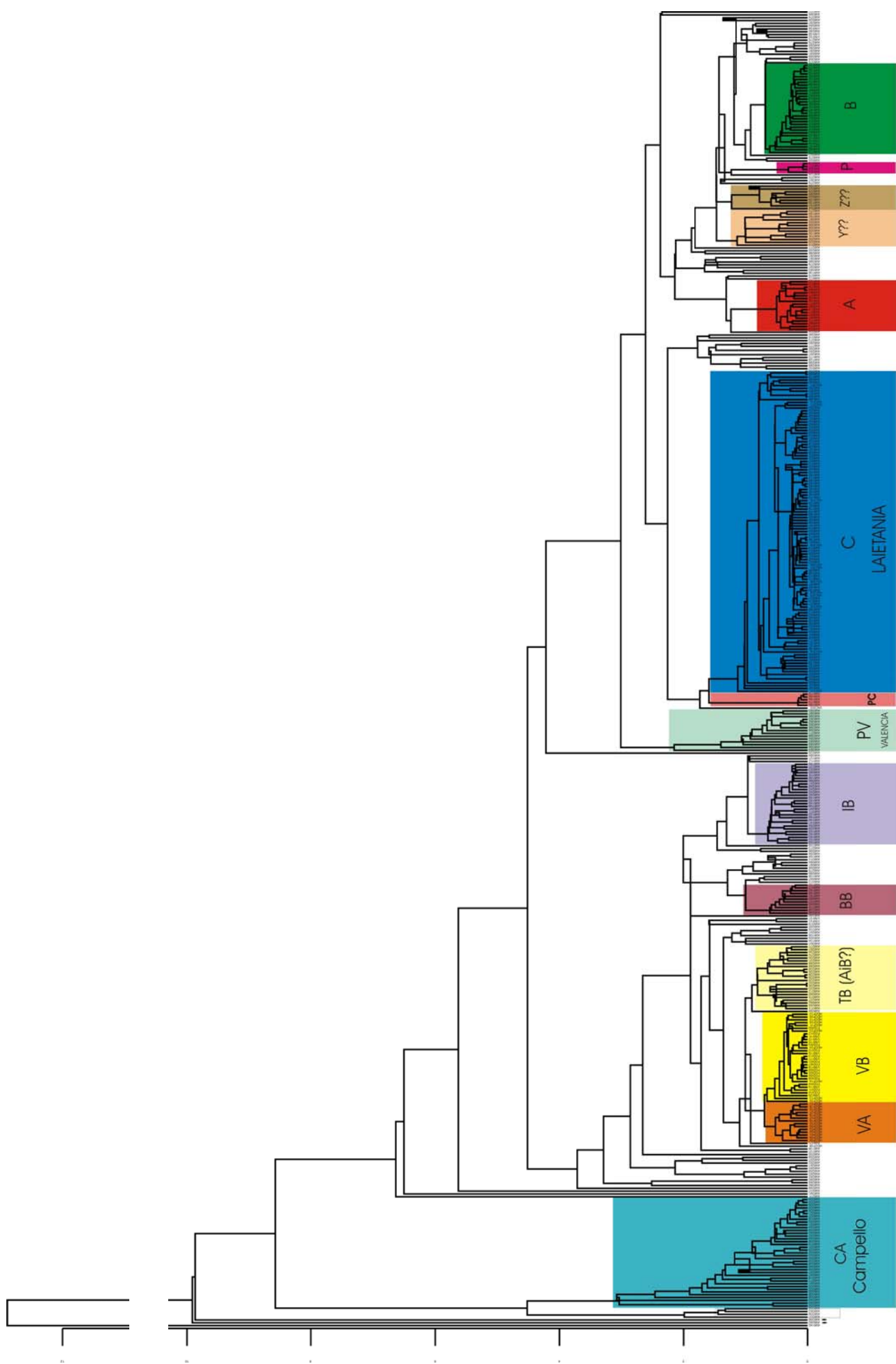


Figura 5.2.1.1: Dendrograma resultant de anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Ba , Rb , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Cu , Ni i Cr utilitzant el SiO_2 com a divisor en la transformació a logaritmes de raó, emprant l'algoritme aglomeratiu del centroide i la distància euclidiana al quadrat.

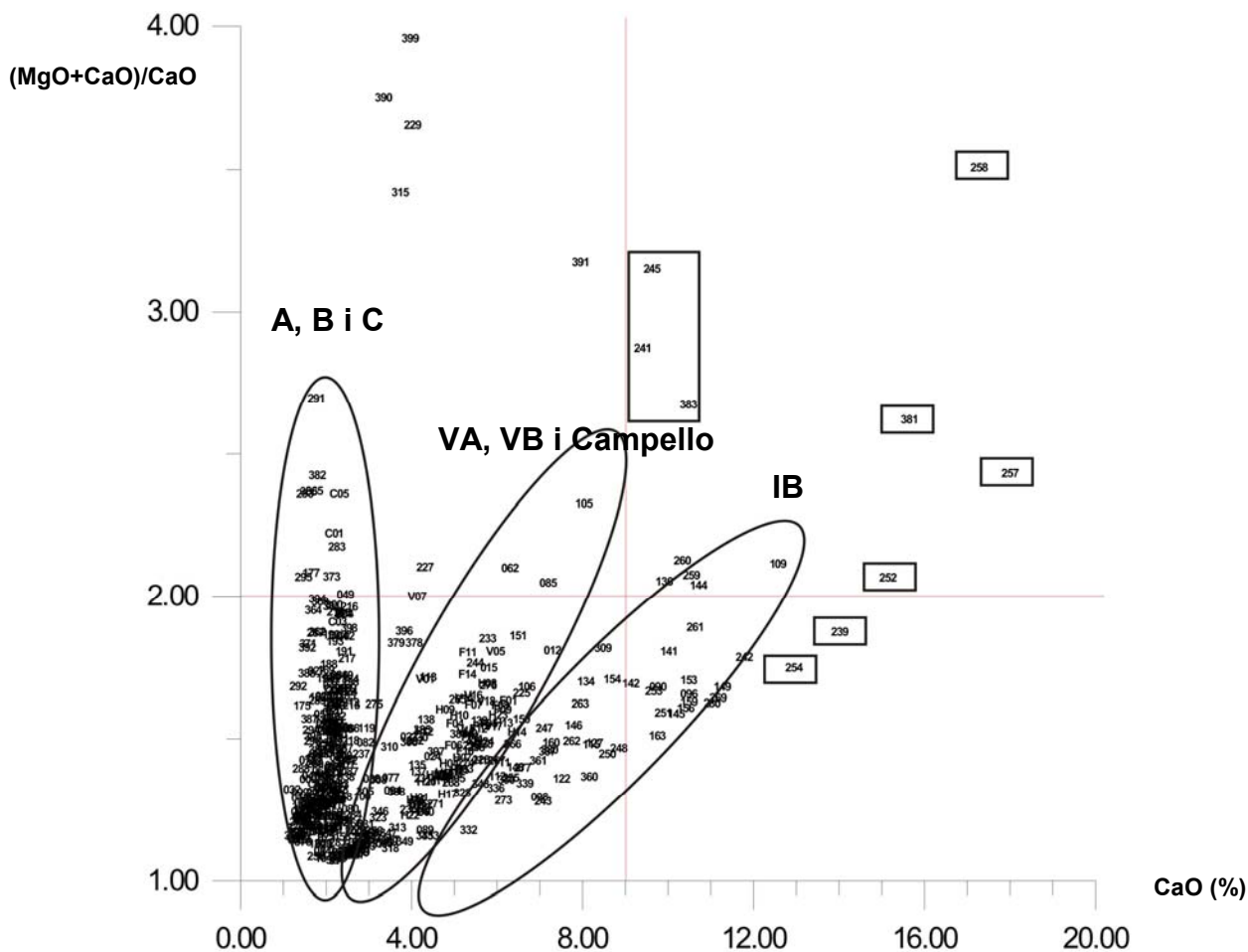


Figura 5.2.1.2: Diagrama de doble entrada amb el CaO% sobre l'eix d'x, i $(MgO+CaO)/CaO$ sobre l'eix d'y.

En primer lloc, hem pogut localitzar la majoria dels individus procedents de la Laietània dins del grup C indicat amb un rectangle blau en la Figura 5.2.1.1. Un altre grup que conté individus d'aquesta zona es PC. A aquesta zona com ja hem explicat anteriorment s'ha localitzat un centre productor important d'àmfores ibèriques. A més, un nombre important dels individus de procedència laietana analitzats procedeixen d'aquest taller. Així doncs, malgrat que hi havia un nombre molt baix d'individus procedents de la Laietània que no s'englobaven dins de cap d'aquestes agrupacions hem integrat els resultats dels 114 individus de procedència laietana per a poder identificar les produccions existents i classificar quines àmfores de procedència laietana es classifiquen dins d'aquestes produccions i quines no.

Per a poder fer una primera estimació sobre el caràcter monogènic o poligènic d'aquest conjunt d'individus, principalment, calia avaluar la variabilitat en les dades obtingudes per ells i, en segon lloc, calia investigar l'origen d'aquesta variabilitat. Així doncs, s'han hagut d'observar dos aspectes importants en les dades obtingudes per a aquests individus. La primera ha estat identificar els elements químics que més varien i, la segona, és determinar els individus que més variaven entre ells i els que menys varien. D'aquesta manera després de transformar les dades crues, en logaritmes de raons, de nou (sense considerar els elements Mo, Th, Sn, Co i W) s'ha calculat la matriu de variació composicional (MVC) només per a aquests individus.

La matriu de variabilitat composicional (Taula 5.2.1.3), com ja hem dit, inclou tota la informació necessària per a mesurar i estudiar la variabilitat en les dades composicionals, com per exemple la variació total (vt) i el grau de variabilitat introduïda per cada element químic al conjunt de dades ($\vartheta_{.i}$). A més, permet estudiar les variacions relatives per cada parell d'elements químics i identificar l'element que menys participa en la variabilitat de les nostres dades.

Segons la nostra matriu de variabilitat composicional (Taula 5.2.1.3), la variació total (vt) és 0.9778. Aquesta vt . es pot considerar relativament alta per a una mostra monogènica. Es pot observar que la major part de la variabilitat es deu al P_2O_5 ($\vartheta_{.i}=5.8982$; $vt/\vartheta_{.i}=0.1658$), al CaO ($\vartheta_{.i}=5.7603$; $vt/\vartheta_{.i}=0.1697$) i al Cu ($\vartheta_{.i}=3.1165$; $vt/\vartheta_{.i}=0.3137$). Igualment, afecten la variabilitat significativament els elements: Na_2O ($\vartheta_{.i}=2.8049$; $vt/\vartheta_{.i}=0.3486$), Ba ($\vartheta_{.i}=2.4364$; $vt/\vartheta_{.i}=0.4013$) i Ni ($\vartheta_{.i}=2.1297$; $vt/\vartheta_{.i}=0.4591$). Per totes aquestes variables el valor de $vt/\vartheta_{.i}$ és igual o inferior a 0.5 (és a dir al 50%), que significa, que la variabilitat introduïda per tots aquest elements quan són emprats com a divisors en la transformació "alr" en logaritmes de raons és igual o superior al 50%. A més, una simple observació dels diferents valors de la MVC permet constatar que el valor més elevat correspon a la variació relativa del fòsfor i el sodi ($\vartheta_{P_2O_5, Na_2O}=0.3665$). En canvi, el SiO_2 ($\vartheta_{.i}=1.0668$; $vt/\vartheta_{.i}=0.9165$) és l'element que menys contribueix en la variabilitat en les nostres dades.

Observant la composició química, es pot distingir que la composició de P_2O_5 i Cu presenta diferències significatives entre tots els individus i que la variabilitat que s'introdueix per aquestes variables en el nostre conjunt de dades no es deu a diferències d'aquests elements en uns pocs individus. El mateix passa amb el Pb ($\vartheta_i=1.4412$; $vt/\vartheta_i=0.6784$), tot i que, en aquest cas específic, la variabilitat introduïda per aquest element és inferior. Aquests tres són elements químics molt susceptibles de presentar contaminacions o/i alteracions. Aquest fet justifica en part, les desviacions elevades en els valors d'aquest component. Així doncs, per a no introduir una variabilitat deguda a contaminacions o/i alteracions, o a errors analítics, en un primer moment de l'estudi dels resultats químics no es consideren aquests elements.

Ara bé, si repetim la matriu de variació compocional, extraient aquests tres components, la vt corregida degudament (Buxeda i Kilikoglou, 2003) és significativament inferior, és igual a 0.7477.

Malgrat tot, una vt de 0.7477 encara és pot considerar alta per una mostra monogènica. El CaO segueix contribuint ($\vartheta_i=4.8185$; $vt/\vartheta_i=0.1349$) molt en la variabilitat de les nostres dades. Paral·lelament, el Na_2O ($\vartheta_i=2.1095$; $vt/\vartheta_i=0.3083$), Ba ($\vartheta_i=1.9635$; $vt/\vartheta_i=0.3312$), Ni ($\vartheta_i=1.7836$; $vt/\vartheta_i=0.3646$) i Sr ($\vartheta_i=1.4487$; $vt/\vartheta_i=0.4488$) són els següents components que l'afecten significativament, mentre que el Nb queda definit, un altre cop, com l'element que menys l'afecta.

En les dades químiques es pot veure que la majoria dels individus presenten concentracions de CaO entre aproximadament 2 i 4%, tret específics individus que presenten concentracions més altes i que són els mateixos que es caracteritzen per concentracions més elevades de Sr. Per tant, la variabilitat introduïda pel CaO i Sr en les nostres dades es deu bàsicament a aquests individus específics, dels quals en parlarem més endavant. Pel que fa al Na_2O , la seva concentració, en la majoria dels individus es pot considerar generalment alta. Es troba entre l'1% i l'1.30% aproximadament, tret també de certs individus que presenten concentracions més baixes i que, en pocs casos,

s'aproximen o superen lleugerament a l'1%. En canvi, la variabilitat introduïda pel Ba es deu en gran part a un individu (AMI211) que presenta un valor set vegades més alt que la resta d'individus.

Per a continuar amb el tractament estadístic i poder explicar analíticament la variabilitat de les nostres dades químiques, aquestes s'han transformat de nou en logaritmes de raons, aquesta vegada, sense considerar components Mo, Sn, Co, W, P₂O₅, Pb i Cu i, emprant el SiO₂ com a divisor. Com a resum d'aquest tractament estadístic, presentem el resultat de l'anàlisi de conglomerats (Figura 5.2.1.3). Aquesta anàlisi s'ha realitzat sobre els 114 individus, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, mitjançant el programa estadístic S-Plus 2000 (MathSoft, 1999).

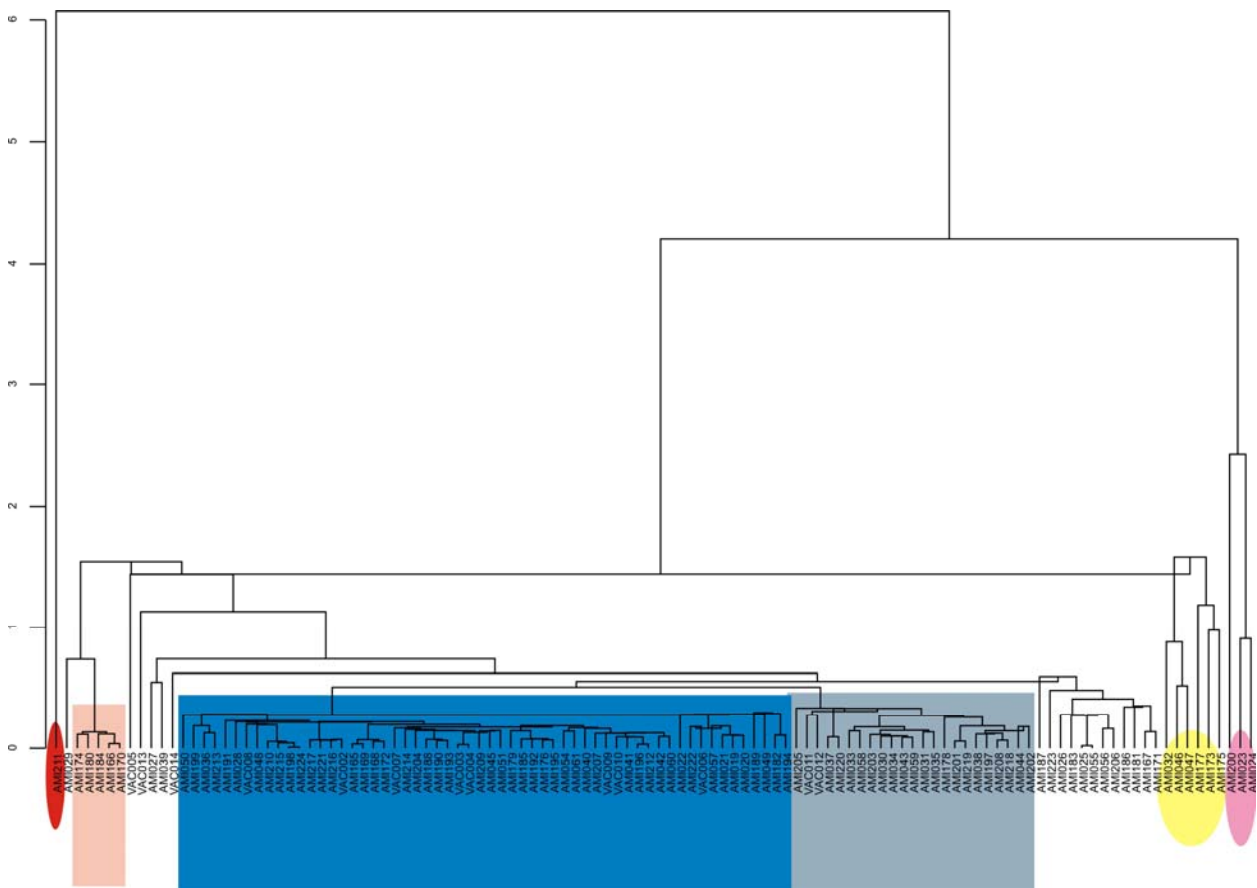


Figura 5.2.1.3: Dendrograma resultants de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ba, Rb, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Ni, Cr i Nb utilitzant el SiO₂ com a a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 114 individus.

Aquest dendrograma demostra l'existència d'una estructura en les nostres dades. Sembla ésser que es formen diferents grups en diferents distàncies ultramètriques (distàncies a les que s'efectuen les unions dels individus respecte de la base del dendrograma), que analitzarem més endavant, indicats amb diferents colors en la Figura 5.2.1.3. Un altre fet que es veu clarament, és que l'individu AMI211, indicat amb un cercle vermell, s'ubica en una posició marginal, destacant-se d'aquesta manera, per les seves diferències composicionals significatives respecte de la resta d'individus, una de les quals és el seu alt contingut de Ba. Igualment destaquen els individus AMI200, AMI023 i AMI024, indicats un cercle de color rosa a la part dreta del dendrograma (Figura 5.2.1.3), que s'uneixen a la resta d'individus a una distància ultramètrica més baixa que l'AMI211. Malgrat això, presenten diferències químiques clares respecte a la resta del material analitzat, com per exemple, el seu contingut en calci, que és relativament alt, contenen sodis significativament més baixos, ...etc. A més, tot i que els individus AMI023 i AMI024 guarden algunes similituds entre ells, l'AMI200 no sembla presentar una relació amb els dos primers. En una distància encara més baixa, però significativa, es troben en una posició igualment marginal els individus AMI032, AMI046, AMI047, AMI173, AMI175, i AMI177, indicats un cercle groc Figura 5.2.1.3. Aquest individu tampoc guarden una relació composicional clara ni entre ells ni amb la resta d'individus analitzats. D'acord amb tot l'esmentat anteriorment, aquests individus (AMI023, AMI024, AMI032, AMI046, AMI047, AMI173, AMI175, AMI177, AMI200 i AMI211) queden mal classificats respecte de la majoria dels individus estudiats degut a les diferències clares i significatives que presenten a partir de la seva composició química en comparació amb la resta del material. D'aquests l'AMI023, AMI024 i AMI032 procedeixen del jaciment de Can Bartomeu, l'AMI046, AMI047, AMI173, AMI175 i AMI177 de Puig Castellar i l'AMI211 i AMI200 de Vista Alegre. Un altre individu que se separa per les seves diferències, no tant significatives, tot i que importants de la resta del material és el VAC005.

Excloent aquests individus (AMI023, AMI024, AMI032, AMI046, AMI047, AMI173, AMI175, AMI177, AMI200, AMI211 i VAC005) i repetint la matriu de variació composicional (sense Mo, Sn, Co, W, P₂O₅, Pb i Cu), la variació total baixa encara més. La vt en aquest cas, és igual a 0.4293. Aquesta és una variació total relativament baixa, però encara supera la variació total que pot semblen presentar una sovint mostra monogènica. Emprant els 103 individus restants, el dendrograma resultant de la repetició de l'anàlisi de conglomerats en les mateixes condicions explicades amb anterioritat es veu en la Figura 5.2.1.4.

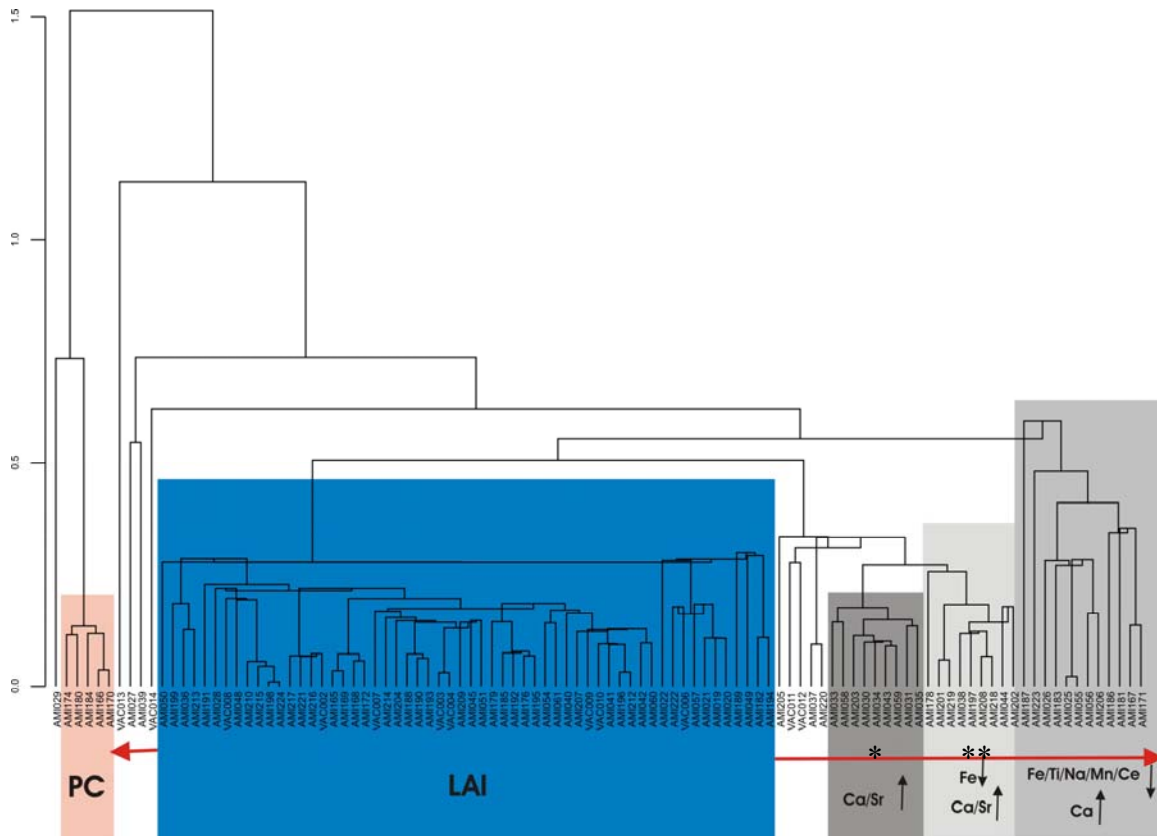


Figura 5.2.1.4: Dendrograma resultant de 'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ba, Rb, Th, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Ni, Cr i Nb utilitzant el SiO₂, com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 103 individus.

En aquest últim dendrograma, a primera vista, destaca un petit grup, indicat amb color taronja en la figura 5.2.1.2 i format únicament per 5 individus: AMI174, AMI180, AMI184, AMI166 i AMI170, que s'uneixen a una distància

ultramètrica molt baixa. Aquests individus s'agrupen entre si per les seves importants similituds en les concentracions de tots els elements químics i les diferències que conjuntament presenten respecte de la resta del material. Tots procedeixen del poblat de Puig Castellar. Aquest petit grup, anomenat **PC** (de Puig Castellar), és homogeni i és el grup més calcari en aquest conjunt d'individus laietans, amb concertacions de CaO entre 8.98% i 10,76%. També presenta les concentracions de Sr més elevades, entre 144-160 ppm. A més, disposa d'una composició química significativament diferent en comparació amb la resta d'individus com per exemple Fe₂O₃, MnO, TiO, Na₂O, Th, Nb, Zr, Y, Ce, V, Zn i Ni més baixos. Aquest grup es defineix com a URCP (Unitat de Referència Copmosicional de Pasta) de Puig Castellar, ja que està compost només d'individus procedents d'aquest jaciment, però la seva provenença real no és coneguda. És a dir, no sabem amb exactitud on s'han produït. Les mitjanes i les desviacions estàndards d'aquesta URCP, calculades sobre els valors normalitzats, es donen en la Taula 5.2.1.4.

En el dendrograma es veu, a més, que hi ha un individu, l'AMI029 que amb una similitud menor s'uneix a aquest grup. En realitat, l'única raó per la que aquest individu s'uneix al grup **P.C.** és el seu alt contingut en CaO (14,32%). D'acord amb la seva composició química no presenta altres similituds ni amb aquest grup ni amb la resta de material. Per tant, aquest individu conjuntament amb els altres individus comentats anteriorment (AMI023, AMI024, AMI032, AMI173, AMI175, AMI177, AMI200 i AMI211), s'hauria de considerar mal classificat.

Si ara repetim la matriu de variació sense considerar els individus de la URCP de Puig Castellar (AMI166, AMI170, AMI175, AMI180 i AMI184) i sense tots els individus mal classificats anteriorment esmentats (AMI023, AMI024, AMI032, AMI046, AMI047, AMI173, AMI175, AMI177, AMI200, AMI211 i VAC005), a més extraient l'individu AMI029, que tampoc es pot classificar i calculem la MVC sobre la resta dels 97 individus, la variació total obtinguda corregida és 0.4147. Aquesta baixa variació total sembla indicar un origen

geoquímic comú o almenys molt similar pels 97 individus restants, indicats amb un quadre de color groc en la figura 5.2.1.4. sense que això vulgui dir que tots pertanyen necessàriament a la mateixa producció.

Malgrat tot, en el dendrograma de la figura 5.2.1.4 també es pot distingir que dins d'aquest conjunt dels 97 individus es forma un grup més petit, que només en comprèn 59, que s'uneixen a una distància ultramètrica més baixa. Aquest grup està indicat amb color blau i s'anomena **LAI** (de Laietània). D'acord amb les dades químiques tots els individus que s'ubiquen a l'esquerra i dreta d'aquest grup **LAI** en el dendrograma de la Figura 5.2.1.4 malgrat que guarden similituds amb el grup **LAI**, també presenten petites, tot i que significatives, diferències químiques respecte d'aquest grup. Cal destacar que tampoc són iguals entre ells.

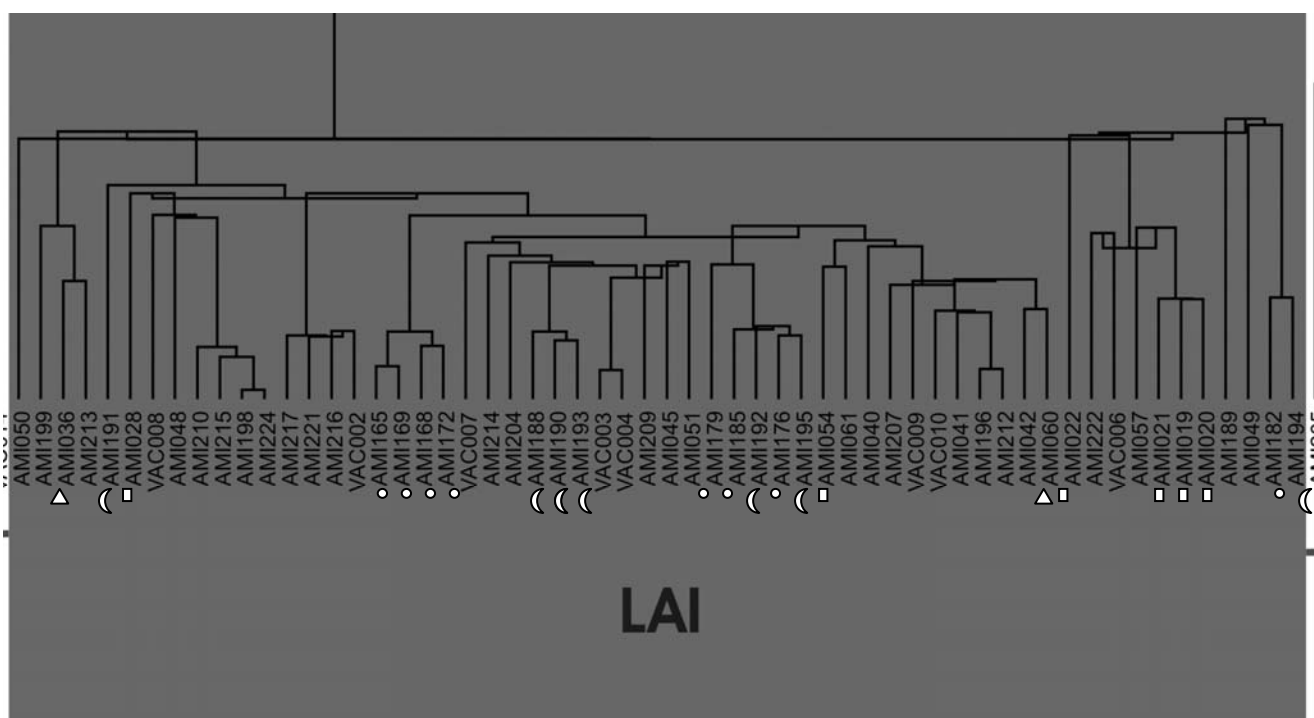


Figura 5.2.1.5: El grup LAI que comprèn 58 individus.

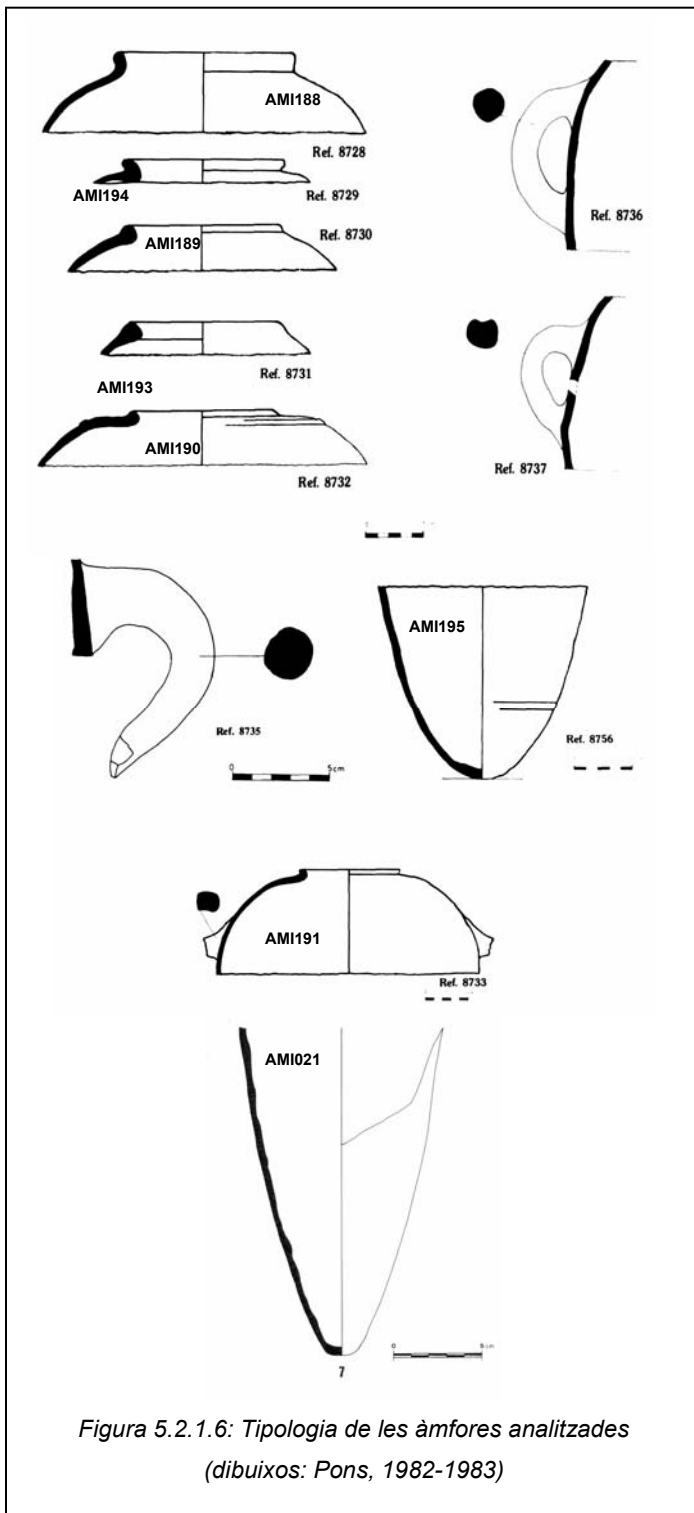
Per complementar el tractament estadístic s'han calculat també les distàncies de Mahalanobis al quadrat sobre els logaritmes de raons dels 97

individus respecte el cetroide del grup format pels 58 individus, segons la equació:

$$d^2 = (x_i - x_j)' S^{-1} (x_i - x_j)$$

Per a efectuar aquest càlcul s'ha procedit a una transformació en logaritmes de raons emprant el SiO_2 com a divisor, ja que, d'acord amb la matriu de variació composicional, és l'element que menys variabilitat imposa en les nostres dades. Igualment, s'han calculat les probabilitats per cada un d'aquest 97 individus a partir dels quals podrien pertànyer a aquest grup **LAI**. Els resultats es poden veure a la taula 5.2.1.5.

En aquesta Taula (5.2.1.5), es poden distingir 78 individus que podrien pertànyer amb una probabilitat superior a 5% al grup **LAI** d'acord amb les seves distàncies de Mahalanobis al quadrat que són relativament baixes, aquests individus s'indiquen amb un fons gris i lletres negretes. Segons a aquestes distàncies els individus dels petits agrupacions indicats amb (*) i (**) (Figura 5.2.1.4) que s'ubiquen a la dreta del grup **LAI** formarien part d'aquest grup. En canvi, segons les distàncies Euclidianes al quadrat aquests grups s'unirien amb els individus del grup **LAI** a una distància ultramètrica més alta. Aquest fet hauria d'indicar alguna diferència química obvia. Observant la composició química podem distingir que la diferència bàsica entre els individus de la primera agrupació indicat amb (*) respecte als individus del grup **LAI** és el seu contingut en CaO i Sr, que quasi bé es el doble, i en el cas de la agrupació indicat amb (**) a més de la diferència anteriorment esmentada també es pot observar un contingut relatiu de Fe_2O_3 i Al_2O_3 lleugerament més baix. Aquestes són diferències que, després d'asegurar-nos que no es tracta de cap contaminació, es poden considerar importants. Per tant, malgrat la similitud química indicada per les distàncies Mahalanobis, amb cautela, exclourem aquests individus del grup **LAI** definitiu, que ara, comprèn els 58 individus que es troben dins del rectangle blau.



Ara bé, si tornem al primer dendrograma (Figura 5.2.1.1.) dels resultats integrats podem observar que dins d'aquest grup **LAI** es classifica també un individu (AMI053) procedent del poblat ibèric cossetà d'Alorda Park. D'aquesta manera el grup **LAI** definitiu comprèn els 59 individus. D'aquests un procedeix de la Cossetània (AMI053), tres de Can Bartomeu (AMI036, AMI036 i AMI057; indicats amb triangles blancs a la Figura 5.2.1.5,) , sis del Turó dels Dos Pins (AMI019, AMI020, AMI021, AMI022, AMI028 i AMI054; indicats amb rectangles en la Figura 5.2.1.5), inclòs els quatre individus procedents de fragments d'àmfora ibèrica definit com a subtipus cossetà, vuit de Puig Castellar (AMI182, AMI165, AMI169, AMI168, AMI172, AMI179, AMI185 i AMI176, indicats amb punts en la Figura 5.2.1.5), vuit del forn ibèric de la

Riera de Sant Simó (AMI188, AMI189, AMI190, AMI191, AMI192, AMI193, AMI194 i AMI195, indicats amb mitja lluna en la Figura 5.2.1.5), que representen la totalitat dels individus mostrejats en aquest jaciment, i els restants procedeixen de l'abocador de Vista Alegre.

Ja que aquest grup inclou tots els individus mostrejats de la Riera de Sant Simó i un nombre elevat de l'abocador de Vista Alegre, el grup **LAI**, en realitat, representa el GR (grup referència) d'aquest taller. Les mitjanes aritmètiques i les desviacions estàndards del grup s'han calculat sobre la els valors normalitzats i es poden observar a la Taula. 5.2.1.6. Al mateix temps, la tipologia de les àmfores ibèriques d'aquesta producció es pot veure en la Figura 5.2.1.6.

Hi ha dos aspectes importants addicionals que cal destacar. El primer, és que quatre àmfores tipus Penedès (tipus 2C), localitzades al jaciment de Turó dels dos Pins (Cabrera de Mar, Maresme) es troben perfectament integrades dins de la producció laietana (grup **LAI**). Aquest fet pot indicar, que aquest taller laietà prefereix produir àmfores d'altres tipologies en compte d'importar-les, així com pot suposar l'indici de l'existència de la imitació fins i tot en aquesta època. El segon, és que dins de la producció LAI s'han classificat també vuit fragments de ceràmica comuna ibèrica (VAC001, VAC002, VAC003, VAC006, VAC007, VAC008, VAC009, VAC010). Per tant aquest taller produeix àmfores i ceràmica comuna a partir de la mateixa "pasta". La utilització de les mateixes matèries primeres per a la producció de diferents tipus de ceràmica amb funcionalitats totalment diferents és sorprenent. Malgrat tot, no és possible saber si es feia per falta de altres tipus de matèries primeres, per comoditat o per falta de coneixements tècnics.

Finalment, cal destacar que, tot i que, les àmfores procedents del jaciment de Camp de les Lloses (Tona, Ososna) no es poden classificar dins de cap producció, la composició química de 9 d'elles (AMI285, AMI286, AMI287, AMI292, AMI294, AMI296, AMI298, AMI300 i AMI301) indica provenença de la zona laietana.

En el dendrograma de la Figura 5.2.1.1 es poden distingir altres dues gran agrupacions **VA** i **VB**, que podrien correspondre a dues produccions diferents relacionades aquest cop amb l'àrea cossetana. D'aquests dos grups,

el primer (**VA**) engloba només individus procedents del centre productor cossetà de ceràmica ibèrica comuna de Les Hortes de Cal Pons. El segon grup (**VB**) comprèn la resta dels individus procedents de Les Hortes de Cal Pons i la totalitat dels individus procedents del possible forn ibèric La Font de les Ìgols que s'ubica molt a prop del primer esmentat. Aquest grup, a més, comprèn una gran quantitat d'individus procedents del camp de sitges de la Vinya d'en Pau, que es troba a la mateixa zona geogràfica que els jaciments anteriorment esmentats. Malgrat que, es poden localitzar alguns individus procedents d'aquests jaciments que, aparentment, no es classifiquen dins d'aquest grups, segons el dendrograma de la Figura 5.2.1.1. En aquest cas, estudiarem la totalitat dels individus procedent dels jaciments anteriorment comentats, per poder definir amb exactitud els possibles grups de referència.

S'ha calculat la matriu de variació composicional (MVC) només per aquest 55 individus (sense Mo, Sn, Co i W) (Taula 5.2.1.7). En aquesta matriu es pot observar que la variació total (vt) és 0.8359. Aquesta vt es pot considerar relativament alta per a una mostra monogènica, per tant, esperem la existència de més d'una producció. Malgrat que, es pot observar que un nombre significant dels elements químics introdueixen variacions més o menys importants, es clar que la major part de la variabilitat es deu al MgO ($\vartheta_i=4.9355$; $vt/\vartheta_i=0.1694$), al CaO ($\vartheta_i=3.5112$; $vt/\vartheta_i=0.2381$), al Ga ($\vartheta_i=3.6253$; $vt/\vartheta_i=0.2306$), i al Ba ($\vartheta_i=2.6797$; $vt/\vartheta_i=0.3119$). Igualment, afecten la variabilitat significativament els elements: Na₂O ($\vartheta_i=1.9129$; $vt/\vartheta_i=0.4370$), K₂O ($\vartheta_i=1.7272$; $vt/\vartheta_i=0.4840$), Pb ($\vartheta_i=1.7184$; $vt/\vartheta_i=0.4865$), P₂O₅ ($\vartheta_i=1.4373$; $vt/\vartheta_i=0.5816$) i MnO ($\vartheta_i=1.3864$; $vt/\vartheta_i=0.6030$). Per totes aquestes variables, exactament de la mateixa manera que abans, el valor de vt/ϑ_i és igual o inferior a 0.5 (és a dir al 50%), el que significa que la variabilitat introduïda per tots aquest elements, quan són emprats com a divisors en la transformació “*alr*” en logaritmes de raons, és igual o superior al 50%. En canvi, el Fe₂O₃ ($\vartheta_i=0.8810$; $vt/\vartheta_i=0.9954$) és l'element que menys participa en la variabilitat en les nostres dades.

D'acord amb la composició química la concentració de MgO en la majoria d'aquest individus és alta i oscil·la aproximadament entre el 4% i el 6,5%. La gran variabilitat que s'introdueix per a aquest element en les nostres dades es deu al fet que hi ha set individus (VINY02, VINY03, VINY04, VINY06, VINY08, VINY10 i VINY13) que presenten un percentatge molt més baix de MgO (que no arriba a 2%). D'altra banda el contingut de CaO és molt variable en aquest conjunt d'individus. Malgrat que, majoritàriament, es poden considerar calcaris o mitjanament calcàris, el valor més baix de contingut de Ca és 4.13% i el més alt 17.45% (en dades normalitzades). La variació del Ga pot ser resultat del fet que els seus valors estan molt a prop dels seus límits de regressió (Taula 4.2.2.2; ANNEX II). Aquest aspecte afecta la precisió de la seva detecció i per tant la seva variació. La variació introduïda pel Ba es deu a dos individus (VINY01 i VINY07) amb un contingut de Ba significativament alts (1336 ppm i 1048 ppm) respecte la resta del material i als individus que s'engloben en el grup **VA** (Figura 5.2.1.1), que globalment presenten concentracions de Ba més elevades que la resta dels individus d'aquest conjunt. El contingut de K₂O en aquest conjunt de dades és majoritàriament elevat (es troba sobre el 4.1%) tret de set individus (VINY02, VINY03, VINY04, VINY06, VINY08, VINY10 i VINY13) que presenten concentracions molt més baixes (2-3%). Aquest individu explica la variabilitat introduïda per aquest element. Finalment, la variació que s'introdueix pel MnO en aquest conjunt de dades es deu a quatre individus (VINY03, VINY04, VINY10 i VINY13) que presenten concentracions més baixes. Finalment, el percentatge de Na₂O varia moderadament entre quasi bé tots els individus. D'acord amb tota aquesta informació, ja es poden localitzar els individus que més diferències químiques presenten respecte la resta dels individus en aquest conjunt. Aquests individus són: el VINY02, el VINY03, el VINY04, el VINY06, el VINY08, el VINY10 i el VINY13.

Per a poder investigar més detalladament a aquesta variabilitat les dades químiques crues d'aquest 55 individus s'han transformat de nou en logaritmes de raons, aquesta vegada, sense considerar els components P₂O₅,

Mo, Sn, Pb, Co, W i PAF, emprant el Fe_2O_3 com a divisor. Com a resum d'aquest tractament estadístic, presentem el resultat de l'anàlisi de conglomerats (Figura 5.2.1.6). Aquesta anàlisi s'ha realitzat sobre la subcomposició: Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Ni, Cr i Nb utilitzant el Fe_2O_3 , com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, dels 55 individus, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, mitjançant el programa estadístic S-Plus 2000 (MathSoft, 1999) (Figura 5.2.1.7) .

En aquest dendrograma (Figura 5.2.1.7), en primer lloc, es poden distingir els set individus (VINY02, VINY03, VINY04, VINY06, VINY08, VINY10 i VINY13) que hem identificat, amb anterioritat, com a clarament diferents respecte dels altres. D'aquests, el VINY03, el VINY04, el VINY10 i el VINY13 formen un grup químicament homogeni. Això, perquè en realitat, aquests quatre individus s'identifiquen dins del grup **B** en el dendrograma de la Figura 5.2.1.1, que representa els resultats integrats i, per tant, s'estudiaran conjuntament amb la resta dels individus d'aquest grup a continuació. Els tres individus següents guarden algunes similituds amb els quatre esmentats anteriorment, tot i que, també, presenten diferències significatives com per exemple un menor contingut relatiu en Al_2O_3 , CaO, Rb, Ga, V, Cr, etc., i més alt contingut relatiu en MnO, TiO, Ba, Zr, etc., i per tant, són diferents dels quatre primers.

Els individus VINY01 i VINY07 s'agrupen pel seu irregularment alt contingut de Ba, malgrat que presenten diferències significatives entre ells i respecte els grups **VA** i **VB** (Figura 5.2.1.7). Els individus HDCP19 i VINY05 també són diferents entre ells i malgrat que guarden alguna similitud amb la resta del material no es poden classificar dins de cap dels dos grups químics (**VA**, **VB**) per algunes diferències químiques importants.

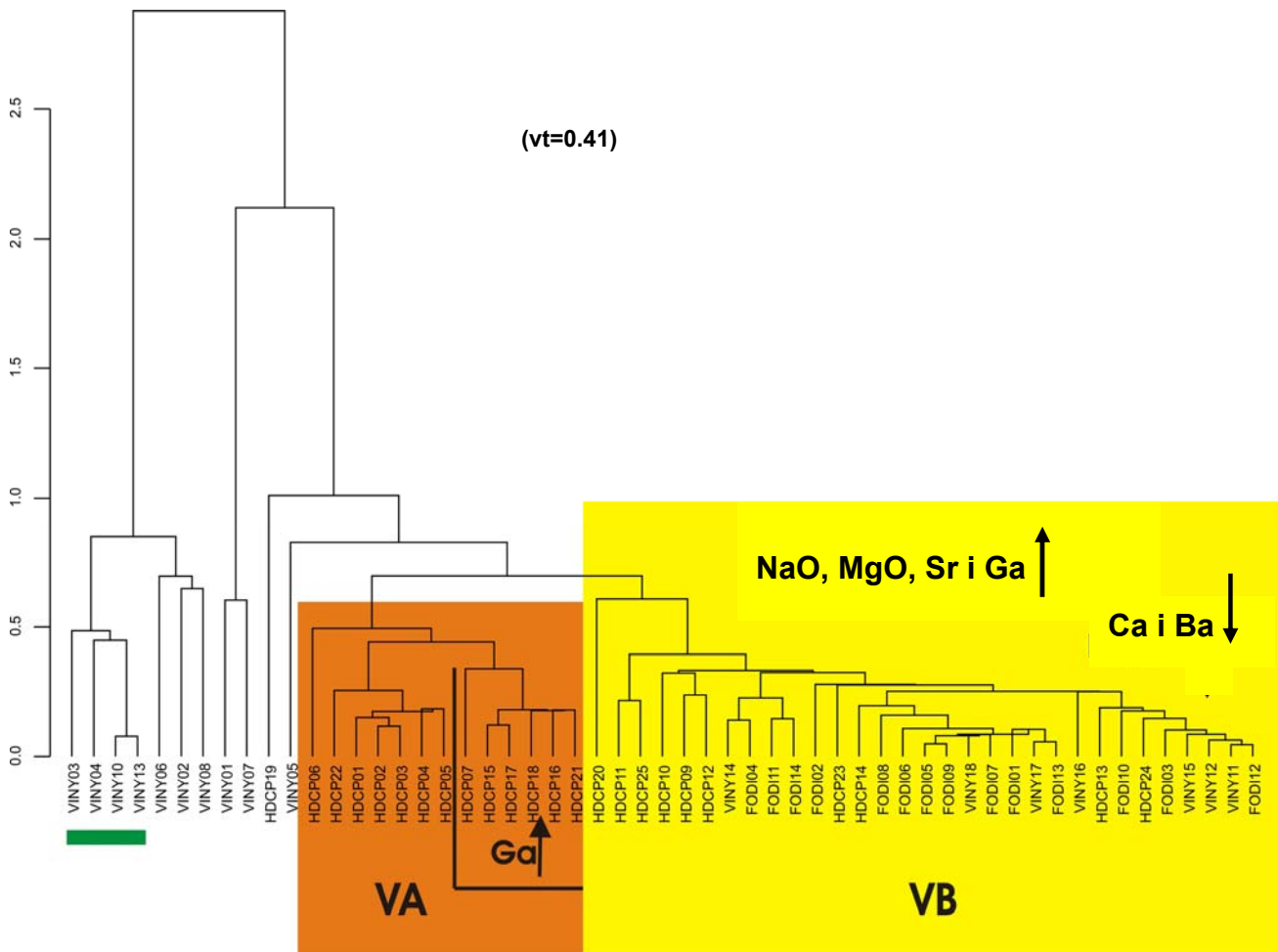


Figura 5.2.1.7: Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba , Rb , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni , Cr i Nb , utilitzant el Fe_2O_3 , com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 55 individus

Així, es poden observar dos grups químics importants en el dendrograma de la Figura 5.2.1.7, aquests són els grups **VA** i **VB**. Hem calculat la variació total per aquest dos grups conjuntament i hem obtingut el valor de 0.407. Aquesta, és una vt suficientment alta per a indicar que es podria tractar de produccions diferents i, al mateix temps, suficientment baixa per a indicar que es podria tractar de dos produccions diferents del mateix taller o de dos diferents tallers de la mateixa zona productiva (mateix centre productor).

D'acord amb la composició química, la major diferència entre aquests dos grups és el contingut obviament més alta de Ba del grup **VA**. A part d'això, també es pot observar que mentres que el grup **VA** és més calcàri el grup VB presenta percentatges de MgO més alts (Figura 5.2.1.7). Les diferències entre aquests elements, però, podrien estar relacionades a algunes possibles contaminacions i/o alteracions post-deposicionals. Malgrat tot, hem investigat la relació entre aquests elements, tant fent uns gràfics bivariants, com observant la matriu de variació composicional, i no hem pogut trobar una relació matemàtica clara que pogués indicar alteració i/o contaminació. Aquest fet, és un indicatiu de que les diferències químiques observades en aquests elements es deuen a diferències originàries. A més, no són les úniques diferències entre aquests dos grups, sinó que es pot observar que les concentracions de MnO, Na₂O, K₂O, TiO, Rb, Ga i Cr dels individus del grup **VA** són lleugerament més baixes (Figura 5.2.1.7).

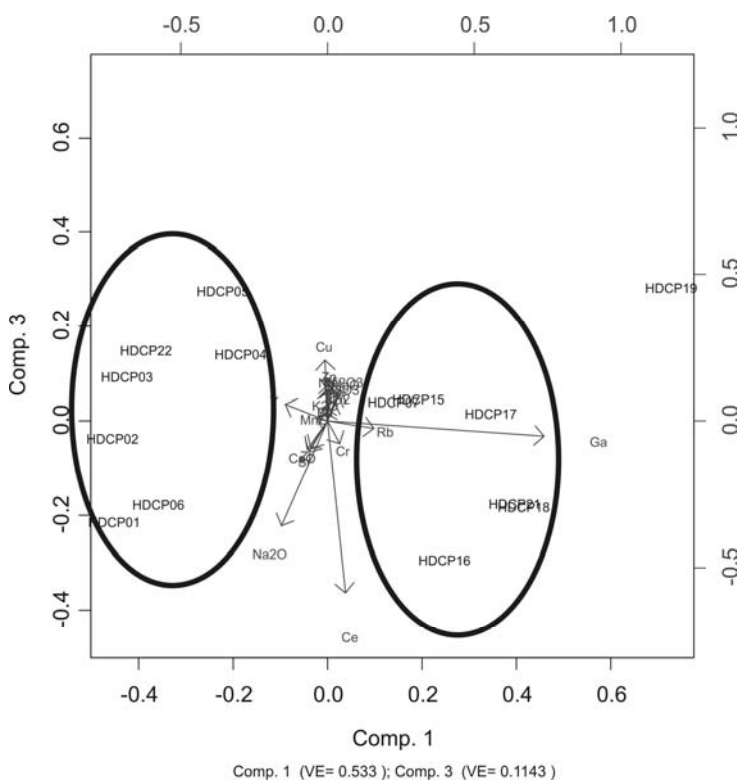


Figura 5.2.1.8: Gràfic bivariant del primer i tercer components principals resultants de l'anàlisi de components principals.

Tractant aquests dos grups per separat, la variació total calculada pel grup **VA** és molt baixa, igual a 0.28, fet que indica una elevada homogeneïtat. Malgrat això, en el dendrograma (Figura 5.2.1.7) es pot distingir l'existència de dos subgrups més petits dins d'aquesta agrupació. La diferència química més significativa entre aquests dos subgrups, com es pot distingir en el gràfic de resultat de l'anàlisi dels components principals (Figura 5.2.1.8), en el que es representa el 65% de la variància, és la concentració

relativa més elevada de Ga en el segon subgrup. Aquest subgrup conté els individus: HDCP07, HDCP15, HDCP16, HDCP17, HDCP18 i HDCP21. Malgrat que, aquesta diferència en el dendrograma sembla important, les dades químiques crues evidencien una diferència no gaire significativa. Per tant, aquesta variació és el resultat matemàtic, d'una banda, de la transformació en logaritmes de raons, i, de l'altra, del fet que els seus valors estan tocant als seus límits de regressió, i d'aquesta manera les concentracions determinades poden veure's afectades en la seva precisió. D'aquesta manera, aquest grup es pot considerar, per la seva homogeneïtat, com una única producció.

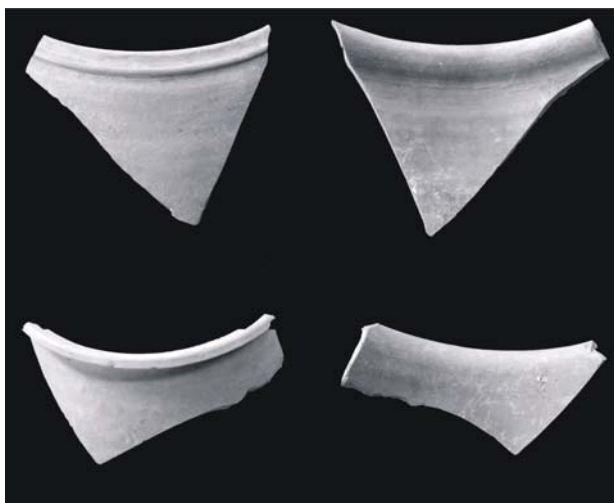


Figura 5.2.1.9: Fotografia de dos fragments de ceràmica comuna, pertanyents al grup VA.

Aquesta producció engloba només individus del taller de les Hortes de Cal Pons, que, a més, corresponen a ceràmica ibèrica comuna. Són bàsicament grans contenidors ceràmics, bols gerres i dolies, que segons la informació arqueològica, es va produir en aquest forn (Figura 5.2.1.9). D'aquesta manera, el grup **VA**, seria el Grup de Referència (GR) corresponent de la

ceràmica comuna del taller de les Hortes de Cal Pons. Presentem la composició química d'aquest GR (13 individus) en la Taula 5.2.1.8, després d'haver calculat la mitjana aritmètica de les concentracions de cada element químic i les seves desviacions estàndards.

Pel que fa al grup VB (Figura 5.2.1.7), la seva variació total és igual a 0.26. Això indica, de la mateixa manera que en el cas anterior, que es tracta d'una única producció ceràmica, tot i que, es poden observar algunes diferències no gaire significatives entre els individus dins d'aquest grup. Ara bé, si calculem las distàncies Mahalanobis al quadrat respecte al centroide d'aquest grup (Taula 5.3.1.9), es pot observar que hi ha un individu més que

podria pertanyer a aquest grup l'AMI268 (Taula 5.2.1.10). Observant la seva composició química, aquest individu presenta un contingut relatiu més baix de Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O , Ba, Zr i un contingut més alt de CaO i Ga respecte la resta dels individus del grup VB. Totes aquestes diferències conjuntament fan que aquest individu no es pugui incloure dins del grup. De la mateixa manera les distàncies Mahalanobis resalten les diferències del individu HDPC20 respecte del grup i d'aquesta manera aquest individu tampoc formarà part del grup VB. Així doncs el nombre final dels individus que comprèn aquest grup són 30.

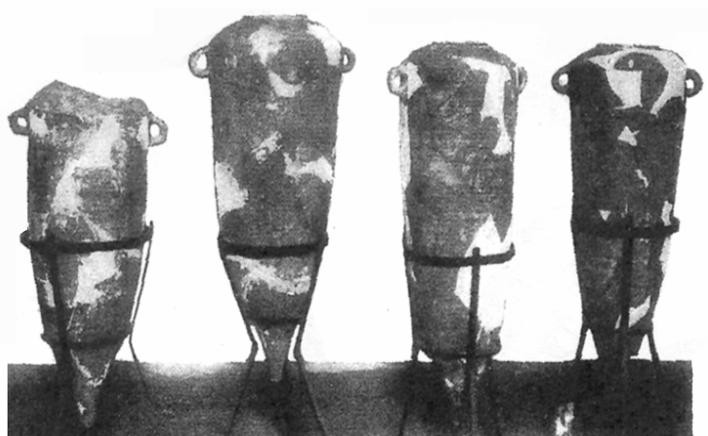


Figura 5.2.1.10: Tipus d'àmfores pertanyents al grup VB (Giró, 1947, figura28)

Ara bé, pel que fa el tipus de material, el grup **VB** engloba la resta dels individus de l'excavació de les Hortes de Cal Pons, amb dues excepcions, (HBCP19 i HDPC20) i, tots els individus del jaciment de la Font dels Ígols, a més, de quatre individus del camp de sitges de la Vinya

d'en Pau. Arqueològicament, els individus que s'engloben en aquest grup corresponen majoritàriament a àmfores ibèriques (6.7%) la resta són grans contenidors ceràmics iguals que en el cas anterior. Pel que fa a la tipologia de les àmfores, malgrat el fet que els fragments analitzats estan molt fragmentats, semblen correspondre a la tipologia Cossetana (Figura 5.2.1.10).

D'acord amb el caràcter i la procedència del material classificat dins d'aquest grup, hi ha dues hipòtesis plausibles. La primera és que, **VB** sigui un segon Grup de Referència del centre productor de les Hortes de Cal Pons i la segona és, que **VB** correspongui a una producció del jaciment de Font dels Ígols. D'aquesta manera, amb molta cautela aquest segon grup (VB), mentre no hagi més informació arqueològica, només es pot caracteritzar com a una Unitat

de Referència Compocisional de Pasta (URPC) corresponent a la zona de Vilafranca del Penedès, que és la zona on s'ubiquen els dos jaciments anteriorment esmentats. La composició de la URCP-VB es pot distingir en la Taula 5.2.1.9.

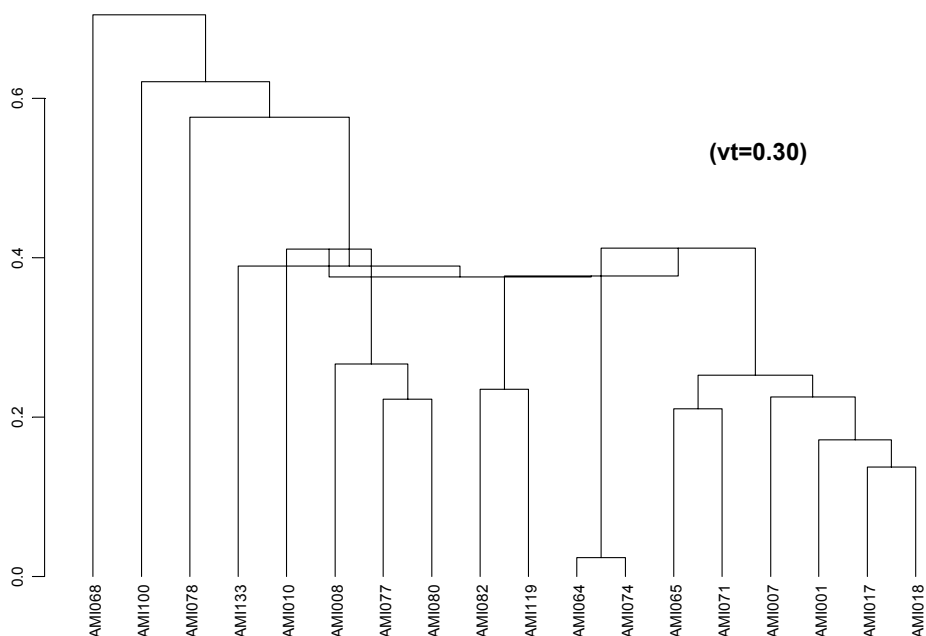


Figura 5.2.1.11: Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Ba , Rb , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr , utilitzant el SiO_2 com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 18 individus del grup A.

Uns altres dos grups que probablement es podrien relacionar amb l'àrea cossetana, ja que la tipologia de les àmfores que engloben és exclusivament cossetana (2C) són els grups **A** i **B** (Figura 5.2.1.1). Estudiant per separat aquests dos grups, el grup **A** (Figura 5.2.1.11) presenta una $vt=0.30$, sense considerar el P_2O_5 i Pb que són elements susceptibles a les contaminacions. Aquesta variabilitat, en principi, és suficientment baixa per a indicar una homogeneïtat probablement relacionada amb el fet que es tracti d'una única producció amfòrica. La MCV també indica que la major variabilitat introduïda en les dades d'aquest conjunt d'individus es deu al MgO i al CaO . Aquests dos elements solen variar dins del mateix dipòsit i, per tant, no es poden considerar variacions significatives.

La provenença d'aquesta producció, en tot cas, no és coneguda. No hi ha cap informació arqueològica sobre si es poden relacionar amb cap taller ibèric de la zona cossetana. L'únic aspecte conegut és que totes pertanyen tipològicament al subgrup 2C, que es defineix com a de producció cossetana. Ara bé, aquesta producció comprén només àmfores ibèriques recuperades en el poblat de l'Alorda Park. Així doncs, hi ha una alta possibilitat, que sigui una producció local. Malgrat tot, fins que no es pugui relacionar amb un taller específic, no podem comprovar si aquesta hipòtesi pot ser o no vàlida. D'aquesta manera, d'acord amb la informació tipològica actual, el grup **A** només es pot definir com a una URCP de la zona cossetana. La composició química d'aquesta URCP (18 individus), després d'haver calculat la mitjana aritmètica de les concentracions de a cada element químic i les seves desviacions estàndards, es pot veure en la Taula 5.2.1.11.

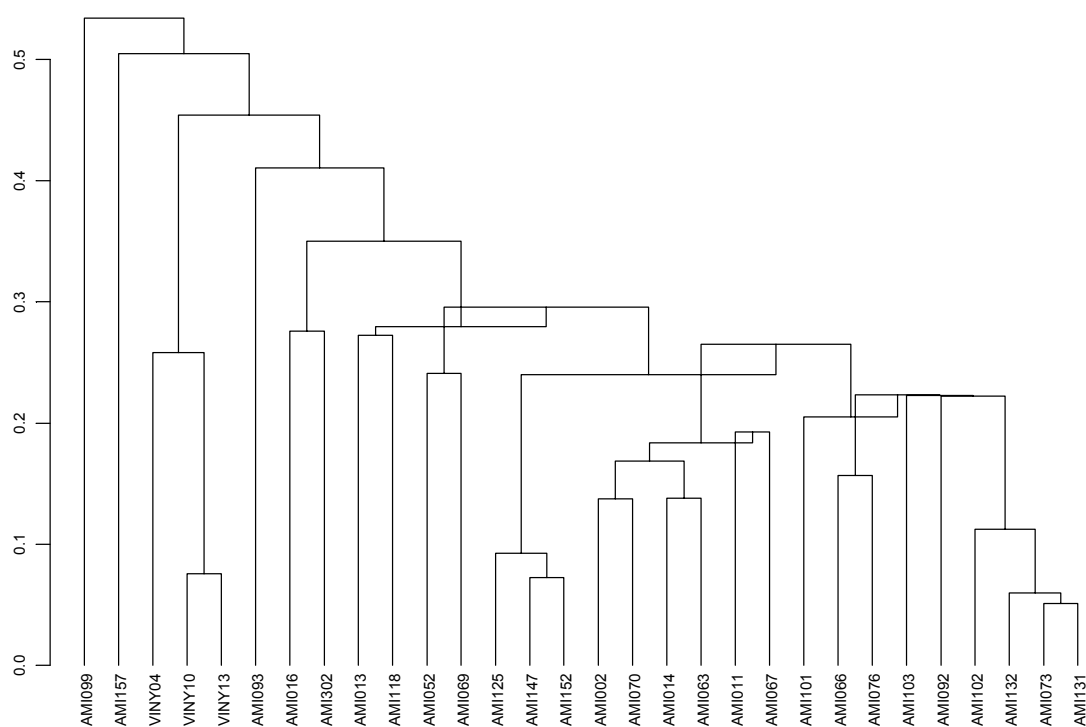


Figura 5.2.1.12: Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Ba , Rb , Nb , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr , utilitzant el SiO_2 com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algorisme aglomeratiu del centroide, sobre els 31 individus del grup B.

Pel que fa al grup **B** (Figura 5.2.1.1), la MVC per aquesta agrupació en principi indica una $vt=0.50$, que és alta per a que aquest grup es pugui considerar homogèni. Malgrat tot, observant la coposició química dels tots aquest individus, a primera vista, ja es pot distingir que l'individu AMI272 procedent del jaciment de Mas Castellar de Pontòs presenta diferències significatives (Al_2O_3 , MgO, CaO, K₂O, Zr i V) respecte a la resta d'individus. La MVC calculada sobre aquest conjunt d'individus també evidencia que la major part d'aquesta variació s'introdueix per un sol element que és el P_2O_5 ($\vartheta_i=5.3457$; $vt/\vartheta_i=0.0933$). Aquest element és un dels elements més susceptibles de contaminació.

Ara bé, repetint de nou la MVC sense l'individu AMI271 i sense l'element P_2O_5 el resultat, després de la correcció pertinent, és una $vt=0.3038$. Aquesta vt , de la mateixa manera que en el cas anterior, indica una homogeneïtat significativa, que per la seva part, evidencia que es tracta d'una única producció (Figura 5.2.1.12). A part dels individus que es poden observar en la figura 5.2.1.11, segons el càlcul de les distàncies Mahalanobis al quadrat (Taula 5.2.1.13), es

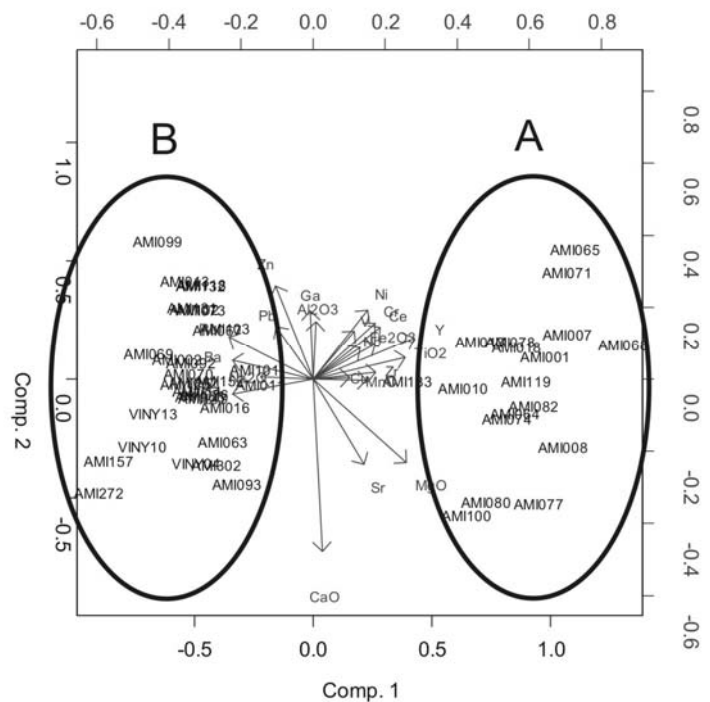


Figura 5.2.1.13: Gràfic bivariant del primer i segon components principal, resultants de l'anàlisi de components principals

poden observar altres tres individus que podrien formar part d'aquesta producció **B**: VINY03, AMI005 i AMI084. D'aquests tres, els dos primers presenten una composició molt similar a la resta dels individus del grup B. En canvi, l'última: AMI084 és diferent no només perquè és calcari, sinó perquè presenta diferències en les concertacions de la majoria dels elements. Per tant, podem ampliar el grup **B** amb dos individus més (VINY03 i AMI005).

Així doncs, finalment, el grup **B** no conté només àmfores procedents del jaciment d'Alorda Park (Calafell, Baix Penedès) sinó que també tres individus procedents del camp de sitjes de la Vinya d'en Pau i onze del jaciment de Trepucó (Menorca, Illes Balears). La provenença d'aquesta producció, tampoc no és coneguda. L'únic aspecte conegut és que totes les àmfores que s'engloben a aquest grup es defineixen tipològicament com a de producció cosetana. D'acord amb tots aquest aspectes, la producció **B**, de la mateixa manera que l'**A**, es pot definir com a una altra URCP de la zona cosetana. La composició química d'aquesta URCP (32 individus), després d'haver calculat la mitjana aritmètica de les concentracions de a cada element químic i les seves desviacions estàndards, es pot veure en la Taula 5.2.1.12. Arribats a aquest punt, cal destacar dos fets molt importants. El primer aspecte important és la presència d'àmfores procedents de les Illes Balears dins d'una producció cosetana. Això indica en primer terme l'existència d'un intercanvi actiu entre la zona de la Cossetània i les Illes Balears. D'altra banda, el fet que aquesta

producció compregui individus procedents de dues zones diferents de la Cossetània, que actualment corresponen a l'Alt i el Baix Penedès significa un comerç interior dins de la mateixa cossetània.

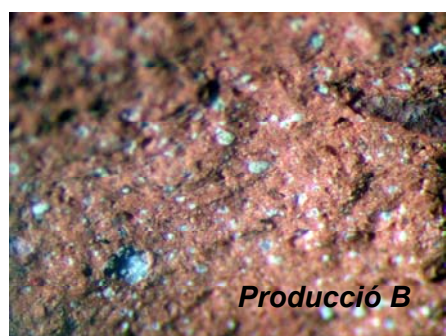
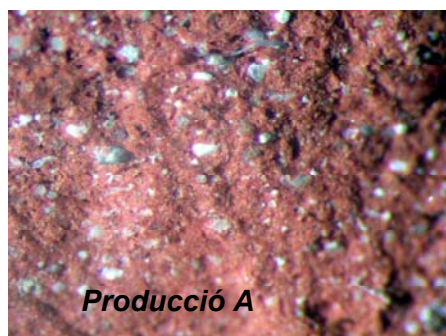


Figura 5.2.1.14: L'aspecte de la matriu ceràmica al Microscopi Binocular de les produccions A i B (no es poden tampoc distingir entre ells)

Malgrat que aquestes dues produccions **A** i **B**, presenten diferències químiques importants (Y, TiO, Zr i V, bàsicament, i petites diferències de Mg i Sr), com es pot distingir en el gràfic bivariant dels dos primers components principals en la Figura 5.2.1.13 (en aquest gràfic es representa el 63% de la variància) i, d'aquesta manera es poden discriminar, en la Figura 5.2.1.14 es pot observar que tipològicament, no és possible fer cap distinció clara entre ells, ja que comprenen variants tipològiques similars del

mateix suptius, que és el subtipus cossetà (2C). Tampoc és possible distingir entre elles partint de l'aspecte de la matriu ceràmica al Microscopi Binocular (Figura 5.2.1.14). Partint d'aquestes similituds, si calculem MVC unint aquestes dues URCP-s obtenim una v_t igual a 0.7, que podria indicar un origen geoquímic similar. En la Figura 5.2.1.16 presentem la làmina amb la tipologia característica d'aquestes dues produccions.

D'altra banda, pel que fa la relació d'aquestes dues produccions **A i B** amb els altres dues **VA i VB**, identificades a dues diferents zones de la Cossetània, són totalment diferents químicament com a es pot observar en el gràfic bivariant de la Figura 5.2.1.15, que representa els dos primers components principals. Aquest gràfic representa el 92% de la variància i en el es conatata que les produccions **A i B** que es relacionen degut a la seva probable procedència del sud fe de la Cossetània (Callafell, Baix Penedès) i **VA, VB** que es realcionen a zona actual nord de la Cossetània, presenten diferències químiques imortants en quasi tots els elements majors i traces analitzades.

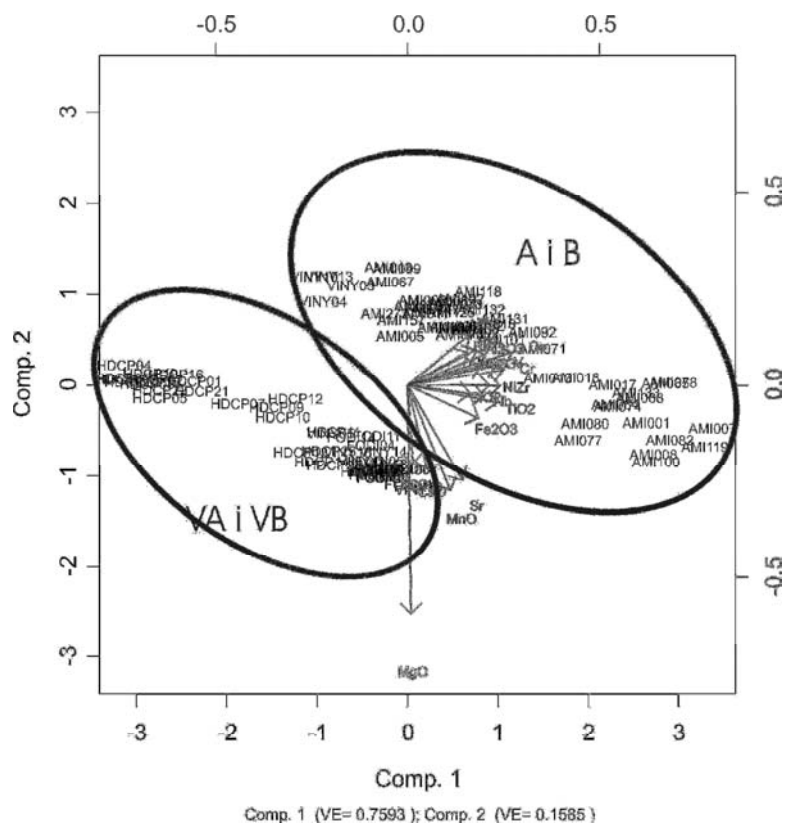


Figura 5.2.1.15: Gràfic bivariant del primer i segon components principal, resultants de l'anàlisi de components principals dels individus dels grups A, B, VA i VB.

Ara bé, el gràfic bivariant dels dos primers components principals indica que les diferències més pronunciades es deuen al magnèsi, manganès, calci i estronci. De fet, aquestes són les diferències òbvies que es poden distingir a primera vista observant les dedes crues. **VA i VB** són produccions calcàries, amb continguts de magnesi

relativament elevats. En canvi, les produccions **A** i **B** engloben individus amb un contingut de calci i magnesi molt més baix. Una altra diferència, molt significativa, és que **VA** i **VB** contenen concentracions de K_2O quasi bé dos vegades més altes que els grups **A** i **B**. Les seves concentracions d' Al_2O_3 igualment presenta diferències importants. D'altra banda presenten diferències menys significatives, tot i que importants, en tots els elements químics. D'aquesta manera, es pot constatar que, amb una probabilitat alta, la zona d'incertitud (origen) dels grups **VA-VB** i **A-B** no pot ésser la mateixa. És interessant, malgrat tot, que hagi individus de Vinya den Pau, que es troba a la possible zona productora dels grups **VA** i **VB**, classificats en el grup **B**. Ara bé, com que a partir de la informació tipològica, tots quatre produccions són cossetanes, malgrat que, no estem segurs de la provenença de les produccions **A** i **B**, aquest fet suposa un indicatiu de la circulació de les àmfores ibèriques les entre diferents zones de la mateixa Cossetania.

A l'esquerra del grup **B**, en la Figura 5.2.1.1, hi ha quatre individus (AMI303, AMI304, AMI311 i 314), procedents del Pou de l'Alorda Park que semblen formar un grup propi, el grup **P**. Aquest grup químic presenta una variació total molt baixa ($vt=0.1$), fet que significa que possiblement correspon a una única producció. Malgrat tot, el fet que aquest grup compregui només quatre individus fa difícil confirmar aquesta hipòtesis, ja que en nivell estadístic aquest nombre d'individus és molt baix. Ara bé, el caràcter calcari d'aquest grup i el seu contingut baix en MgO el diferencia tant dels grups **A** i **B** com dels **VA** i **VB**. La provenença d'aquesta possible producció encara és desconeguda, ja que no hi ha cap informació arqueològica sobre el possible taller. Ara bé, la tipologia de totes les àmfores que s'hi classifiquen és de tipus laietà antic, que és una tipologia comuna, que circula a tota la costa catalana al segle VI a.C., abans que, es pugui fer cap distinció tipològica entre les diferents produccions (comunicació personal de M. Miñaro) .

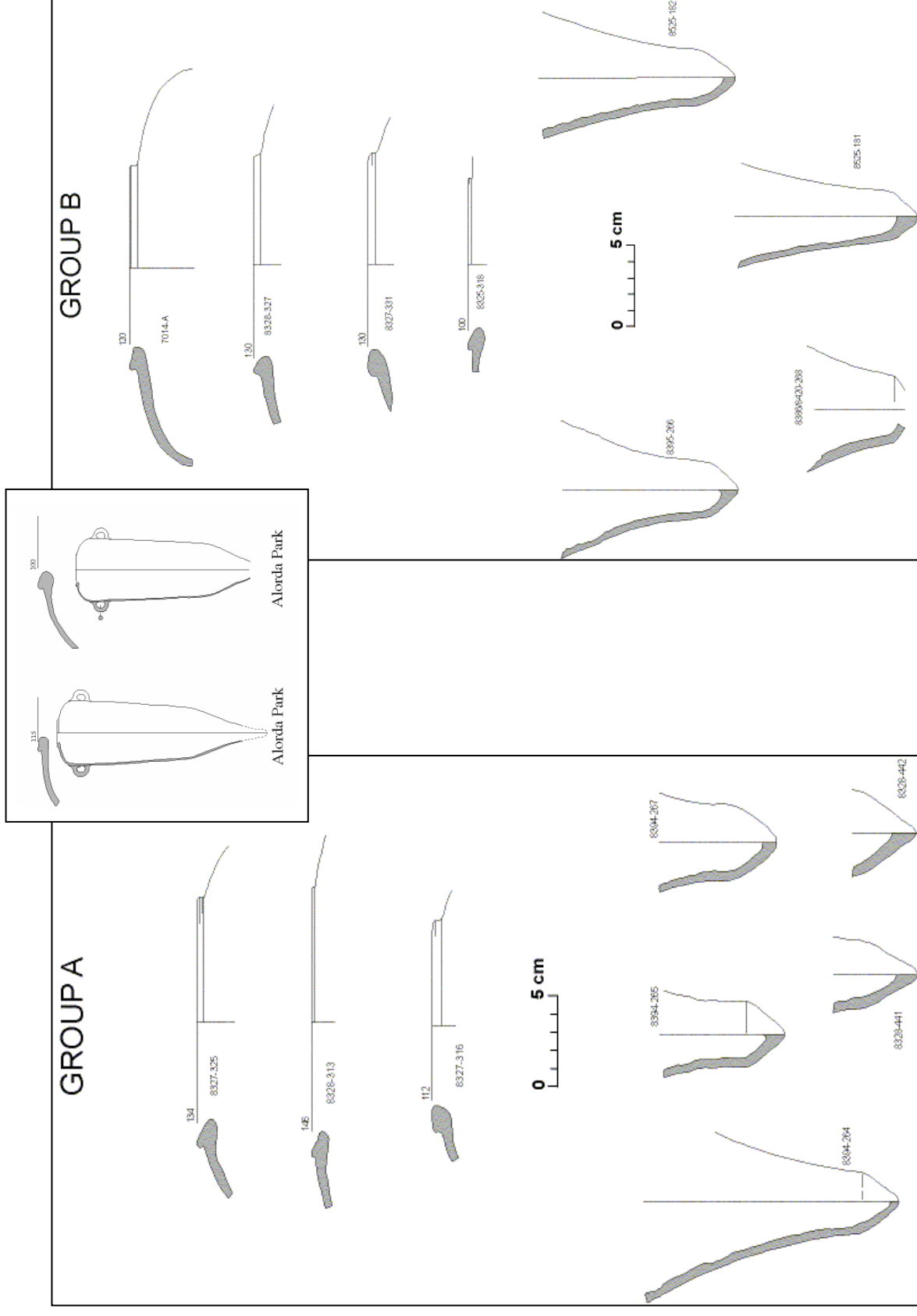


Figura 5.2.1.16: Tipologia dels produccions A i B (dibuix fet per Miñarro; Tsantini et al, 2005)

En mig dels grups **A** i **B**, es troben dues agrupacions que en el dendrograma de la Figura 5.2.1.1 s'anomenen **Y** i **Z**. La raó principal perquè aquestes agrupacions s'ubiquin al costat d'aquestes produccions és el caràcter mitjanament calcari dels individus que comprenen. Calculant la MVC per totes dues agrupacions, en ambdós casos obtenim una variació total significativament alta, que indica el seu poligenisme. Aquest poligenisme, a més es pot comprovar observant les seves composicions químiques. D'aquesta manera cap d'aquest dos grups no sembla correspondre a una única producció i, consegüentment, aquests dos grups no seran presos en consideració més a la continuació.

Catorze dels individus procedents del País Valencià es troben dins de l'agrupació **PV**, indicat amb color verd clar en la Figura 5.2.1.1. En aquesta agrupació, a més, es troba un individu d'Alorda Park (AMI083). Observant la composició química d'aquests individus, es pot entendre, que el seu caràcter poc calcari és la raó per la que aquest conjunt se situï al costat de la producció laietana. Malgrat tot, aquest conjunt d'individus no es pot relacionar de cap manera amb la producció laietana, per les seves diferències químiques essencials respecte d'ella.

La composició química dels individus pertanyents al grup PV, entre altres aspectes, destaca pel contingut relatiu molt més alt de K_2O i molt més baix de Na_2O . La MCV (Taula 5.2.1.14) calculada per aquest conjunt presenta una $v_T=0.98$, que és alta per un grup monogènic. Tot i que, segons a aquesta MCV els P_2O_5 ($\vartheta_i= 5.9851$; $v_T/\vartheta_i= 0.1635$) i el Pb ($\vartheta_i= 2.5725$; $v_T/\vartheta_i= 0.3804$), que són elements que fàcilment poden estar contaminats, contribueixen en gran part a la variabilitat en aquest conjunt de dades. Repetint la MCV sense aquests dos elements la v_T corregida ($v_T=0.649$) baixa significativament. Malgrat tot, encara és alt com perquè aquesta agrupació es pugui considerar monogènica. Segons l'última MCV els elements que més variabilitat introdueixen en les dades són, en primer lloc, el Na_2O ($\vartheta_i= 3.2488$; $v_T/\vartheta_i= 0.1831$), després el CaO ($\vartheta_i= 3.1845$; $v_T/\vartheta_i= 0.1867$) i finalment, el MnO ($\vartheta_i= 2.1532$; $v_T/\vartheta_i= 0.2761$). La variabilitat introduïda pel Na_2O , de fet, es deu a l'individu AMI394, que presenta el doble de

percentage en aquest element respecte la resta dels individus. El contingut de calci, d'altre banda, majoritàriament es al voltant del 2% en aquests individus tret en tres (AMI389, AMI083 i AMI393) que presenten aproximadament el doble (4%). Tot i així, aquesta variació de CaO és possible per a les matèries primeres, fins i tot, del mateix origen, ja que aquest element acostuma a variar molt dins de la mateixa font. Les dades crues, indiquen igualment que la variació real de MnO tampoc no és tant significativa.

Ara bé, la procedència d'aquest idividus és València, tret una única exePCIó que ve d'Alorda Park. De fet, la majoria (8 individus; AMI362, AMI363, AMI364, AMI365, AMI386, AMI387, AMI392, AMI393 i AMI394) procedeixen del jaciment de Catellet de Bernabé (Llíria), un del Tossal de St. Miquel (Llíria) (AMI389), un del Puntal dels Llops (Olocau) (AMI398), un de la Muela d'Arriba (Requena) (AMI365), un de la Bastida de les Alcusses (Moixent) (AMI371) i, finalment, un d'Alorda Park (AMI083). Tot i això, no podem relacionar a aquesta produCCIó amb cap taller, ja que, tots els fragments mostreigats de València procedeixen de possibles centres receptors. Ara bé, les tipologies semblen ser locals. Finalment, definim el URCP d'aquest grup **PV** en la Taula 5.2.1.15. Hi ha una observació important que cal fer, a aquest punt, i aquesta és que, la presència d'una àmfora procedent de la Cossetània en un grup de possible origen edetà indica una certa circulació amfòrica entre les dues àrees.

D'altra banda, al costat als grups **VA** i **VB** en el dendrogramma es troben les agrupacions **TB**, **BB** i **IB**. Malgrat tot, de les tres agrupacions anteriorment esmentats l'única que podria correspondre a una produCCIó amfòrica real és la **IB**, ja que el **TB**, malgrat que sembla formar un grup químic homogeni, els individus que comprèn, s'uneixen només per el seu contingut molt alt en K₂O (al voltant del 4-6%) i, probablement, pel relativament alt contingut en MgO.

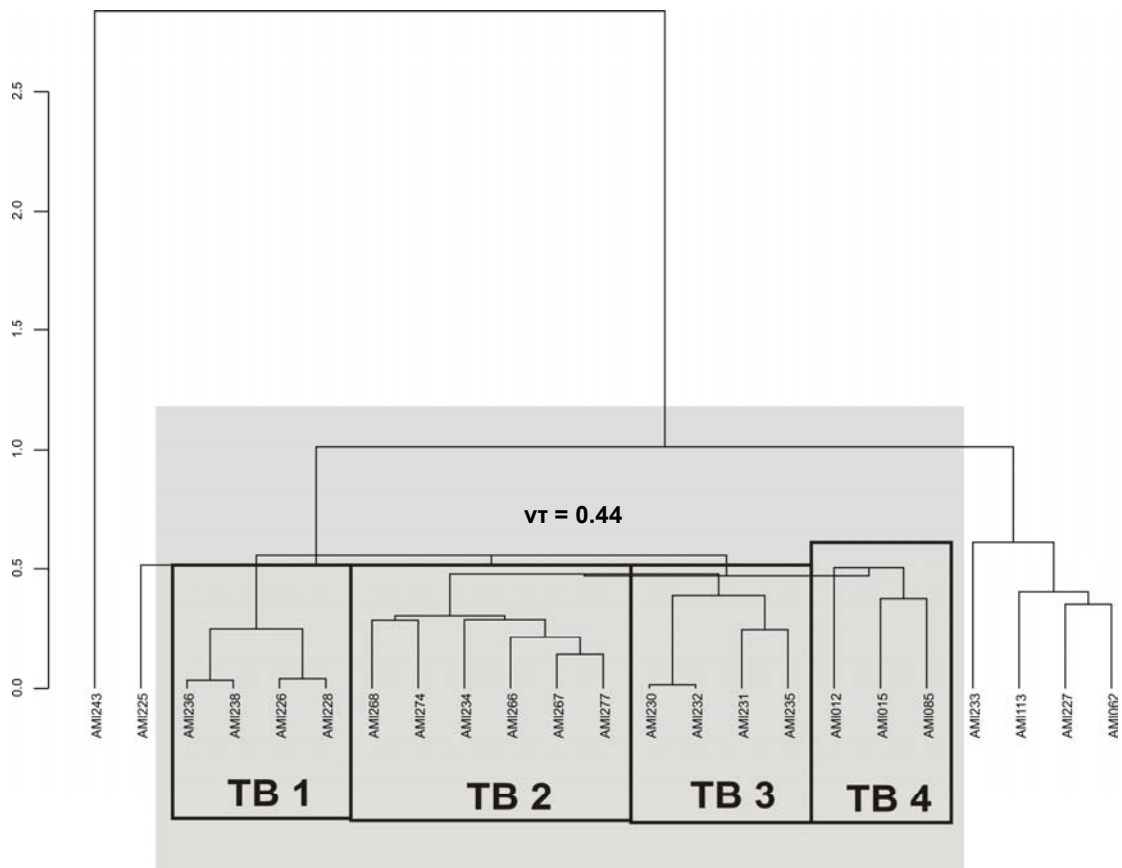


Figura 5.1.2.17: Dendrograma l'anàlisi de conglomerats sobre la subcompocisió: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , SiO_2 , Ba , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr (sense P_2O_3 , Pb , K_2O , Rb utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide sobre els individus de la agrupació de TB

Després de transformar les dades crues en logaritmes de raons, sense considerar components Mo , Sn , Co , W i PAF , emprant el Nb com a divisor i realitzar l'anàlisi de conglomerats sobre la subcompocisió: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , SiO_2 , Ba , Th , Zr , Y , Sr , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr (és a dir, sense K_2O i Rb que fa que aquest individus s'agrupin) utilitzant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, en el dendrograma de la Figura 5.2.1.17 es pot distingir que es tracta de quatre grups diferents corresponents a quatre produccions diferents i, a més, alguns individus que no es poden classificar dins d'aquest grups. La vt , dels individus del rectangle gris de la Figura 5.1.2.17, sense incloure els individus mal classificats, és 0.4404. Aquesta variació total és suficientment baixa com per a indicar un possible origen geoquímic similar, però és, al mateix temps, massa alta, per a que aquest conjunt d'individus es pugui considerar monogènic. Així doncs, i d'acord

amb les diferències químiques que es presenten entre aquest grups, considerem que es tracta de quatre produccions diferents. Malgrat tot, existeix una alta probabilitat que provinguin de la mateixa zona d'incertitud o conjunció. Els individus ubicats en aquesta agrupació procedeixen de diversos possibles centres receptors, concretament, tot els individus englobats dins dels grups **TB₁** i **TB₃** procedeixen del jaciment de Castellet de Banyoles (Tivissa, Ribera d'Ebre), els individus pertanyents al grup **TB₂** s'han recuperat del jaciment de Mas Casteller de Pontós (Alt Empordà) i els del grup **TB₄** s'han mostrejar a assentament d'Alorda Park de Calafell (Baix Penedès). D'aquesta manera tots aquest grups són URPC d'u origen desconegut. Les mitjanes altimètriques dels elements i les seves desviacions estàndards per cada grup es donen a les Taules 5.2.1.16; 5.1.2.17; 5.1.2.18 i 5.1.2.19. Observant a aquestes Taules es pot fer una observació interessant. En el cas dels **TB₁**, **TB₂** i **TB₃**, les concentracions de Na₂O són molt baixos i les de K₂O relativament alts, aquets aspectes, malgrat que aquest grup semblen ésser calcaris, els relacionen certa manera amb la producció **PV**.

D'altra banda el grup **BB**, que inclou, bàsicament, individus procedents de les Illes Balears, tot i que, a primera vista sembla un grup químic homogeni, és bastant heterogeni quan la seva composició química. Per tant no es pot considerar una única producció. A partir d'aquest moment tampoc tindrem en consideració a aquesta agrupació.

Per a poder investigar si en el cas del grup **IB** es podria tractar d'una única producció, hem calculat, de la mateixa manera que en els altres casos, la MCV. D'acord amb aquesta matriu la vt és igual a 1.0607. Aquesta vt és alta per indicar una mostra monogènica. Un altre aspecte que es pot observar en la MVC és que la major part de la variabilitat es deu al P₂O₅ ($\vartheta_i=11.1502$; $vt/\vartheta_i=0.0951$), i al Pb ($\vartheta_i=5.5099$; $vt/\vartheta_i=0.1925$), tots dos elements que fàcilment es contaminen. Repetint la MVC sense aquest dos elements, la vt és significativament més baixa, ja que s'igual a 0.4746. En aquesta nova MVC, els elements Sr ($\vartheta_i=2.0170$; $vt/\vartheta_i=0.2148$) i Na₂O ($\vartheta_i=2.1224$; $vt/\vartheta_i=0.2042$) són als que més variabilitat introdueixen en aquest conjunt de dades. El MgO

($\vartheta_i=1.4643$; $vt/\vartheta_i=0.2960$), CaO ($\vartheta_i=1.3001$; $vt/\vartheta_i=0.3333$) i Ba ($\vartheta_i=1.0474$; $vt/\vartheta_i=0.1925$), també contribueixen a una variabilitat alta a aquest conjunt. De fet la variabilitat introduïda per tots aquests elements quan són emprats com a divisors en la transformació “alr” en logaritmes de raons és igual o superior al 50%. A més, una simple observació dels diferents valors de la MVC permet constatar que el valor més elevat correspon a la variació relativa del fòsfor i el sodi ($\vartheta_{P_2O_5,Na_2O}=0.3665$). En canvi, el SiO₂ ($\vartheta_i=1.0668$; $vt/\vartheta_i=0.9165$) és l'element que menys participa en la variabilitat en les nostres dades. La característica comuna més obvia a primera vista entre els individus que comprèn aquest grup, són uns continguts molt alts de MgO i de CaO i relativament alts de Sr. Aquests últims en el cas de dos individus AMI153 i AMI163 sobrepassa el seu límit superior de regressió.

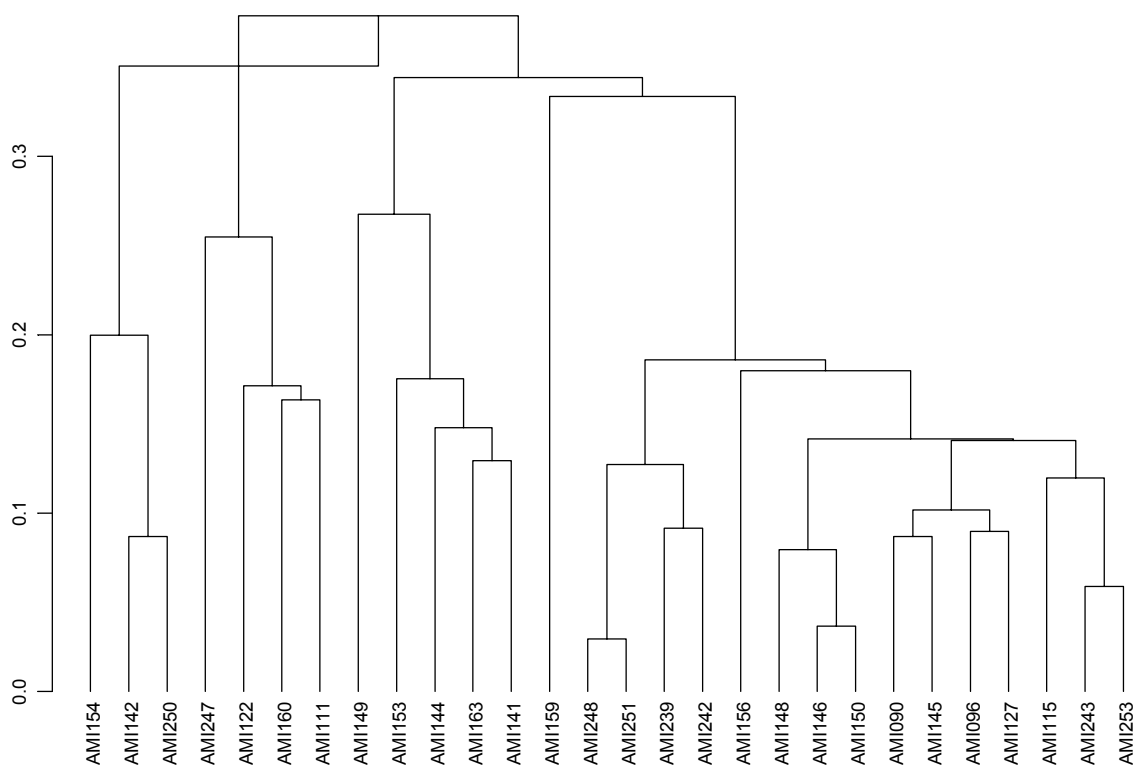


Figura 5.2.1.18: El dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, Na₂O, K₂O, Rb, Nb, Zr, Y, Ce, Ga, V, Zn, Ni i Cr, utilitzant el SiO₂ com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centre, sobre els 28 individus del grup IB

Per veure si es poden observar algunes diferències importants dins d'aquesta agrupació, s'ha realitzat l'anàlisi de conglomerats sobre la

subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , Na_2O , K_2O , Rb , Nb , Zr , Y , Ce , Ga , V , Zn , Ni i Cr s utilitzant el SiO_2 com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 28 individus del grup IB, el dendrograma resultant d'aquesta anàlisi es presenta en la Figura 5.2.1.18.

Segons aquest dendrograma es veuen diferències, tot i que no es poden veure grups clars. La variació més alta s'observa en les concentracions relatives de MgO , CaO , Sr i Ba . Tot i així, aquest són elements que poden variar una mica més en les ceràmiques calcàries i, per tant, aquestes diferències no es poden considerar significatives per a no considerar aquest grup homogeni.

Ara bé, segons les distàncies Mahalanobis (Taula 5.2.1.20), hi ha varis altres individus (indicats amb fons gris) que podrien formar part d'aquest grup. Malgrat tot, ja que la v_t , ja és força elevada per als 28 individus, considerem com a grup corresponent a una possible producció aquest 28 individus. Aquesta possible producció comprèn individus procedents exclusivament del jaciment de Trepucó (Menorca, Illes Balears), de la tipologia dels quals no tenim cap informació en el moment. No podem, per tant, fer cap inferència sobre el possible origen d'aquest grup i, d'aquesta manera, l'anomenem el URPC de Trepucó. La seva composició química i les desviacions estàndards de cada element es veuen en la Taula 5.2.1.21.

Finalment, en el dendrograma de la Figura 5.2.1.1 es pot observar, que tots els individus mostrejats del centre productor contestà Campello (Illeta dels Banyets, Alacant) estan situats al costat esquerra del dendrograma per la seva composició particular, formant una gran agrupació.

Per a poder i fer una primera estimació sobre el caràcter monogènic o poligènic d'aquest conjunt d'individus, de la mateixa manera que en els casos anteriors, s'ha calculat la matriu de variació composicional (MVC) només per

aquest individus (sense considerar els elements Mo, Th, Sn, Co i W), després de transformar les dades crues en logaritmes de raons.

Segons aquesta matriu de variabilitat compocional (Taula 5.2.1.22.), la variació total (vt) és 4.4776. Aquesta vt. es pot considerar molt alta per a una mostra monogènica. De fet, es pot observar una altíssima variabilitat introduïda per tots els elements químics analitzats i, per tant, ha estat necessari investigar aquest conjunt de dades separatament de les altres i de manera detallada. La MCV, a més, evidencia que l'element que més variabilitat introdueix en aquest conjunt de dades és el Pb ($s_{.i}=68.2124$; $vt/s_{.i}=0.0656$). Això es deu al fet que, hi ha cinc individus que presenten continguts extraordinàriament alts de plom. Aquest alt contingut de Pb es deu a possibles alteracions i/o contaminacions postdeposicionals. Per tant, aquest element no es pot considerar en aplicar mètodes estadístics sobre les dades químiques obtingudes. A més, aquestes contaminacions afecten també altres elements, concretament, l'Y, el Ga i, en un nivell menys significatiu, el Rb i el Cu. Per aquesta raó no utilitzarem tampoc aquest elements en l'estudi químic. Treient tots aquest elements, la vt. corregida és significativament més baixa (1.84), tot i que encara indica una mostra heterogènia. Observant la composició química, es poden veure variacions importants en les concertacions relatives de MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ba i Sr, malgrat que a primera vista es poden distingir alguns aspectes comuns en general es tracta d'un material calcari amb un contingut relativament alt de MgO, Na₂O, K₂O i Ba. Ara bé, el que més destaca en la seva composició química és un contingut tant alt de Sr que, tret de 18 individus supera el seu límit superior de regressió. Probablement per a aquesta raó, tots aquests individus semblen formar un únic grup. A les zones d'interior de Múrcia i Alacant es troben varis unitats litogràfics d'evaporites bàsicament formades durant l'època del Triàsic que presenten guix amb concentracions de Sr significativament elevades (des de 1100, fins a 7100 ppm) (IGME, 1986). És, per tant, probable que l'elevada concertacions de Sr en les àmfores procedents de l'abocador del centre productor del Campello sigui originari, malgrat que no podem confirmar ni afirmar que no es tracti de contaminacions o /i alteracions.

En el dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Nb, Zr, Ce, V, Zn, Ni i Cr, utilitzant el SiO_2 com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide (Figura, 5.2.1.19) sobre els 45 individus de Campello (que és la totalitat d'individus mostrejats en aquest jaciment), podem observar la possible presència de dos grups diferents (**CampA** i **CampB**) a una distància ultramètrica baixa, així com a altres individus que no es poden classificar dins d'aquests grups.

Ara bé, entre els individus no classificats en aquests grups es troben els quatre individus procedents del poblat del Campello. Un d'ells, l'AMI361, es troba a una posició absolutament marginal en el dendrograma, degut a la seva composició absolutament peculiar respecte de la resta d'aquests individus. És a més, l'únic individu que té una concertació baixa de Sr.

D'altra banda, observant la composició química, es pot veure que la resta dels individus que es troba fora del rectangle blau en la figura 5.2.1.19 presenta composicions químiques significativament diferents respecte dels que es troben dins del rectangle. Així doncs, si calculem la MCV sobre els individus que es troben dins del rectangle blau la $vt=0.61$. Aquesta variació total indica que no tots els individus ubicats dins del rectangle podrien formar part de la mateixa producció. Tornant a la composició crua, es pot observar, en primer lloc, que cada un dels individus que es troben a l'esquerra del grup **CampB** presenta diferències significatives respecte als dos grups **CampA** i **CampB**. i que, a més són diferents entre ells. L'AMI358 destaca per la seva concertació relativament alta de MgO i significativament alta de Na_2O , Al mateix temps, el seu contingut de MnO i Rb és notablement més baix. L'AMI355 presenta dues vegades menys Na_2O que els individus dels grups anteriorment esmentats, a part de tenir el contingut de Zr i Cu òbviament més elevat. L'AMI337 té el doble de Na_2O i MgO així com un Ba significativament més elevat. En canvi, presenta la meitat de CaO i Rb, tot i que la resta de la seva composició s'assembla al grup **CampA**. L'AMI338 se separa del grup **CampA** per un contingut lleugerament més baix de Na_2O i significativament més baix de K_2O , a més, pel

fet de tenir la concertació del Ba molt elevada. L'AMI347 s'assembla químicament al grup **CampB**. La seva única però important diferència respecte d'aquest grup és un contingut de Rb significativament més baix. L'AMI339 assembla al **CampA**, però presenta concentracions de MgO i K₂O tres cops més elevats i del Rb més baixos. A part d'això, presenta els seus Zr, V i Cu més elevats. De la mateixa manera, l'AMI357 s'assembla químicament al mateix grup, tot i que la seva concentració de Na₂O és el doble i el seu contingut de Rb lleugerament més baix. Al mateix temps, té una concertació de Zr dues vegades més alta i els seus V i Cr també són més elevats. Finalment, l'AMI341 en alguns aspectes químics, s'assembla al grup **CampA**, en altres al grup **CampB**. Ara bé, a la dreta d'aquests grups (Figura 5.2.1.19) es troben uns individus, que malgrat les seves diferències entre ells presenten algunes diferències comunes respecte dels grups anteriorment esmentats. Els tres primers (AMI348, AMI328 i AMI336) tenen concentracions de Fe₂O i MgO més elevades, mentre que el contingut de CaO i Al₂O₃ més baix. Els altres tres (AMI59 AMI318 i AMI333) presenten concentracions de MgO i CaO més elevades i, al mateix temps, les d'Al₂O₃ més baixes.

Ara bé la vt de la MCV calculada sobre els dos grups conjuntament és relativament baixa, ja que és igual a 0.35. Això, segurament, indica un origen geoquímic comú o molt similar. Malgrat això, es poden observar varies diferències químiques entre aquests dos grups. Així, per exemple, **CampB** presenta concentracions relatives més elevades de Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, Zr i Ni, i més baixes de MnO, CaO, MgO i Na₂O. Aquests aspectes ens obliguen considerar aquest dos grups com a produccions diferents.

Finalment la vt calculada pels individus del grup **CampA** podem és igual a 0.26. Aquest fet indica una homogeneïtat química molt significativa, que a més, es pot confirmar observant la composició química dels individus pertanyents a aquest grup. La mateixa homogeneïtat caracteritza al grup **CampB** amb una vt=0.22.

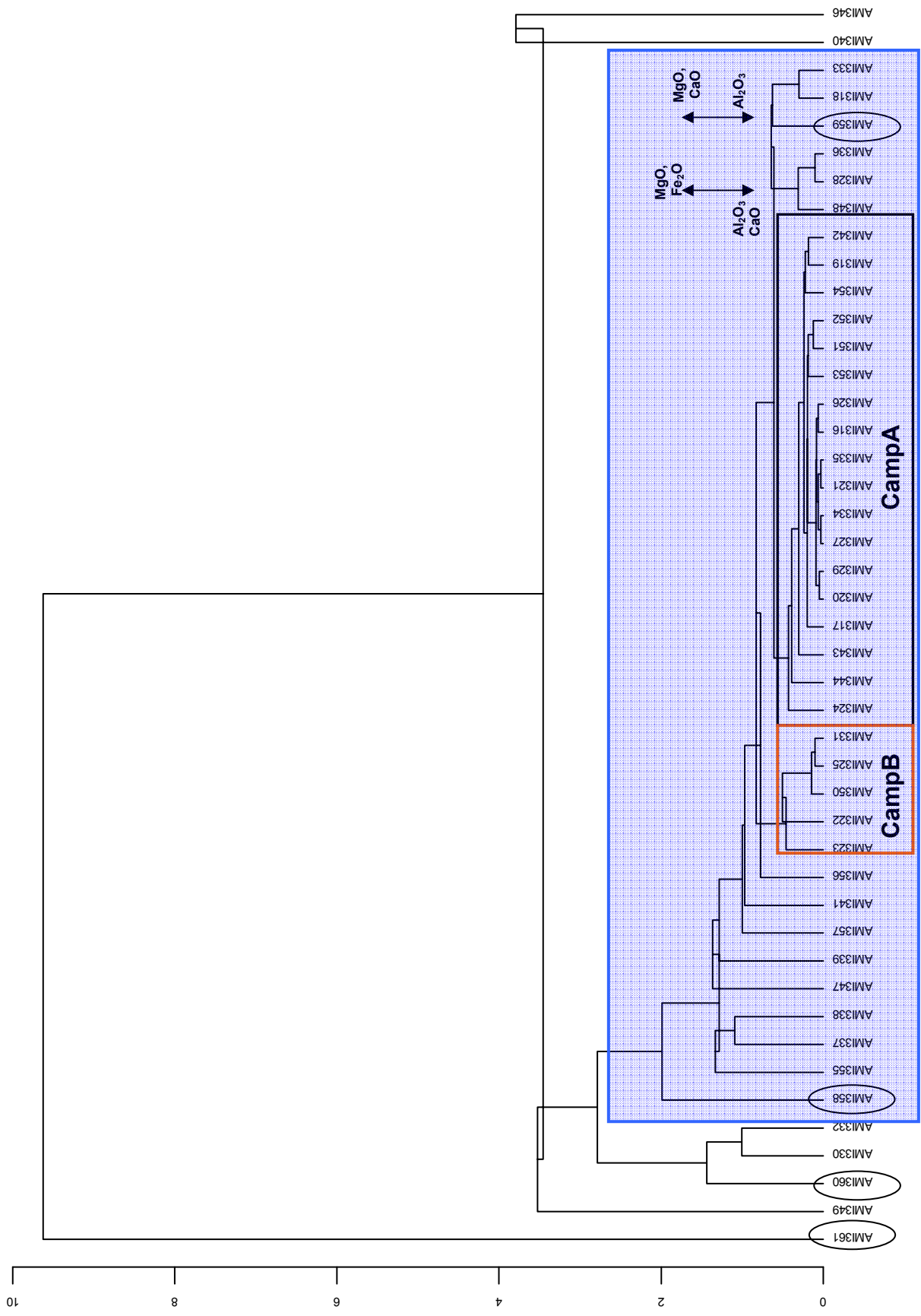


Figura 5.2.1.19: El dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Ba, Rb, Nb, Zr, Ce, V, Zn, Ni i Cr utilitzant el SiO₂ com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 45 individus procedents del Campello.

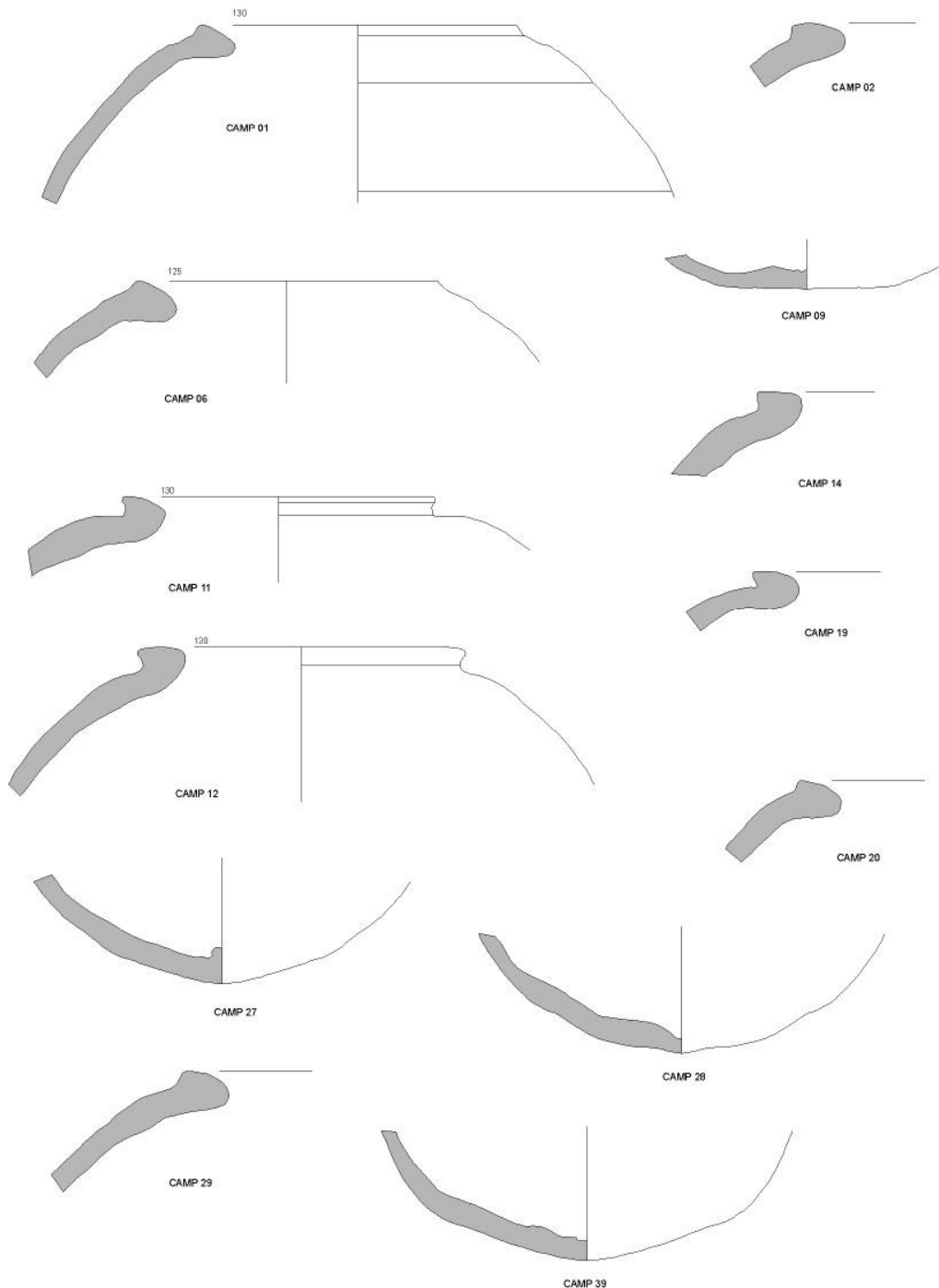


Figura 5.2.1.20: Làmina amb peçes de la tipologia característica de la producció CampB del taller del Campello de l'Illeta de Banyets (Alacant).

Per concloure amb aquestes produccions i a treballant en nivell de incertitud **Ni**), ja el material analitzat prové del abocador alguns dels individus que pertanyen a aquest grups segons al inventari procedeixen de nivells del mateix forn i del testar del forn número 2. Per aquesta raó els grups **CampA** i **CampB** només es poden definir com a dos GR-s del centre productor de Campello. La làmina amb la tipologia característica de la producció **CampB**,

que en nombre és el més representatiu d'aquest centre productor es pot veure a la Figura 5.2.1.20. Igualment, cal destacar que els individus pertanyents a madòs grups han estat definides tipològicament com a produccions d'aquets mateix taller (comunicació personal de la Marta Miñaro) Les seves composicions químiques amb les desviacions estàndards de cada element es donen en les Taules 5.2.1.23 i 5.2.1.24.

Finalment, per completar el nostre estudi químic, varem analitzar aleatòriament 101 individus per Activació Neutrònica (NAA) al National Centre for Scientific Research, "Demokritos" (Atenes, Grècia). Mitjançant a aquesta tècnica es quantifiquen 25 elements químics, que tret el Fe, Ca i K, són elements menors i traces. Les dades químiques obtingudes per NAA es poden veure a la Taula 5.2.1.25 (ANNEX II). De la mateixa manera que amb les dades químiques obtingudes per FRX, per poder avaluar la variabilitat dins d'aquest conjunt de dades, hem calculat, en primer lloc, la MVC. La v_t segons aquesta matriu (Figura 5.2.1.26) és igual a 1,7395. Aquesta variació total tant alta indica la probable existència de més d'una producció. La major part de la variabilitat, en aquest cas, s'introdueix pels següents elements: Ca, Na, As. A més el Ba, K, Cs i Rb contribueixen significativament a la variabilitat. Per poder entendre les diferències químiques i veure si ha havien alguns similituds que podrien indicar diferents produccions, després de la transformació de les dades crues a logaritmes de raons, emprant el Ta, que és l'element que menys variabilitat introdueix en aquest conjunt de dades, com a divisor, hem realitzat el dendrograma emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomerador del centroide sobre la subcomposició Sm, Lu, U, Yb, As, Sb, Ca, Na, K, La, Ce, Th, Cr, Hf, Ba, Zr, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn i Eu. Aquest dendrograma es pot observar a la Figura 5.2.1.21. L'estructura que es pot observar en aquest dendrograma és molt clara. Els individus laietans es separen dels cossetans i dels procedents de les illes balears. Alhora, aquest dendrograma confirma els resultats químics obtinguts per FRX, ja que es pot observar que es formen als mateixos grups ja definits. En primer lloc, es poden distingir les produccions cossetanes, **A** i **B**. Després, el grup **C** que comprés tant individus de la producció **LAI** com altres individus de laietània. Finalment el grup **IB+TB**, que majoritàriament comenen individus d'aquest produccions i, també

altres individus procedents de Trepucó (Menorca). Ara bé cal destacar un aspecte important, a part de poder separar les diferents produccions, l'estudi químic per NAA, confirma la nostra sospexa que les produccions **TB** guarden alguna relació amb el grup **IB** i que, el caràcter fins i tot dels individus no classificats de les Illes Balears és peculiar. La composició química segos l'anàlisi per NAA de les produccions A i B es donen a les Taules:5.2.1.27 i 5.2.1.28

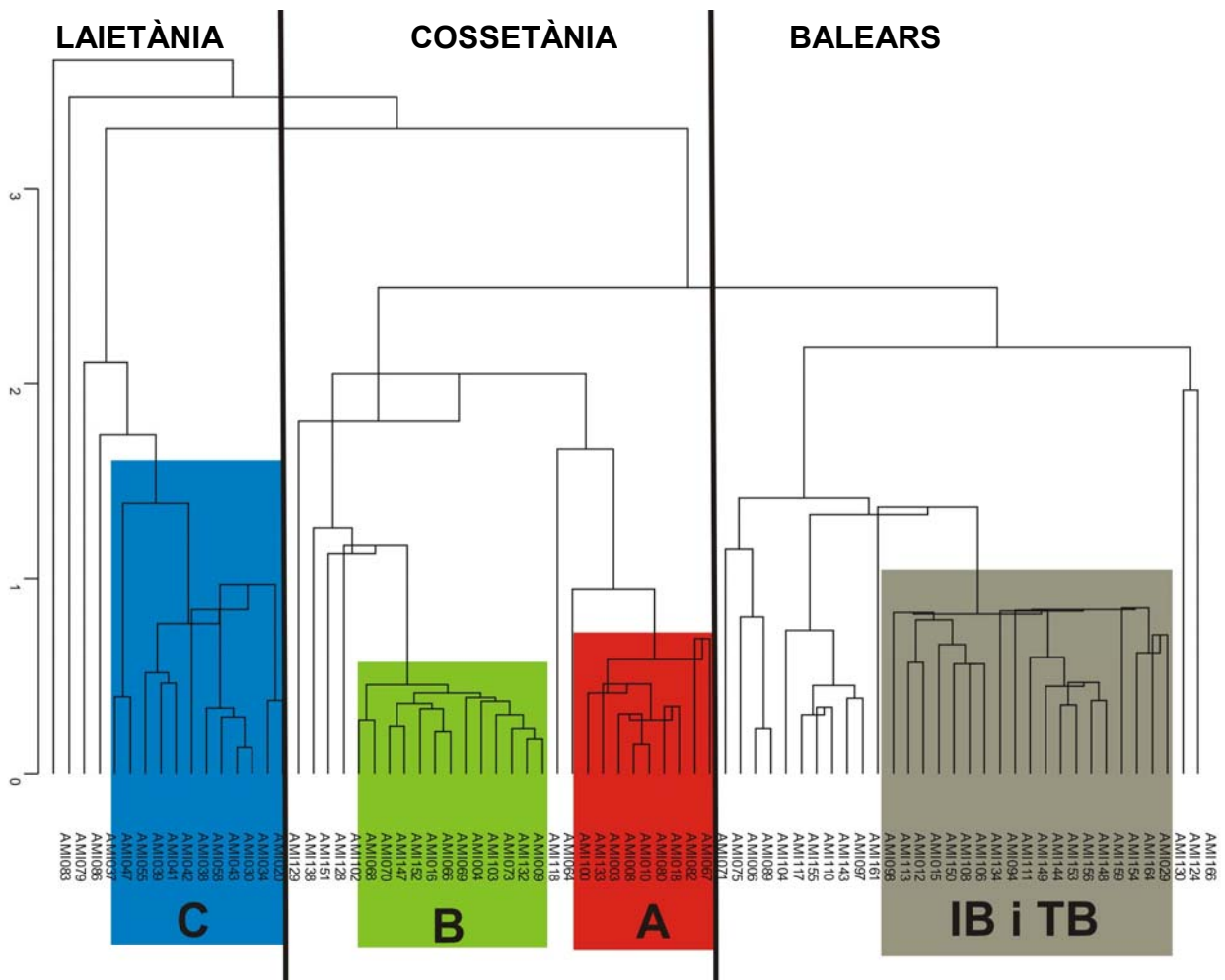


Figura 5.2.1.21: El dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats sobre la subcomposició Sm, Lu, U, Yb, As, Sb, Ca, Na, K, La, Ce, Th, Cr, Hf, Ba, Zr, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn i Eu emprant el Ta com a divisor en la transformació en logaritmes de raons, emprant la distància euclidiana al quadrat i l'algoritme aglomeratiu del centroide, sobre els 101 individus analitzats per NAA..

Abans d'acabar amb els recultats químics és important destacar que dels 469 individus analitzats hi ha 219 que no s'han pogut classificar en cap dels grups identificats mitjançant l'estudi químic (quasi el 50%) i per poder Resumir

de manera fàcil tota la informació sobre els individus mostrejats en els diferents jaciments inclosos en la nostra Tesi Doctoral i pertanyents a les diferents produccions i els que no s'han pogut classificar, amb tots els cometaris necessaris, presentem la Taula 5.2.1.29 (ANNEX II).

5.2.2 Resultats de l'anàlisi mineralògica per Difracció de Raigs X

Una de les divisions bàsiques que es pot establir entre ceràmiques des del punt de vista químic, que afecta significativament els aspectes mineralògics relacionats amb les temperatures de cocció, és si el material estudiat pertany al grup de las ceràmiques calcàries (amb un contingut de CaO superior al 5-6%) o al de las ceràmiques poc calcàries (amb un contingut de CaO inferior al 5-6%). En las ceràmiques calcàries, aquest alt contingut en CaO, es deu bàsicament a la presència de carbonats i altres fases minerals que, durant la cocció, es descomponen facilitant l'aparició de calcosilicats i aluminosilicats (gehlenita, plagiòclasi, dipòsit, wollastonita, etc.). A més, la descomposició dels carbonats produeix CO_2 en forma de gas, que provoca la formació d'una microestructura tipus cel·lular que es pot estudiar per Microscòpia Electrònica de Rasterig, i unes propietats físiques i mecàniques

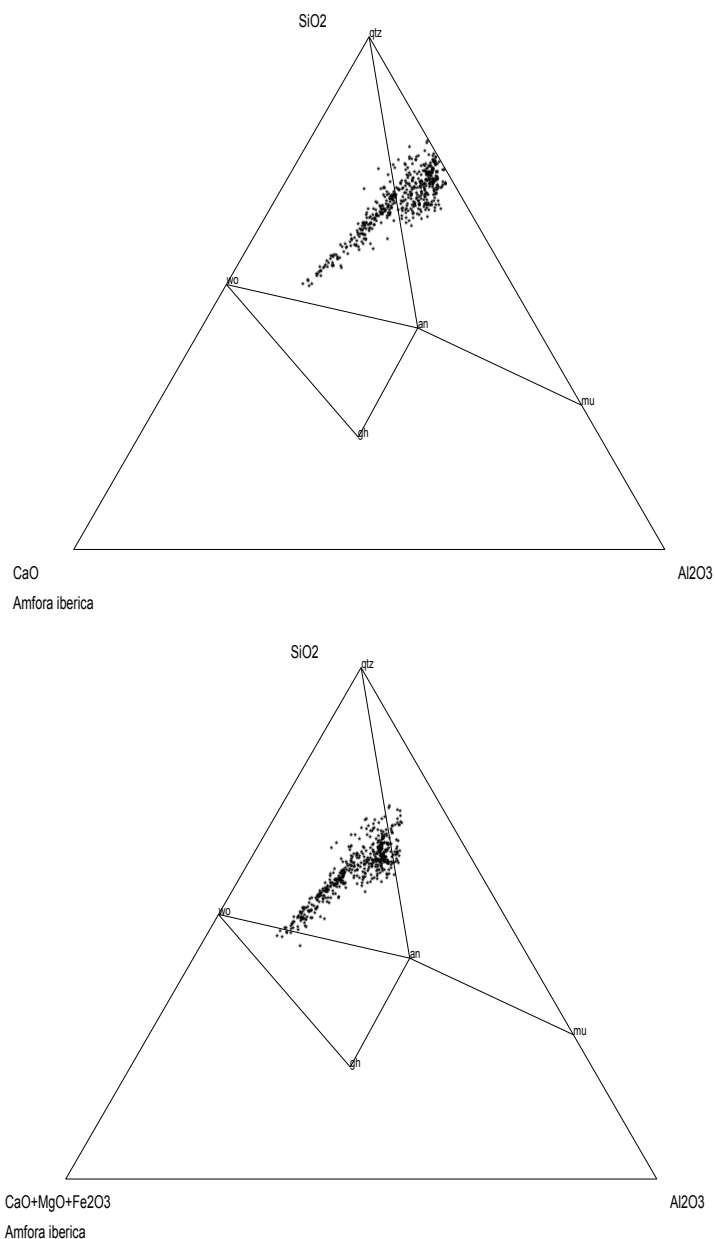


Figura 5.2.2.1: Localització dels individus analitzats en el diagrama ternari $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. i en el diagrama ternari de $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$; qtz = quars; wo= wollastonita; an = anortita; mu = mullita; gh = gehlenita;

particulars (Maggetti, 1981; Maniatis et al., 1981; Kilikoglou et al., 1988; 1995; 1998; Kilikoglou i Vekinis 1998). En canvi, una composició poc calcària o tindria com a resultat l'aparició de magnesosilicats i aluminosilicats (enstatites, clinoenstatites, espinel·la, mul·lita, etc.) durant la cocció i, a part d'això, a una temperatura alta, es desenvolupa una microestructura totalment diferent, amb una fase vítria continua i unes propietats diferents a les anteriorment esmentades. Finalment, en el cas de les ceràmiques calcàries amb un contingut de magnesi alt, totes les fases de cocció anteriorment esmentades es desenvolupen simultàniament. En el cas de les àmfors ibèriques es marquen totes aquestes tendències (Figura 5.2.2.1), ja que hi ha material poc calcari, mitjanament calcari, calcari, molt calcari i calcari amb un alt contingut de MgO. La millor manera per poder visualitzar les tendències mineralògiques d'un material amb característiques químiques específiques, són representar-les en un diagrama ternari. Aquests diagrames s'utilitzen freqüentment pels geòlegs i, originalment, s'havien emprat per poder preveure el tipus dels minerals que es desenvoluparien a una temperatura i una pressió concreta quan la magma volcànica es solidifiqués.

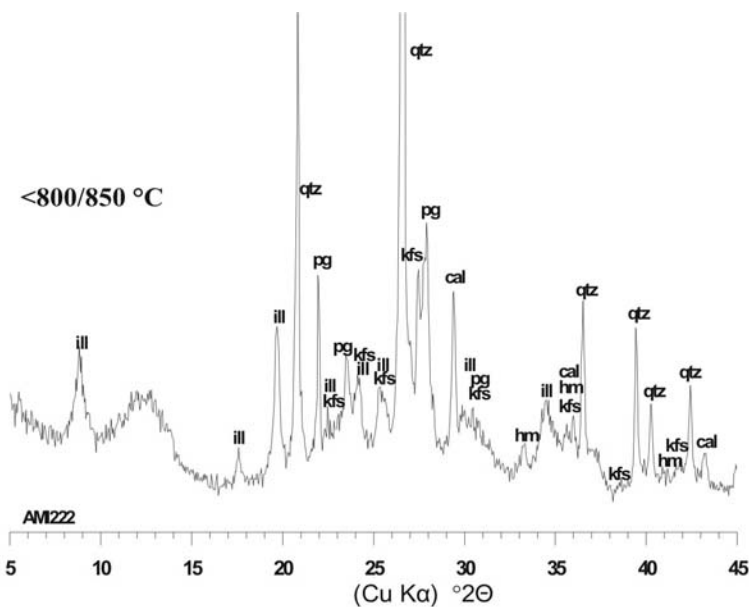


Figura 5.2.2.2: Difractograma de l'individu AMI222 representant la fàbrica LAI₁, ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi, qtz= quars; cal= calcita; hm= hematites.

Tots els individus classificats dins del URPC LAI (possible producció del forn de la Riera de Sant Simó) són poc calcàries (3.53% ± 0.69%). A més, aquests individus es reparteixen en tres fàbriques diferents corresponents a tres rangs de temperatura de cocció equivalents diferents.

Els individus AMI222 i VAC010 configuren la primera fàbrica LAI₁ (Figura 5.2.2.2) els seus difractograms no presenten fases de cocció clares i, paral·lelament, mostren la

presència de fases primàries com illita-moscovita i feldspats potàssics. D'altra banda, és difícil saber si d'hematites en els seus difractogrames és una fase primària o de cocció, sense verificar-lo mitjançant un treball experimental (Buxeda *et al.*, 1995) o, la observació dels canvis microestructurals que es poden identificar a partir de la Microscòpia Electrònica de Rastreig (Tite i Maniatis, 1975; Tite *et al.* 1982). Per tant la TCE que es pot estimar per aquestes dues àmfores és baixa, concretament es troba per sota als 800/850 °C.

La segona fàbrica **LAI₂** (Figura 5.2.2.3), està representada per 24 individus: AMI020, AMI022, AMI040, AMI041, AMI049, AMI050, AMI057, AMI061, AMI165, AMI169, AMI182, AMI189, AMI190, AMI191, AMI193, AMI194, AMI209, AMI210, AMI213, AMI224, VAC002, VAC006, VAC007 i VAC009. La majoria dels difractogrames d'aquests individus encara presenten pics clars d'il·lita-moscovita, però junt amb possibles fases de cocció, que es formen en ceràmiques poc calcàries, com ara l'espinel·la i la clinoenstatita. La plagiòclasi en aquest cas, igualment, podria representar una fase primària. D'acord amb la presència d'aquestes fases cristal·lines, la TCE per a aquesta fàbrica pot ésser estimada en la forquilla dels 850-950°C, el que suposa una bona cocció.

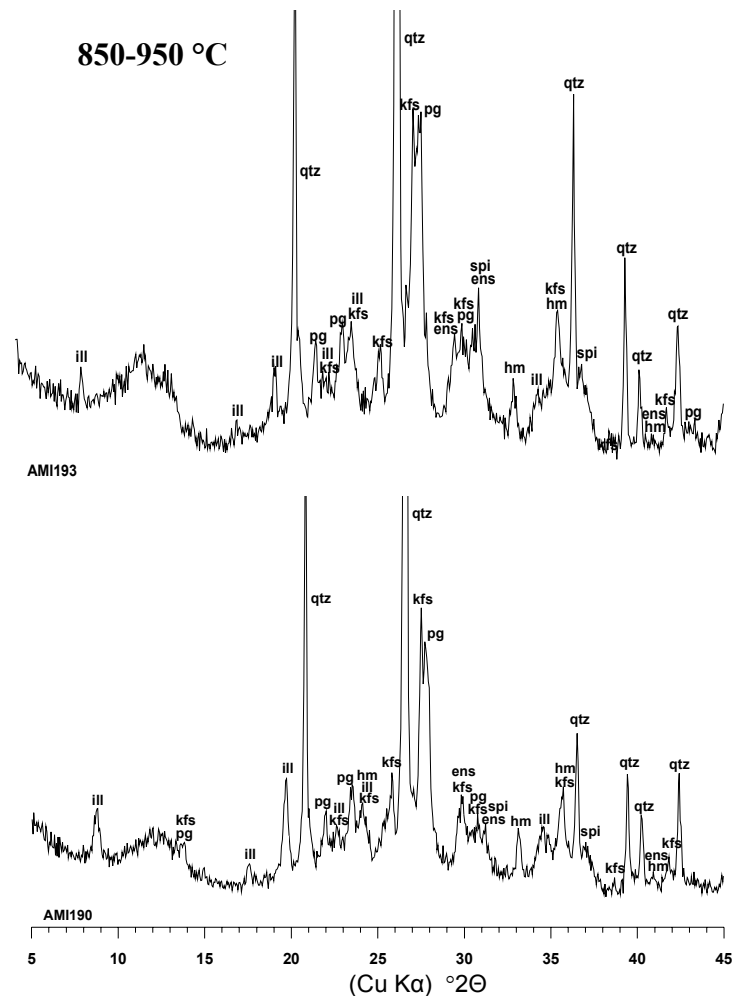


Figura 5.2.2.3: Difractograma dels individus AMI190 i AMI193, que representen la fàbrica **LAI₂**; ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi, qtz= quars; hm= hematites, ens=clinoenstatita, spi=espinel·la.

Igualment, cal esmentar, que tres dels individus (AMI020,

AMI049 i AMI189) d'aquesta fàbrica presenten pics a 8.39 Å i a 3.10Å que possiblement corresponen a un amfíbol.

Finalment, cal dir, que hi ha dos individus AMI210 i AMI224 que mostren l'existència de calcita en els seus difractogrames. Aquest dos individus tenen uns concertacions de CaO lleugerament superiors que a la de la resta d'aquesta fàbrica. Així doncs, aquesta calcita podria ésser calcita primària no descomposta, però també podria correspondre a calcita secundària (Buxeda i

Cau 1995, Cau *et al.* 2002). L'única manera de respondre a aquesta pregunta seria combinar la DRX amb Microscòpia Òptica per làmina prima.

La fàbrica **LAI₃** comprèn 16 individus: AMI019, AMI021, AMI028, AMI040, AMI045, AMI048, AMI060, AMI168, AMI172, AMI188, AMI196, AMI199, AMI207, AMI216, AMI221 i VAC003. Els difractogrames (Figura 5.2.2.4) d'aquests individus mostren que la il·lita-moscovita es troba enprocés de descomposició quasi total (absència del pic de 10Å d'il·lita-moscovita) i paral·lelament els pics de les fases de cocció (clinoenstatita, espinel·la, etc.) són molt més intensos. En

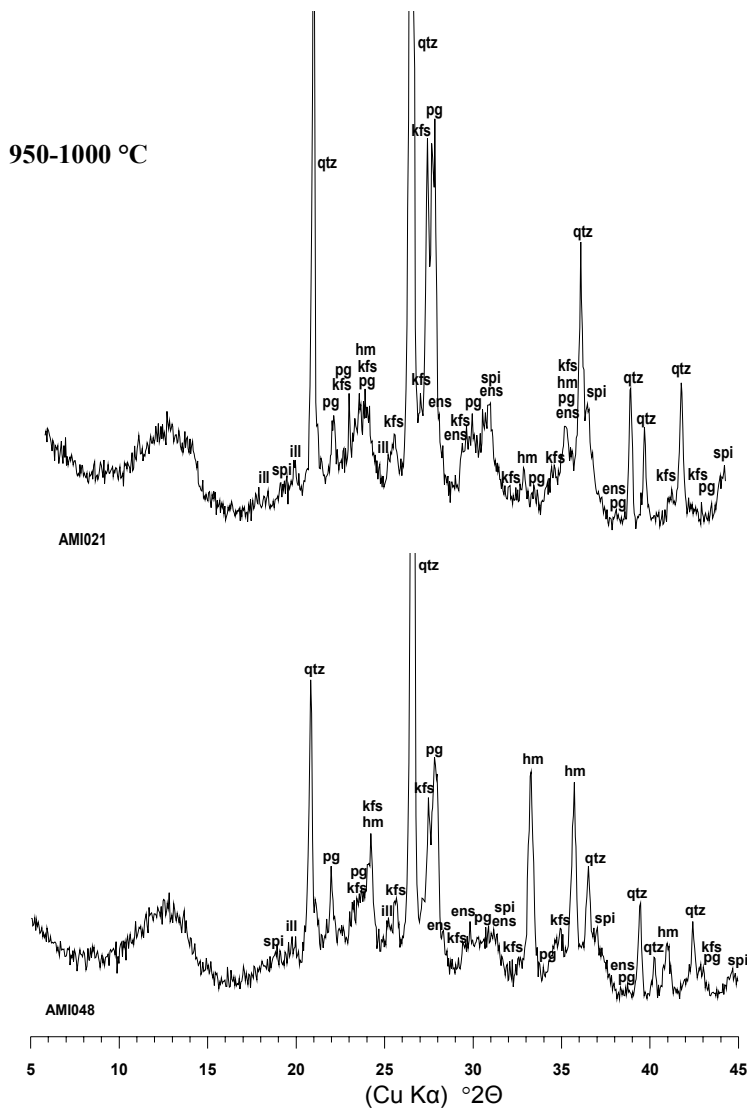


Figura 5.2.2.4: Difractograma dels individus AMI021 i AMI048 que representen la fàbrica **LAI₃**, ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; hm= hematites; ens=clinoenstatita; spi=espinel·la.

alguns casos (AMI168, AMI172, AMI196, AMI213 i AMI221) es pot observar un fort desenvolupament d'hematites com a fase de cocció. La TCE estimada per a aquest grup és en el rang de 950-1000°C. Temperatures que també suposen una bona cocció.

La quarta i última fàbrica, **LAI₄**, inclou 16 individus AMI036, AMI051, AMI054, AMI176, AMI179, AMI185, AMI192, AMI195, AMI198, AMI204, AMI212, AMI214, AMI215, AMI217, VAC004 i VAC008. En els difractogrames d'aquests espècimens (Figura 5.2.2.5) es pot distingir la descomposició completa de la il·lita-moscovita. Paral·lelament, els pics de les fases de cocció són encara més intensos i és notable la disminució significativa dels pics del quarz. A més, tots aquest individus presenten hercinita en els seus difractogrames que és una espinel·la rica en Fe²⁺. En ceràmica cuita en temperatures elevades i condicions reductores el contingut de Fe²⁺ de l'hematites s'introdueix en la xarxa cristal·lina de l'espinel·la, formant així una espinel·la rica en Fe²⁺ (Maggetti, 1981), que s'anomena hercinita. Tot i així, la presència d'hercinita no necessàriament significa una cocció en ambient exclusivament reductor, sinó en els casos que la cocció és ràpida i s'arriba a temperatures molt altes en poc temps, hi ha parts de la microestructura a on no arriba l'oxigen i, en aquestes zones, no s'efectua

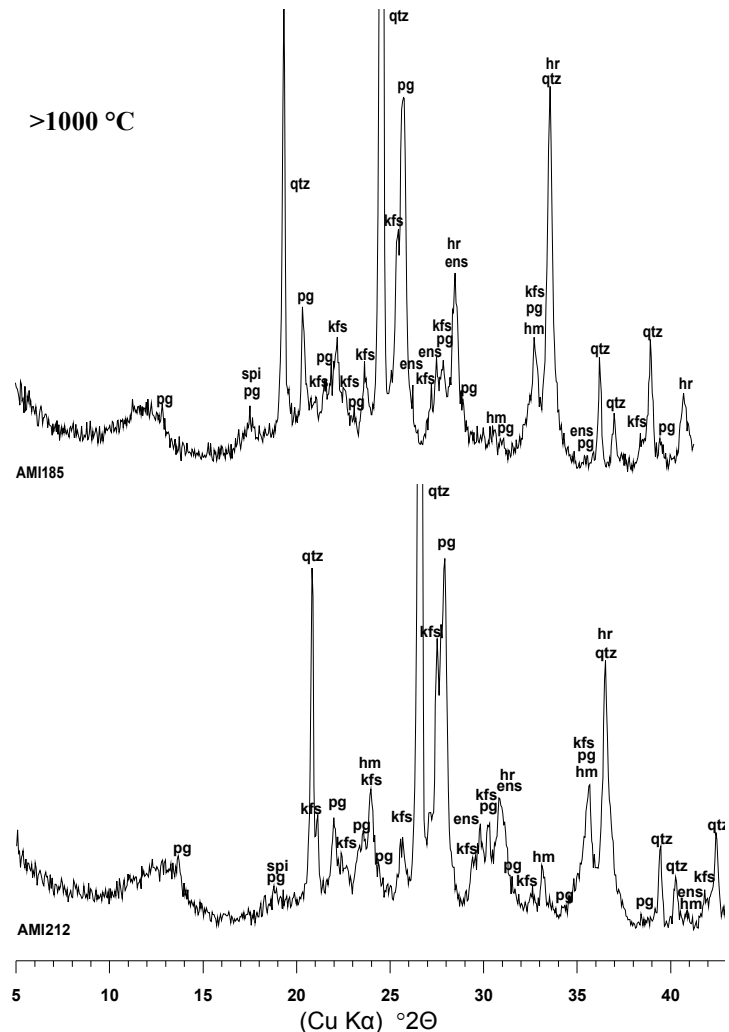


Figura 5.2.2.5: Difractograma dels individus AMI185 i AMI212 que representen la fàbrica **LAI₄**, ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi, qtz= quarz; px=piroxé hm= hematites; ens=clino-enstatita; hr=hercinita.

l'oxidació de la matriu. És, per tant, molt probable, que la formació de la herinita sigui accidental, ja que, en aquest cas, només es presenta en fàbriques d'alta temperatura. D'altra banda, en aquest difractograma es veu la descomposició total de la il·lita-moscovita, la disminució significativa del quars. Tots aquests aspectes indiquen una TCE superior als 1000°C.

En contrast als individus anteriorment descrits, el grup **PC**, que representa la URCP del Puig Castellar, presenta una tecnologia relativament diferent, ja que s'ha realitzat amb argiles de composició pràcticament calcària (CaO=10.5%).

Pel que fa a les temperatures de cocció equivalent (TCE), s'observen dins del grup **PC** dues fàbriques diferenciades. D'una banda, la fàbrica **PC₁** presenta clars pics d'il·lita-moscovita, junt amb possibles fases de cocció, com ara la gehlenita i el piroxè (Figura 5.2.2.6, superior). La presència d'aquestes fases permet estimar una TCE en la forquilla dels 850-950°C. Quatre dels cinc individus presents en aquest grup (AMI166, AMI170, AMI174 i AMI184), es poden incloure en

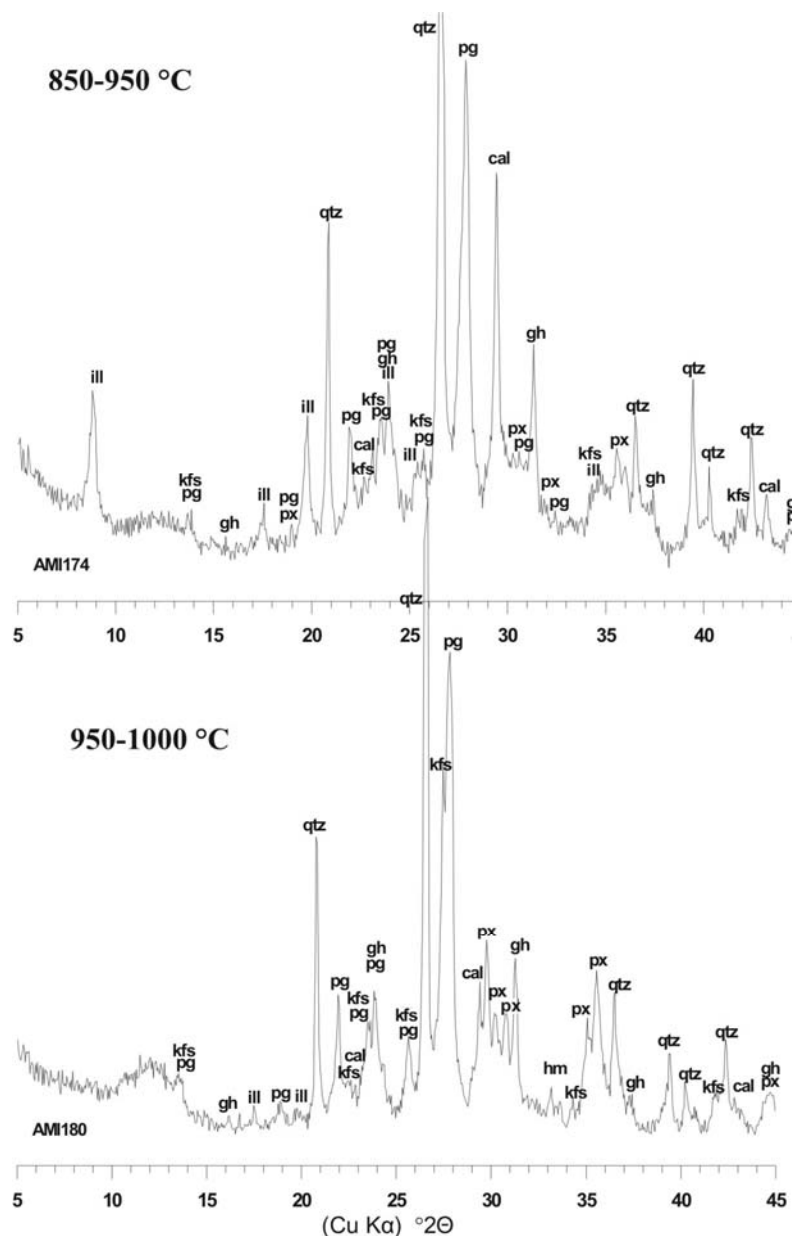


Figura 5.2.2.6 Difractogrames de l'individu AMI174 (dalt), representant la fàbrica **PC₁**, i de l'individu AMI180 (baix), representant la fàbrica **PC₂**. ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; gh= gehlenita; pg= plagiòclasi; px= piroxè; qtz= quars; cal= calcita; hm= hematites.

aquesta fàbrica. Pel que fa a l'individu restant (AMI180), configura ell sol una segona fàbrica anomenada **PC₂**. El seu difractograma (*Figura 5.2.2.6, inferior*) mostra la descomposició avançada dels fil·losilicats, en no observar-se el pic de 10 Å, permetent estimar una TCE en el rang de 950-1000°C, lleugerament superior a la de la fàbrica anterior. Ambdues fàbriques presenten unes TCE que es poden considerar d'una bona cocció.

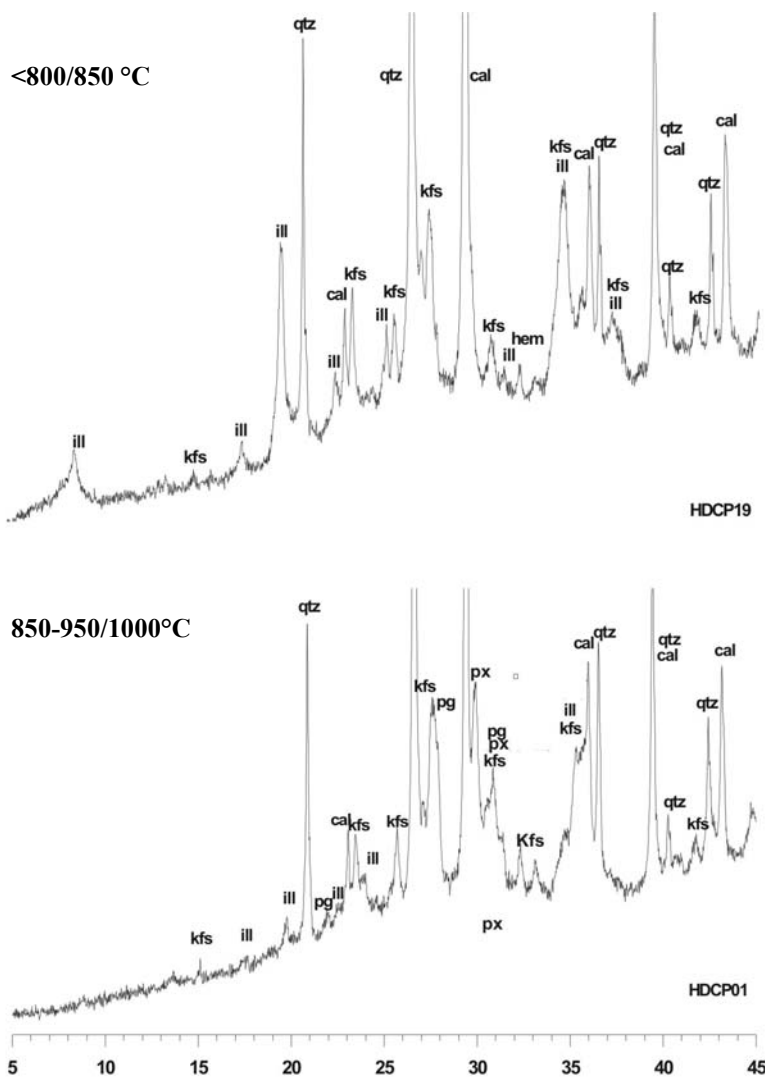


Figura 5.2.2.7 Difractogrames de l'individu HDCP19 (dalt), representant la fàbrica **VA₁**, i de l'individu HDCP01(baix), representant la fàbrica **VA₂**. ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; hem= hematites; ens=enstatita; clenst=clino-enstatita

Ara bé, les produccions **VA** i **VB** comprenen ceràmiques calcàries amb un contingut de magnesi relativament alt. Per tant, esperem el desenvolupament d'aluminosilicats i calcosilicats durant la cocció. Dins de la producció **VA** es poden distingir dues fàbriques mineralògiques diferents **VA₁** i **VA₂**. La primera fàbrica (*Figura 5.2.2.7: superior*) correspon a una temperatura equivalent de cocció baixa, ja que en el difractograma dels individus que comprèn no es pot distingir la presència clara de cap fase de cocció. La temperatura d'aquesta fàbrica es pot estimar al voltant dels 800-850 °C i els

individus que comprèn són els següents: HDCP05, HDCP06, HDCP15, HDCP17, HDCP21 i HDCP22. La fàbrica **VA₂** està configurada per set individus (HDCP01, HDCP02, HDCP03, HDCP04, HDCP07, HDCP16 i HDCP18). Els

seus difractogrames presenten pics clars de fases de cocció com ara gehlenita i piroxè (Figura 5.2.2.7, inferior). Al mateix temps, es pot observar la descomposició de les illites-moscovites en un primer estadi. La presència d'aquestes fases permet estimar una TCE en la forquilla dels 850-950/1000°C.

Exactament les mateixes fàbriques (Figura 5.2.2.8) es poden observar en el grup VB. **VB₁** amb una temperatura equivalent inferior als 800-850°C. i una altra **VB₂** amb una temperatura en la forquilla dels 850-950/1000°C. La primera fàbrica comprèn els individus: HDCP10, HDCP14, HDCP23, HDCP24, HDCP25, VINY12, VINY14, VINY16, FODI05 i FODI06. La segona els individus: HDCP09, HDCP11, HDCP12, HDCP13, FODI01, FODI02, FODI04, FODI07, FODI08, FODI09, FODI10 FODI11 FODI12, FODI13, FODI14, VINY11, VINY15, VINY16, VINY17 i VINY18.

La composició dels individus pertanyents a les produccions **A** i **B** és peculiar, ja que es troba al límit entre calcàries i poc calcàries i, al mateix temps, presenten una concertació de magnesi baix. Aquest aspecte té com a conseqüència que, durant la cocció, en aquest tipus de ceràmica es desenvolupin al mateix temps tant les fases de cocció característiques de les ceràmiques calcàries, com les fases de cocció característiques de les ceràmiques poc calcàries. Així doncs, en aquestes dues produccions es pot observar l'aparició simultània de calcosilcats, aluminosilcats (geh-lenita,

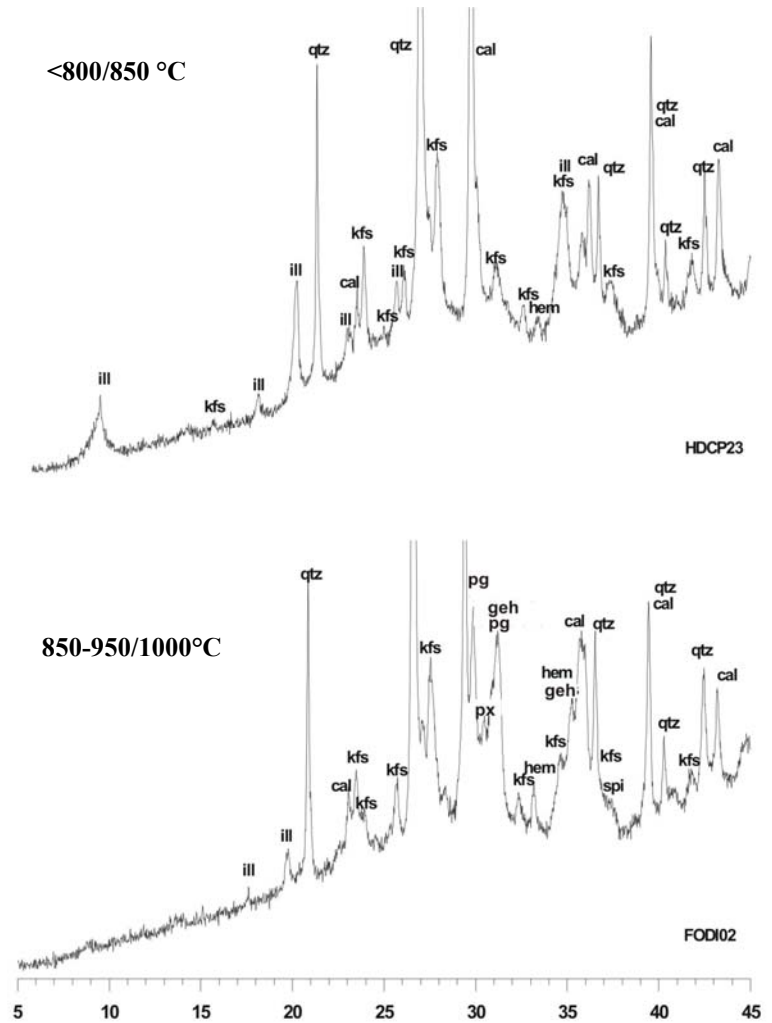


Figura 5.2.2.8 Difractogrames de l'individu HDCP23 (dalt), representant la fàbrica **VB** i de l'individu FODI02(baix), representant la fàbrica **VB**. ill = illita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; hem= hematites; ens=enstatita; clenst=clino-enstatita i spi=espinel·la.

plagiòclasi, diòpsid, etc.,) i magnesiosilicats (enstatita, clino-enstatita, espinel·la) durant la cocció.

D'aquestes dues produccions l'**A** es divideix en tres fàbriques mineralògiques diferents. La primera (**A₁**) (Figura 5.2.2; superior) comprèn els individus: AMI068, AMI078 i AMI080. Aquests individus no presenten fases de cocció clares en els seus difractograms. En canvi, mostren la presència de fases primàries com illita-moscovita i feldspats potàssics. Ara bé, sí que presenten plagiòclasi i hematites que podrien ésser tant fases primàries com a cocció. Aquets aspecte s'ha de verificar mitjançant un treball experimental (Buxeda *et al.*, 1995) o amb l'observació dels canvis microestructurals que es poden identificar a partir de la Microscòpia Electrònica de Rastreig (Tite i Maniatis, 1975; Tite *et al.* 1982). Per tant, de manera cautelar, considerarem que aquestes àmfores estan cuites a baixa temperatura, concretament al seu TCE es toba voltant dels 800-850 °C.

D'altra banda, la TCE de la segona fàbrica (**A₂**) (Figura 5.2.2.9; al mitg) es pot estimar sobre els 950-1000 °C. Aquesta fàbrica

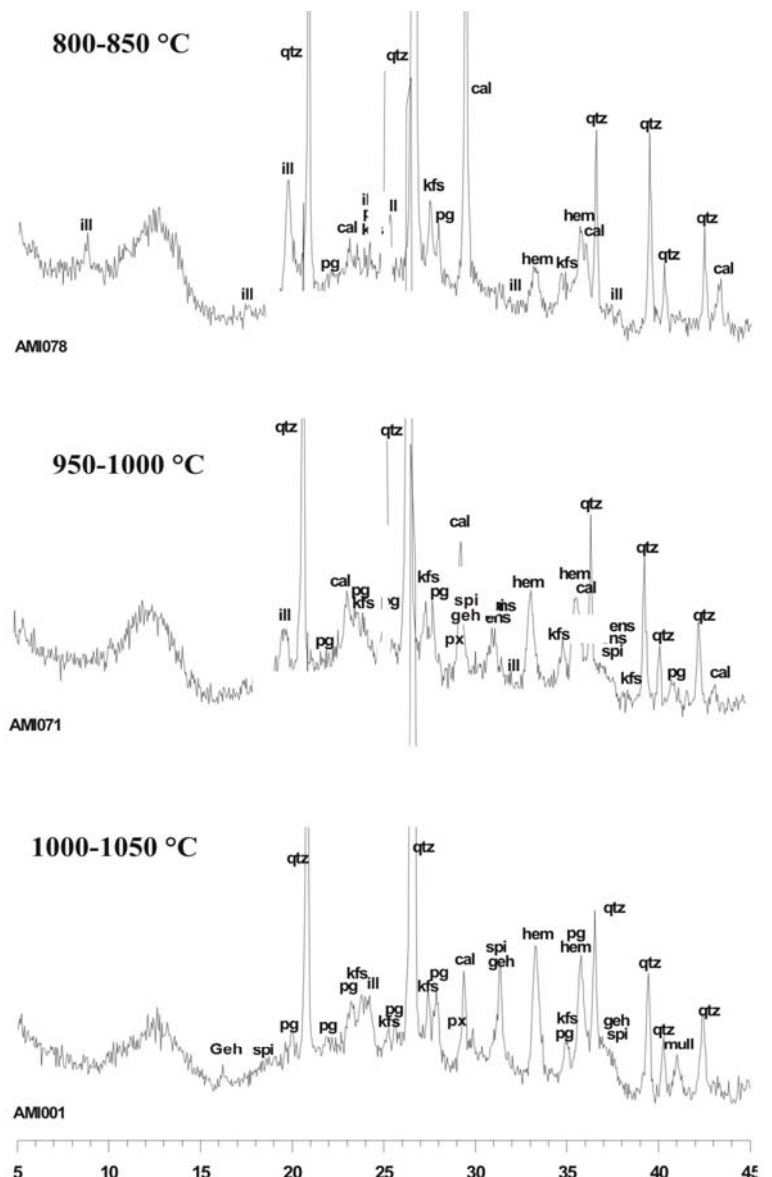


Figura 5.2.2.9 Difractograms de l'individu AMI078 (dalt), representant la fàbrica **A₁**, de l'individu AMI071 (mitg), representant la fàbrica **A₂**, i l'AMI001 (Inferior), representant la fàbrica **A₃**; ill = illita-moscovita; kfs = feldspat potàssic; pg = plagiòclasi; qtz = quars; cal = calcita; hem = hematites; ens = enstatita; clenst = clinoenstatita i spi = espinel·la;

inclou 12 individus: AMI008, AMI010, AMI0017, AMI018, AMI064, AMI065, AMI071, AMI074, AMI077, AMI082, AMI119 i AMI133. En els difractogrames d'aquests individus es fa òbvia la descomposició de les fases primàries com la

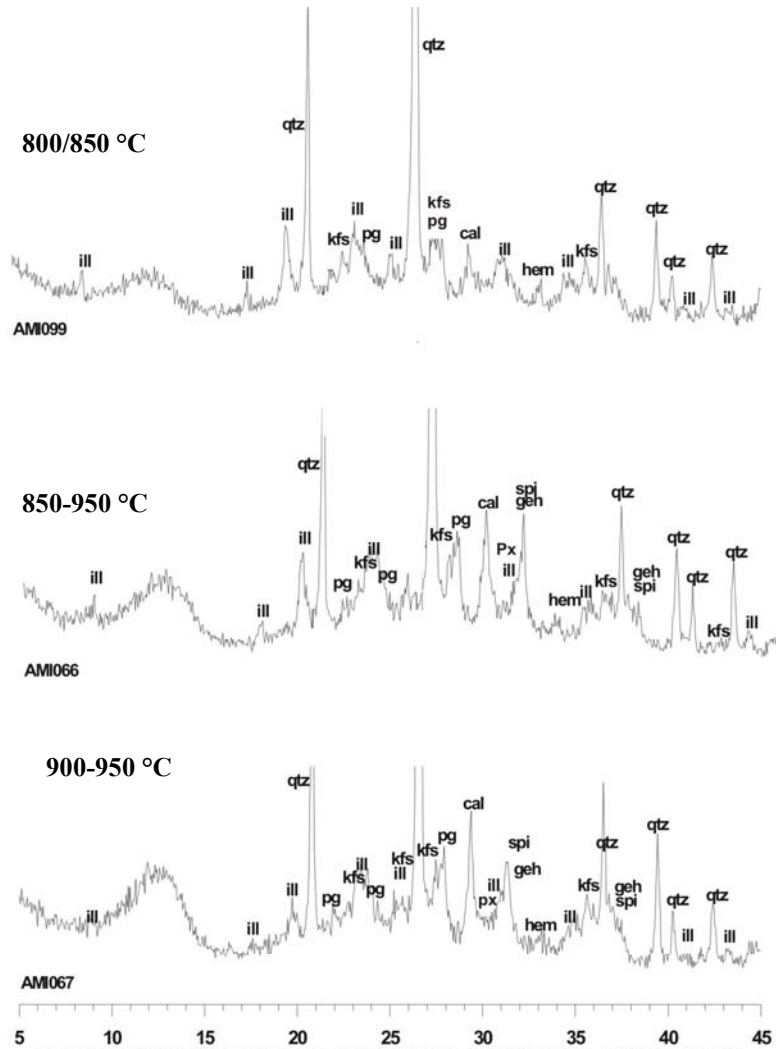


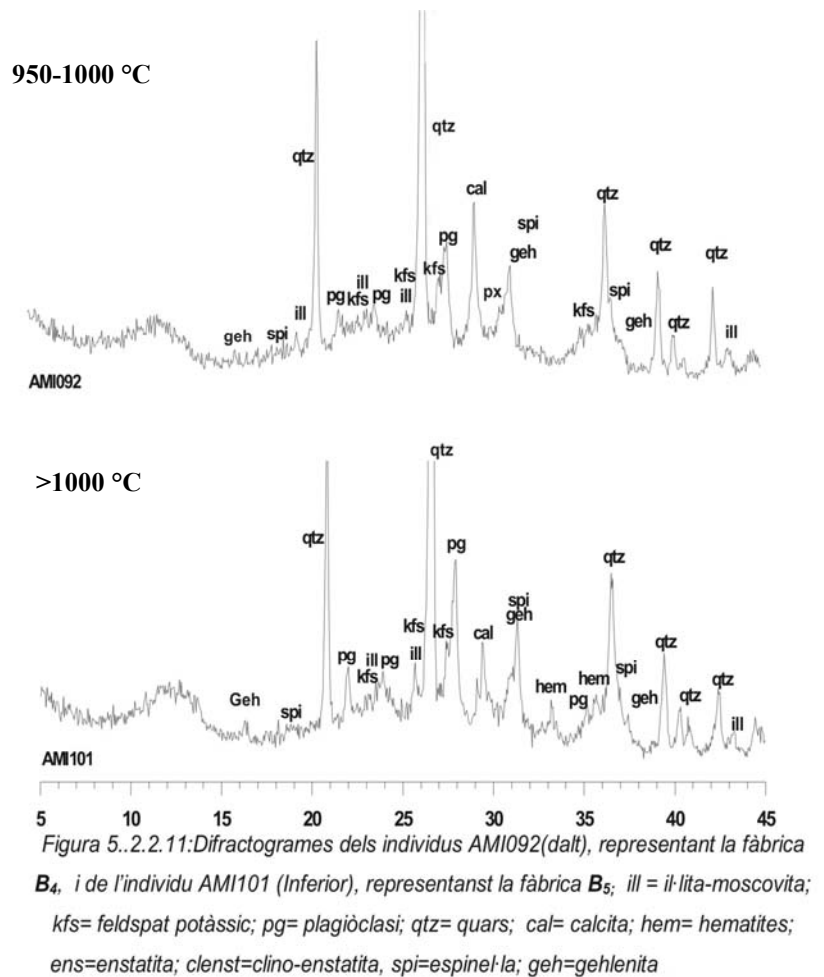
Figura 5.2.2.10 Difractogrames dels individus AMI099 (dalt), representant la fàbrica B₁, AMI066 (mitg), representant la fàbrica B₂, i l'AMI067 (Inferior), representant la fàbrica B₃; ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; hem= hematites; ens=enstatita; clenst=clinoenstatita, spi=espinel·la i geh=gehlenita;

de la illita-moscovita i l'aparició clara de les fases de cocció que, com ja hem dit anteriorment, corresponen tant a calcosilicats com a magnesiosilicats. Així doncs, aquesta fàbrica es caracteritza per la presència d'enstatita, clinoenstatita, espinel·la, gehlenita, plagiòclasi i hematites com a fase de cocció.

Finalment, la tercera fàbrica (A₃) (Figura 5.2.2.9; inferior), que comprèn els individus: AMI001, AMI007 i AMI100, correspon a una fàbrica sobrecoïta. La temperatura equivalent

de cocció estimada per aquesta fàbrica és troba al voltant del 1000-1050 °C, ja que es caracteritza per la descomposició absoluta de les argiles i la presència de fases de cocció com a l'enstatita, la clinoenstatita, la gehlenita, el plagiòclasi, el piroxè.

Al matix temps, dins del grup **B** es poden distingir sis fàbriques mineralògiques. La primera, **B₁**, ve configurada per només un individu, l'AMI099. En el seu difractograma només es poden distingir fases primàries, com a per exemple fil·losilicats. D'altra banda, no s'hi observa cap fase de cocció clara. Per a aquesta raó, aquest individu presenta una temperatura equivalent de cocció baixa, als voltants dels 800/850°C (Figura 5.2.2.10; superior).



La segona fàbrica mineralògica (**B₂**) comprèn 13 individus (AMI014, AMI052, AMI063, AMI066, AMI069, AMI070, AMI093, AMI125, AMI132, AMI152, AMI157, AMI147 i VINY04). Aquesta fàbrica es caracteritza per la presència simultània de fases primàries (il·lita-moscovita, microclina) i de fases de cocció que es comencen a desenvolupar. En la majoria dels casos, aquestes fases de cocció són al mateix temps calcosilicats (gehlenita), i magnesosilicats (enstatita i clinoenstatita), tot i que, hi ha sis individus (AMI125, AMI063, AMI093, AMI152, AMI147 i VINY04) que, degut a un contingut relatiu una mica més elevat (8-9%) de CaO, presenten només gehlenita com a fase de cocció en desenvolupament. La TCE per a aquesta fàbrica d'acord amb el que hem exposat anteriorment es pot estimar entre els 850-900 °C (Figura 5.2.2.10; al mitg).

D'altra banda, la fàbrica **B₃**, (Figura 5.2.2.10; inferior), es caracteritza per una TCE una mica més elevada que la **B₂**, ja que, en primer lloc, en els difractogrames dels individus que comprèn es pot observar la descomposició

de les il·lites-moscovites en un moment inicial i l'aparició clara de l'espinel·la. Tots aquest aspectes indiquen una temperatura al voltant dels 900-950 °C. Aquesta fàbrica engloba els següents individus: AMI002, AMI067, AMI076, AMI118, AMI131, AMI132 i VINY13.

Els difractograms dels individus pertanyents a la quarta fàbrica mineralògica (**B₄**) la descomposició de les il·lites-moscovites es fa més evident i es troba en un moment més avançat que en la fàbrica anterior. A més els difractograms evidencien la presència de fases de cocció que acostumen desenvolupar-se a altes temperatures com per exemple a mul·lita o en alguns casos (VINY10) hematites secundària. Aquesta fàbrica conté sis individus (AMI003, AMI092, AMI011, AMI013, AMI302 i VINY10) i la seva TCE s'estima entre el 950 °C i 1000 °C.

A continuació, ve una fàbrica (**B₅**), que l'única diferència que presenta respecte l'anterior és que es caracteritza per la descomposició total de les fases argiloses. Aquest fet, malgrat tot, indica una TCE més alta que en el cas

anterior, que es pot estimar entre 1000 °C i 1050 °C. Aquesta fàbrica engloba només tres individus (AMI073, AMI101 i AMI102).

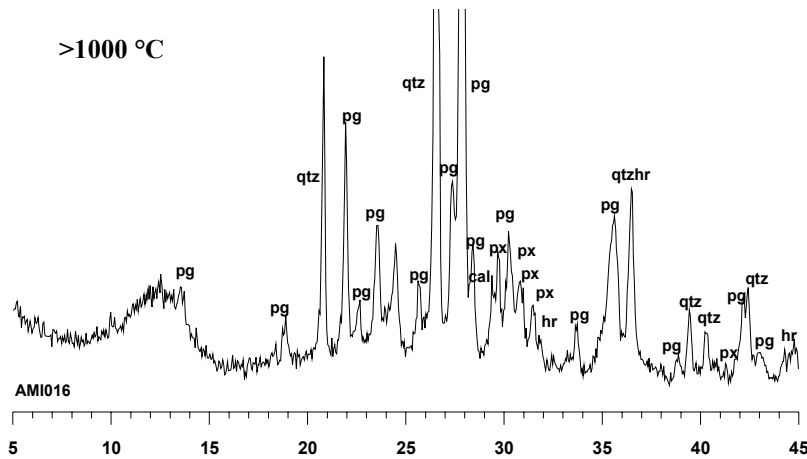


Figura 5.2.2.12: Diffractograma de l'individu AMI078 representant la fàbrica **B₆**: pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; hr= hercinita i px=piroxè.

L'última fàbrica, **B₆** (Figura 5.2.2.12) està configurada per només un individu AMI016. La

composició mineralògica d'aquest individu es caracteritza pel l'absència de tot tipus de fil·losilicats, tant il·lites moscovites com a feldespat potàssics. En el seu diffractograma es poden distingir clarament els pics de plagiòclasi i de piroxè i, a part de la presència d'aquestes fases, també es fa obvia la presència de hercinita que, probablement, s'ha desenvolupat accidentalment degut a una

cocció rapida. D'aquesta manera la TCE d'aquest individu es pot estimar al voltant dels 1050 °C. Es tracta d'una sobrecocció òbvia. Un altre aspecte important a destacar és la presència de analcima en el seu difractograma, que probablement és resulta d'una alteració o/i contaminació postdeposicional, malgrat que no es pugui observar clarament en la seva composició química. Aquest és un aspecte que hem investigat en el MER també.

La producció **PV** només presenta dos fàbriques diferents. La primera és **PV₁** (Figura 5.2.2.13, superior), que conté tot els individus (AMI365, AMI394, AMI389, AMI083, AMI364, AMI388, AMI371, AMI386, AMI392, AMI362, AMI363, AMI395, AMI387 i AMI393) amb una única excepció, l'AMI398, que configura la segona fàbrica mineralògica. La fàbrica **PV₁** és una fàbrica per la qual es pot estimar una TCE baixa, ja que conserva clarament els pics de les Illites-moscovites i no s'observa la presència de cap fase clara de cocció, El seu TCE concretament s'estima entre 800/850°C i 900/950°C,. D'altra banda en el difractograma de l'AMI398, que representa la fàbrica **PV₂** (Figura 5.2.2.13, inferior), les Illites-moscovites s'han descomposat totalment i al costat del feldespat potàsic s'ha començat a formar-se el plagiòclasi. Aquest fet, també, confirma que la sanidina deu ésser

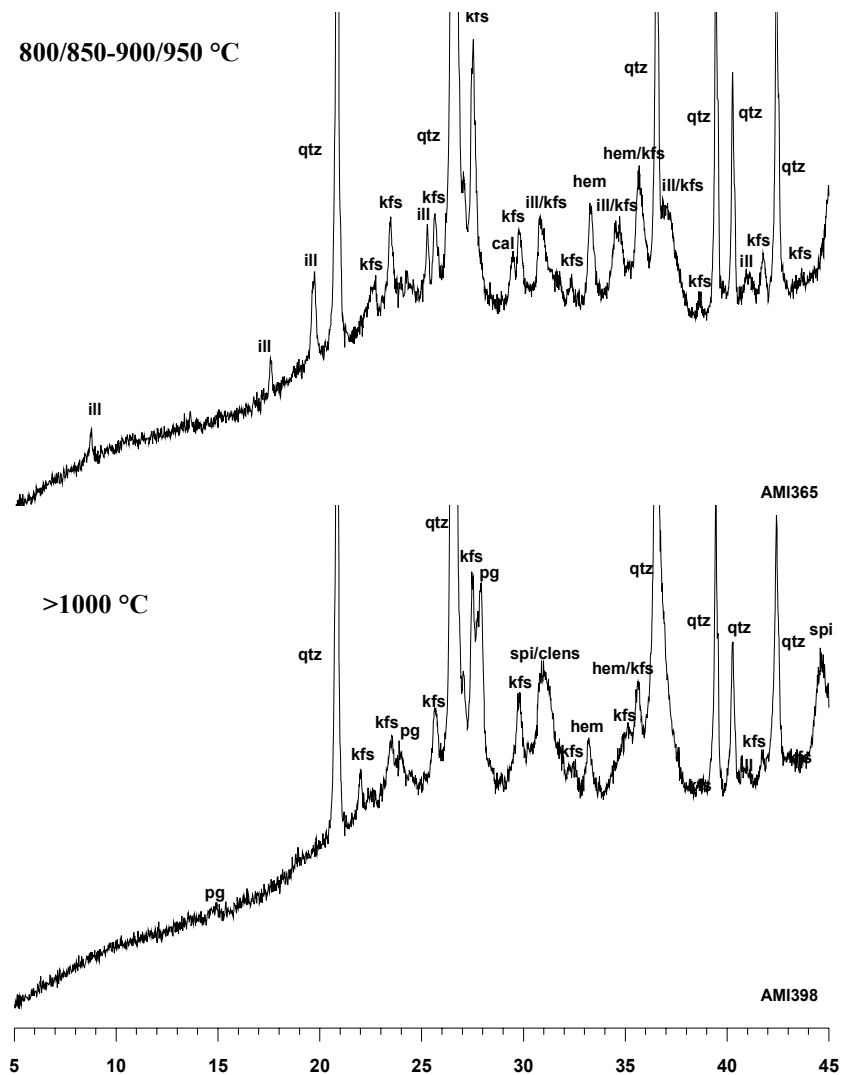
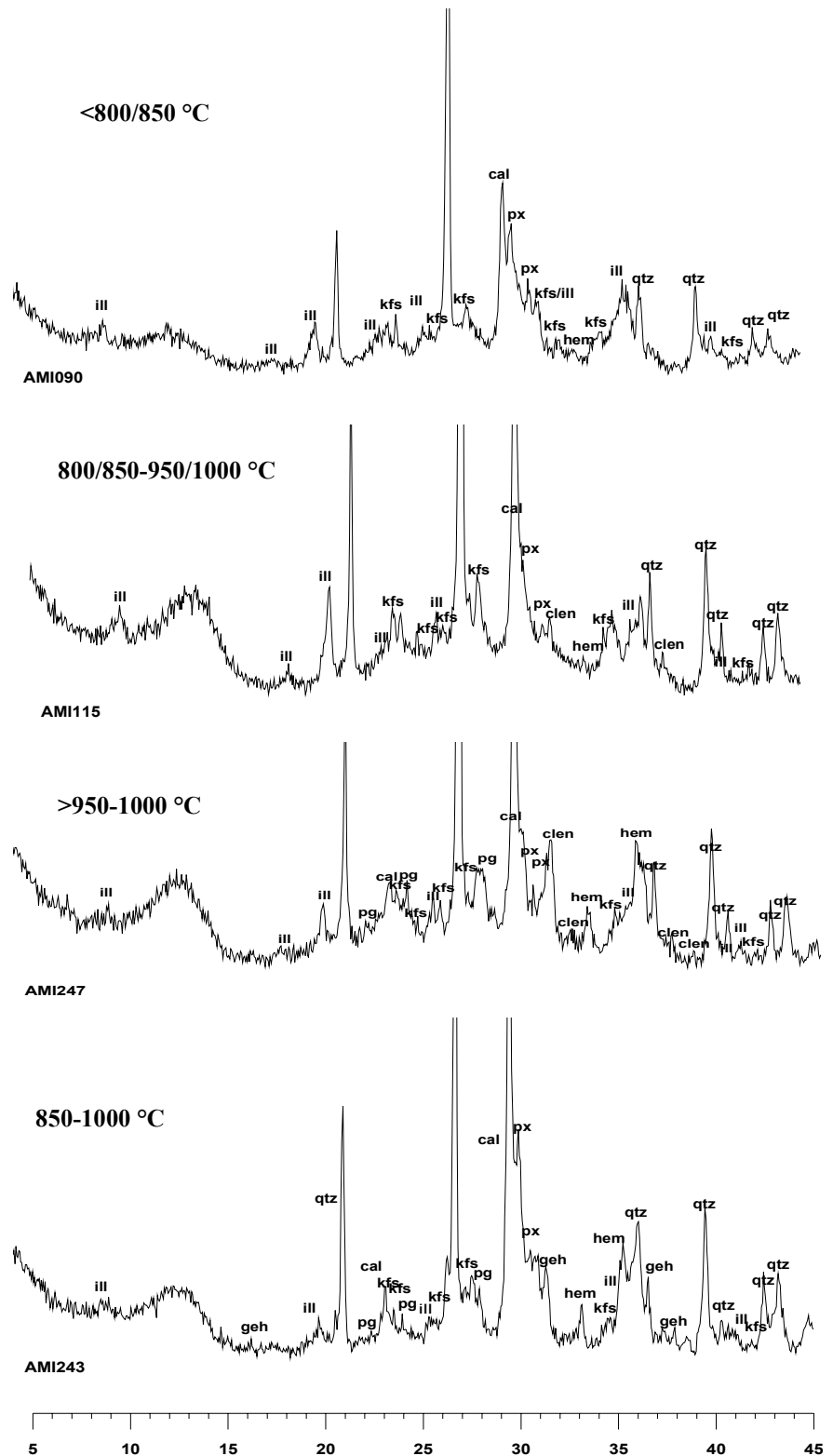


Figura 5.2.2.13 Difractogrames de l'individu AMI365 (dalt), representant la fàbrica **PV₁**, l'AMI398 (Inferior), representant la fàbrica **PV₂**; ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; hem= hematites;; clenst=clino-enstatita, spi=espinel·la;

primària. En el difractograma d'aquest individu es poden observar altres fases de cocció clarament desenvolupats característiques en ceràmiques poc calcàries, com a per exemple l'epinel·la. Es tracta d'una sobreccocció clara. La TCE d'aquest individu és superior als 1000°C.

Respecte de la producció IB es poden distingir tres fàbriques mineralògiques diferents: IB₁, IB₂ i IB₃ (Figura 5.2.2.14). La IB₁ que està representada per 5 individus (AMI090, AMI160, AMI146, AMI242 i AMI127) només presenta fases primàries, sense cap fase cristal·lina de cocció clara, per tant la seva TCE és baixa, és inferior 800/850°C (Figura 5.2.2.14; superior) Aquesta fàbrica, però, presenta pics clars de piroxè, que en aquest cas, són primaris, com s'ha pogut comprovar per MER.



5.2.2.14: Diffractogrames dels individus AMI090(dalt), representant la fàbrica IB₁, de l'AMI115 (al mitg), representant la fàbrica IB₂ de l'AMI247 que representa la fàbrica IB₃ ill = il·lita-moscovita; kfs= feldspat potàssic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal=calcita; hem= hematites; clen=clino-enstatita, geh=gehlenita, px=piroxè

La **IB₂** representada pels individus: AMI115, AMI142, AMI239, AMI148, AMI159, AMI253 i AMI145, correspon a una TCE lleugerament més alta, ja que

conjuntament als fil·losilicats, que en cara es conserven, es pot observar el desenvolupament d'algunes fases de cocció com a ara clinostatites, en el seu estadi de començament. La TCE d'aquesta fàbrica s'estima entre els 850-950°C (Figura 5.2.2.4; segon).

Ara bé, en els difractogrames de la tercera fàbrica, es constata l'inici de descomposició de les il·lites-moscovites i, a part, de la enstatita i/o clinoenstatita també es pot observar el començament del desenvolupament d'espinel·la. Per tant, aquesta fàbrica presenta una TCE entre els 950-1000°C (Figura 5.2.2.14. tercer) La **IB₃**. comprèn els individus: AMI247, AMI11, AMI122, AMI153, AMI149, AMI141, AMI144, AMI150, AMMI163 i AMIO90.

En tots, aquest casos, malgrat que el caràcter del

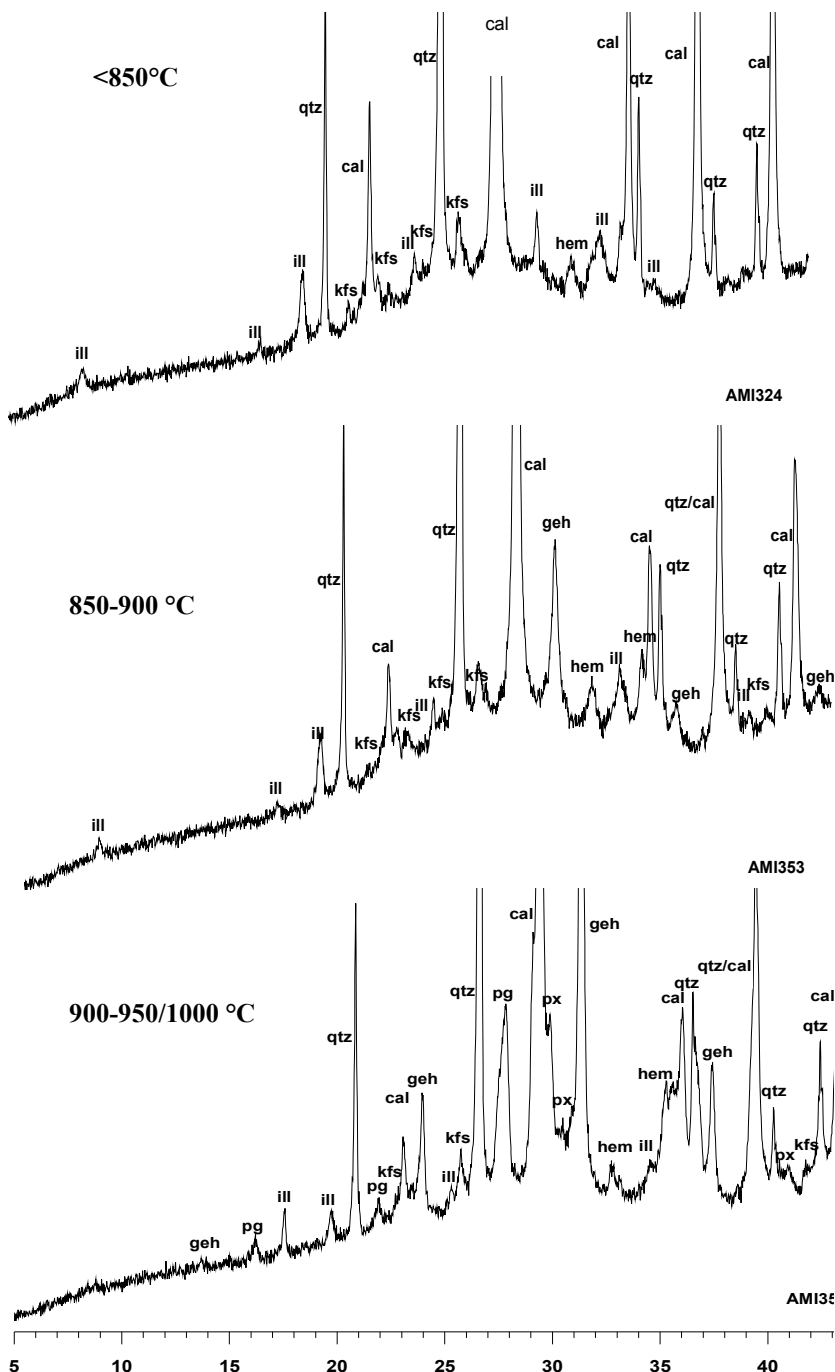


Figura 5.2.2.15: Difractogrames de l'individu AMI324 representant la fàbrica **CampA**, de l'AMI353 representant la fàbrica **CampA₂** i l'AMI351 representant la fàbrica **CampA₃**: ill=il·lita-moscovita; kfs=feldespat potàsic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; geh=gehlenita; hem= hematites i px=piroxè.

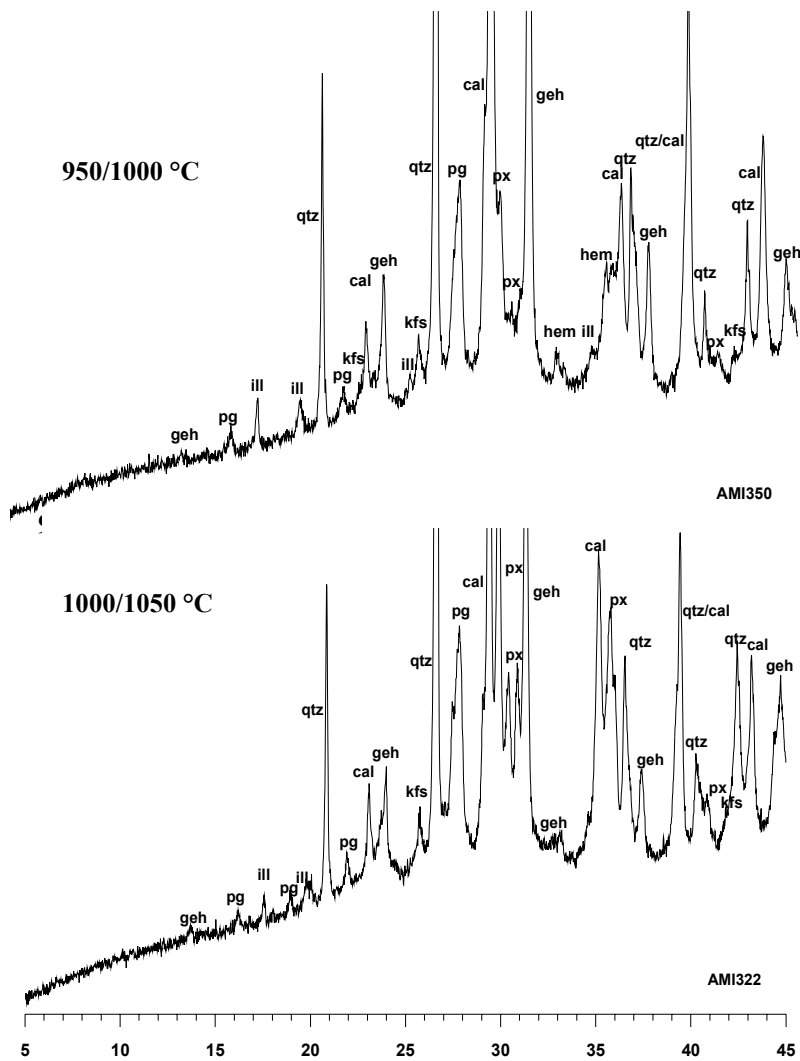


Figura 5.2.2.16: Diffractogrames de l'individu AMI350 representant la fàbrica **CampB**, de l'AMI322 representant la fàbrica **CampB**₂: ill=il·lita-moscovita; kfs=feldespat potàsic; pg= plagiòclasi; qtz= quars; cal= calcita; geh=gehlenita; hem= hematites i px=piroxè

material sembla ser calcari, les fases de cocció que es desenvolupen són fases que normalment es desenvolupen en les ceràmiques poc calcàries. Aquest fet podria indicar una possible contaminació de calcita secundària. Ara bé, si realment es tracta d'algun tipus de contaminació, aquesta, no es pot provar en nivell químic, perquè no obeeix a cap patró reconegut.

Finalment, la diferència de la fàbrica **IB**₄ de les anteriorment descrites és que al ser realment calcària, presenta les fases de cocció característiques per a aquest tipus de ceràmica.

Ara bé, les fàbriques **TB**₁ **TB**₂, **TB**₃ i **TB**₄ no les presentarem ja que en realitat són iguals que les de **IB**:

TB₁₍₁₎ que és igual que **IB**₁, comprèn tots els individus del grup: AMI226, AMI228, AMI236 i AMI238. D'altra banda **TB**₂₍₁₎, que correspon a **IB**₂, conté l'AMI234 i AMI266, en canvi, **TB**₂₍₂₎, que s'assembla al **IB**₄, l'AMI267 AMI268 i l'AMI274. En contra, **TB**₃ només presenta una fàbrica calcària de baixa temperatura i, finalment, **TB**₄ presenta tres fàbriques diferents, dels quals cada una només comprèn un únic individu: **TB**₄₍₁₎, igual que **IB**₁ està representada

per l'AMI085, **TB₄₍₂₎**, que és igual a IB2 comprèn l'AMI015 i **TB₄₍₃₎** que s'assembla a **IB₃** conté l'AMI012.

Finalment, pel que fa les dues produccions identificades al taller de Campello CampA i CampB, en primer lloc la **CampA** es separa en tres fàbriques mineralògiques catactè-ritzades per tres diferents TCE-s. La primera, **CampA₁**, es caracteritza per la presència només de fases pr..., com ara il·lita-moscovita, feldespat po-tàssic calcita i quarts (Figura 5.2.2.15; superior), per aquesta raó, la seva temperatura de cocció equivalent es pot estimar al voltant dels 800/850°C. Aquesta fàbrica comprèn els individus: AMI320, AMI324, AMI326, AMI327, AMI329, AMI334, AMI343, i AMI352. La seva diferència amb la segona fàbrica **CampA₂** és la presència que en aquesta última es pot observar la presència de gehlenita en el començament del seu desenvolupament (Figura 5.2.2.15; al mitg). Així doncs, per a aquesta fàbrica estimem un TCE entre els 850-900°C. A aquesta fàbrica es troben classificats els següents individus: AMI317, AMI319 AMI321, AMI331, AMI335 i AMI353. La fàbrica **CampA₃** no només es caracteritza per la presència clara de gehlenita, sinó d'altres fases de cocció com ara la plagiòclasi i els piroxens (Figura 5.2.2.15; inferior). A més, la descomposició parcial de la il·lita-moscovita és obvia als difractogrames del individus que componen a aquesta fàbrica: AMI316 AMI344, AMI351 i AMI354. Tots aquests aspectes indiquen una TCE entre els 900-950/1000°C

La producció **CampB** només presenta dues fàbriques d'alta temperatura. La primera, **CampB₁** es caracteritza per la descomposició parcial de la il·lita-moscovita (desaparició del pic als 10Å) i la presència òbvia de gehlenita i piroxè (Figura 5.2.2.16; superior). La TCE entre els 950-1000°C. En aquesta fàbrica es troben els individus AMI325, AMI331 i AMI350. D'altra banda, la segona fàbrica, **CampB₂**, presenta una TCE superior als 1000/1050°C, ja que la descomposició total de la il·lita-moscovita és òbvia. A més, la presència dels piroxens és molt més pronunciada i està present conjuntament amb l'hematites secundària en els difractogrames dels individus AMI322 i AMI323 que representen a aquesta fàbrica.

Ara bé, hi ha 219 individus que no s'identifiquen dins de cap d'aquestes produccions i tampoc pertanyen a cap d'aquestes fàbriques. En compte de presentar 291 difractogrames, distribuïrem aquest individu en fàbriques similars de les anteriorment descrites, segons la similitud que presenten amb aquestes. Finalment presentarem només les difractogrames dels individus que realment presenten diferències significatives respecte de les fàbriques detallades.

Així doncs, els individus procedents de la Llaietània, que no es classifiquen dins de la producció LAI o en qualsevol altre producció, es poden classificar en les fàbriques següents:

- **FiloLAI₁**: AMI026, AMI018, AMI027, AMI032, AMI034, AMI039, AMI046, AMI047, AMI173, AMI175, AMI177, AMI183, AMI205, AMI206, AMI211, VAC05, VAC011, VAC012 i VAC014.
- **FiloLAI₂**: AMI025, AMI031, AMI055, AMI056, AMI058, AMI059, AMI167, AMI171, AMI186, AMI187, AMI203 i AMI220.
- **FiloLAI₃**: AMI030, AMI043, AMI219, AMI223 i VAC013
- **FiloLAI₄**: AMI033, AMI037, AMI038, AMI044, AMI178, AMI201, AMI202, AMI208 i AMI228.

D'altra banda, els individus AMI023, AMI024 i AMI029 són **FiloPC₁**.

De la mateixa manera tots els individus recuperats en el jaciment de Castellet de Banyoles (Tona, Osona), tret un únic individu (AMI297), presenten les mateixes característiques mineralògiques que les àmfores laietanes:

- **FiloLAI₁**: AMI287, AMI288, AMI292, AMI293, AMI294, AMI295, AMI296 i AMI298.
- **FiloLAI₂**: AMI286
- **FiloLAI₃**: AMI285, AMI289, AMI290, AMI300 i AMI301.

Pel que fa a la zona Cossetana, en primer lloc, els individus de Vinya d'en Pau no agrupats presenten les següents fàbriques:

- **FiloVA₂**: VINY01

- **FiloVB₂**: VINY05 i VINY07
- **FiloA₁**: VINY02 i VINY06
- **FiloB₃**: VINY08

Les àmfores no classificades pel poblat d'Alorda Park

- **FiloPV₁**: AMI087
- **FiloA₁**: AMI072 i AMI079
- **FiloA₂**: AMI009 i AMI088
- **FiloB₁**: AMI004
- **FiloB₂**: AMI005, AMI075 i AMI089
- **FiloB₃**: AMI003
- **FiloIB₄**: AMI006, AMI081 i AMI084

Les àmfores no classificades pel Pou d'Alorda Park:

- **FiloA₁**: AMI309, AMI312, AMI313,
- **FiloA₂**: AMI305, AMI306, AMI307, AMI315,
- **FiloA₃**: AMI310

Ara bé, els individus de Mas Castellar de Pontós tret un únic individu AMI271 que és Filo **IB₂**, presenten un única fàbrica calcària de baixa temperatura (d'una TCE de <800°C).

D'altra banda els individus restants procedents del poblat ibèric de Castellet de Banyoles (Tivissa) que no hem esmentat anteriorment es reparteixen en fàbriques **FiloIB-s** o **FiloA-s**

- **FiloIB₁**: AMI225, AMI233 i AMI235.
- **FiloIB₂**: AMI230 i AMI232.
- **FiloA₁**: AMI227, AMI229 i AMI231.

Tots els individus procedents de les Illes Balears que no s'han pogut identificar dins de cap producció presenten fàbriques calcàries que s'assemblen a les fàbriques **IB₁**, **IB₂**, **IB₃** i **IB₄** o a les dels grups **A** i **B**.

- **FiloIB₁**: AMI113, AMI134 i AMI135,

- **FiloB₂**: AMI109,
- **FiloB₃**: AMI106 i AMI244,
- **FiloB₄**: AMI091, AMI095, AMI097, AMI098, AMI104, AMI105, AMI107, AMI108, AMI112, AMI116, AMI117, AMI120, AMI121, AMI124, AMI130, AMI136, AMI137, AMI138, AMI139, AMI143, AMI155, AMI162, AMI164, AMI161, AMI249, AMI252, AMI255 i AMI256.
- **FiloB₂**: AMI094, AMI123, AMI126, AMI128, AMI151, AMI245 i AMI241.
- **FiloB₄**: AMI114 i AMI129.

Ara bé, pel que fa els individus no classificats de procedència edetana es poden establir les següents fàbriques:

- **FiloB₁**: AMI113, AMI134 i AMI135
- **FiloB₂**: AMI109

Finalment, pel que fa els individus no classificats, mostrejats del taller contestà de Campello, amb una única excepció (AMI349) que al estar alterat i/o contaminat d'analcima, degut al seu caràcter calcari i, la seva alta temperatura, es distingeix força de la resta dels individus, les fàbriques es poden definir de la següent manera:

- **FiloCampA₁**: AMI357 i AMI359
- **FiloCampA₂**: AMI328, AMI333, AMI336, AMI337, AMI339, AMI340, AMI347 i AMI348
- **FiloCampA₃**: AMI318, AMI332, AMI338, AMI347, AMI355 i AMI356
- **FiloCampB₁**: AMI330, AMI358 i AMI360
- **FiloCampB₂**: AMI346
- **FiloB₁**: AMI361

5.2.3 Resultats de la microscòpia electrònica de Rastreig.

La temperatura de cocció provoca canvis en la microestructura de la matriu de la ceràmica (Maniatis *et al.*, 1981; Tite *et al.*, 1982). Aquests canvis es poden observar per MER. Amb l'incrementa de la temperatura, les partícules argiloses es comencen a fondre (sinterització) i s'inicia el procés de vitrificació de la matriu. Ara bé, la microestructura que es desenvolupa en ceràmiques calcàries és visiblement diferent de la que es pot observar en ceràmiques mitigament calcàries o poc calcàries. Generalment, es pot destacar que a la ceràmica calcària la descomposició dels carbonats produeix CO₂ en forma de gas, fet que provoca la formació d'una microestructura de tipus cel·lular. En canvi a les ceràmiques poc calcàries, es desenvolupa una fase vítria continua i compacte per la inexistència d'una producció significativa de gasos dins del cos ceràmic, durant la cocció.

Els resultats de la microscòpia electrònica es donaran a partir de l'observació de les fractures fresques d'alguns individus representats per cada grup químic identificat i per cada fàbrica mineralògica corresponent a una rang de TCE estimada concreta, donant les microfotografies produïdes com a resultat

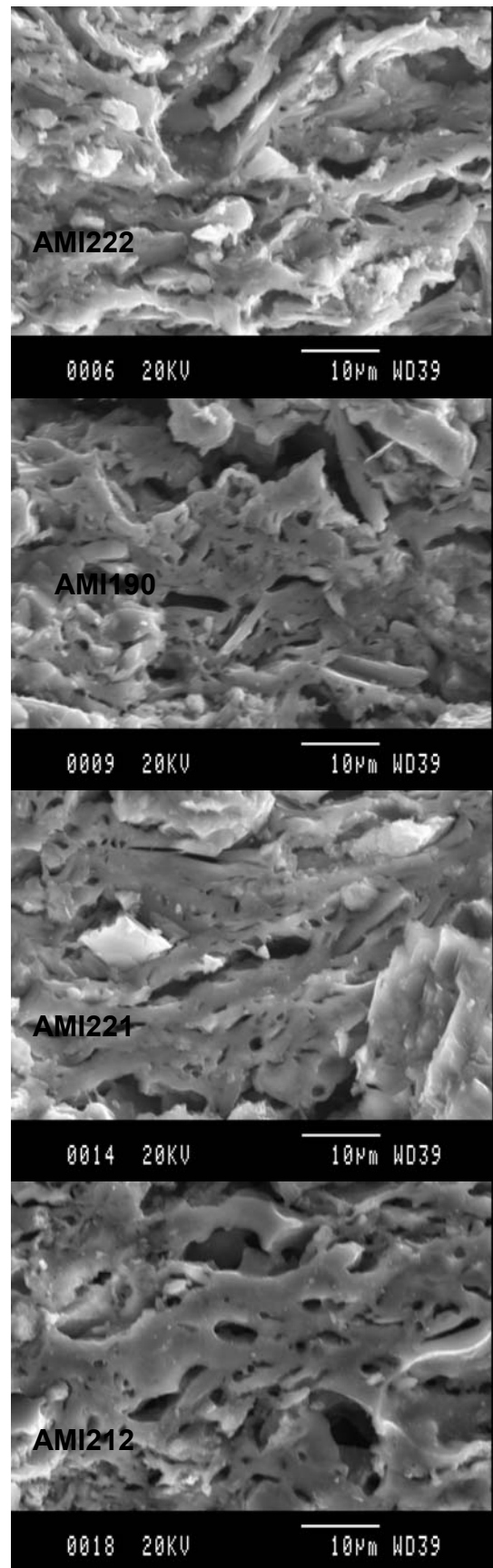


Figura 5.2.3.1: Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus AMI222, AMI190, AMI221 i

de la detecció dels electrons

secundaris. Totes les imatges estan preses a una magnífica-hi corresponent a 2000x.

Començarem la descripció amb la caracterització per MER de la producció poc calcària, **LAI**, on es fa obvi el desenvolupament del procés de la vitrificació de la ceràmica poc calcària. Després de realitzar l'estudi mineralògic per DRX de tots els individus classificats dins d'aquesta producció, hem seleccionat quatre individus representatius de les quatre fàbriques mineralògiques (**LAI₁**, **LAI₂**, **LAI₃** i **LAI₄**) definides.

La microfotografia presa a 2000X de la matriu de l'individu AMI222 es pot veure en la microfotografia superior de la Figura 5.2.3.1. La TCE estimada per aquest individu mitjançant la DRX és troba al voltant dels 800/850°C. A la seva microfotografia, es pot observar que encara no s'ha començat el desenvolupament de la vitrificació, ja que s'observen clarament les làmines d'argiles. Per tant, la matriu d'aquesta àmfora correspon a un estadi de No Vitrificació (NV), que en una ceràmica no calcària (NC) representa una temperatura menor als 750°C (Tite *et al*, 1982). Així doncs, amb l'ajuda de la MER podem concretar millor la temperatura de cocció d'aquesta àmfora i, podem dir que, correspon una temperatura de cocció molt baixa. Un altre fet que es pot constatar en la microfotografia és que, la matriu d'aquesta ceràmica és fina i homogènia.

En la segona microfotografia (2000x) de la Figura 5.2.3.1 es pot observar la matriu de l'individu AMI190. Aquest individu representa la fàbrica **LAI₂**, d'una TCE estimada entre els 850-950°C per DRX. Ara bé, l'estudi per MER permet estimar una temperatura al rang dels 800°-900C, possiblement més propera a la seva part inferior. Com es pot veure a la seva microfotografia, dins de la seva matriu ja s'observa clarament l'existència d'algunes superfícies més llises. Aquestes superfícies llises estan associades a la fase inicial de la fusió de les partícules argiloses i a la fase Inicial de Vitrificació (IV), que en aquest cas es troba en un moment avançat (IV+). (Tite *et al*, 1982).

La vitrificació esta més desenvolupada en la matriu de l'individu AMI221, que es pot observar en la tercera microfotografia (2000x) de la Figura 5.3.3.1. Aquest individu representa la fàbrica **LAI₃** d'un rang de temperatura entre els 950-1000°C segons l'estimació feta amb DRX. A més, es pot observar una porositat molt fina i poc extensió acompanyada amb una fase vítria que tendeix a ésser continua. La matriu d'aquesta àmfora, llavors, revela una fase de Vitrificació (V) clara i, la seva temperatura de cocció es pot concretar entre els 800-900° C, possiblement en la part superior d'aquest rang (Tite *et al*, 1982).

En la quarta microfotografia (2000x) presa de la matriu de l'individu AMI212, que representa la fàbrica **LAI₄**, per la qual la TCE estimada per DRX és superior dels 1000°C, s'observa l'existència d'una Vitrificació Contigua (CV) extensa i compacta, d'una porositat fina (*fine bloading pores* FB). Aquest aspecte correspon a una temperatura entre 900-1000°C (Tite *et al*, 1982).

Després de l'esmentat anteriorment, es pot fer una observació general, en el sentit que és que les temperatures de cocció estimades mitjançant per MER corresponen a rangs més concrets i són, sempre, més baixes que les que s'estimen per DRX. A part d'això, hi ha varies altres observacions que es poden fer sobre els canvis microestructurals que s'efectuen en aquesta producció poc calcària amb l'increment de la temperatura. En primer lloc, es pot observar que, amb l'increment de la temperatura les partícules argiloses inicien un procés de sinterització i que, lentament, es desenvolupa una fase vítria que s'incrementa i es fa cada cop més extensa, fins al punt de l'existència d'una vitrificació contínua, compacta i extensa per tot el cos ceràmic (Tite *et al.*, 1982) acompanyada amb d'una porositat relativament fina.

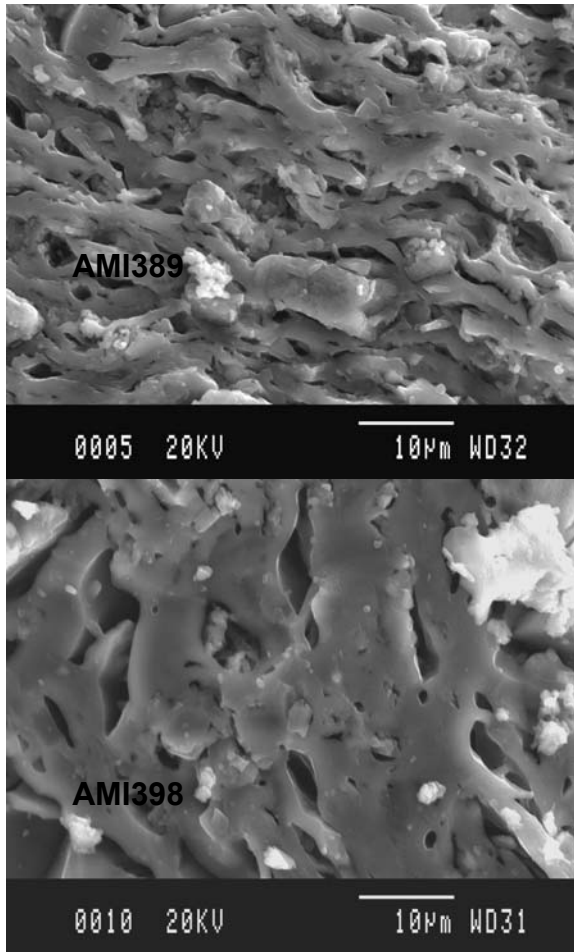


Figura 5.2.3.2: Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus AMI389 i AMI398

En aquest tipus de ceràmica, la vitrificació comença aproximadament als 750°C i la fase vítria contínua es comença a desenvolupar ja als 900°C. Durant aquesta última fase, la fase vítria està absolutament estesa per tot el cos ceràmic i la porositat és molt baixa (Tite *et al.*, 1982).

Una altra producció poc calcària és la producció de possible origen edetà **PV**. En aquest cas hem observat la microestructura de dos individus representants (AMI389 i AMI398) de les dues fàbriques mineralògiques identificades per DRX dins d'aquesta producció (**PV₁** i **PV₂**). La microestructura de

l'individu AMI389, que es veu a la primera microfotografia de la figura 5.2.3.2, i que representa la fàbrica **PV₁** amb una TCE estimada per DRX està al rang dels 800/850-900/950°C, segun l'aspecte de la seva matriu per MER es troba possiblement al rang dels 800/850°C. En canvi la fase microestructural en la que es troba la matriu de l'àmfora AMI398, amb la TCE superior als 1000/1050°C, estimada per DRX, sembla d'una Vitrificació Contigua més avançada que la de l'AMI212. La vitrificació en aquest cas és contínua, compacta i molt extensa i s'acompanya amb una porositat clarament fina (FB) (Figura 5.2.3.2, inferior). Aquesta microestructura representa una temperatura al voltant dels 1000°C. D'altra banda per MER podem observar una similitud microestructural entre els individus estudiats per les dues produccions poc calcàries

D'altra banda en el cas la producció cossetana, mitjanament calcària (~5-10%), la producció **A**, es poden distingir diferències òbvies a la seva microestructura de la matriu respecte les dues produccions poc calcàries anteriorment descrites.

En la microfotografia superior de la figura 5.2.3.4, presa de la matriu de l'individu AMI080, que representa la fàbrica **A₁**, amb una TCE estimada per DRX entre els 800-850°C, es pot distingir una matriu menys fina i menys homogènia que, per exemple, la matriu de l'individu AMI222 de la producció **LAI**, amb partícules d'una mida que a vegades superen els 10µm. En la microfotografia, a més, és obvi que ja s'està efectuant la vitrificació a la seva fase inicial. En aquest cas, però, en contra del cas de les ceràmiques poc calcàries que hem estudiat anteriorment, es pot observar que la vitrificació comença en les cantonades de les làmines argiloses i, al principi, s'efectua aïlladament a punts concrets de la matriu porosa. Les fases evolutives de la vitrificació en aquest cas serien les mateixes que en una ceràmica calcària i les temperatures de cada una d'aquestes fases és superior a les de la ceràmica poc calcària (Tite *et al.*, 1982). Així doncs aquesta microestructura correspon a una fase entre NV i IV, probablement una IV, que correspondria a una temperatura aproximada als 800°C.

L'àmfora (AMI119) de la segona microfotografia de la figura 5.2.3.4 representa la fàbrica mineralògica **A₂**, d'una TCE considerablement més alta,

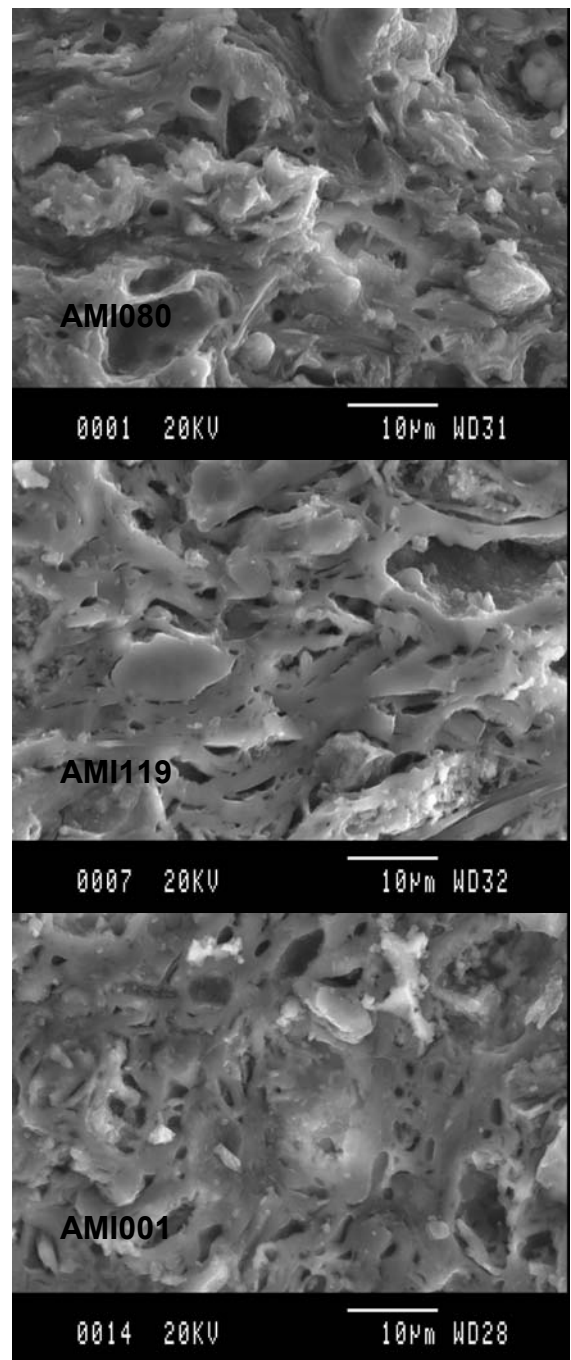


Figura 5.2.3.5. Microfotografia (2000 x) de la matriu de tres individus AM080, AMI119 i AMI001

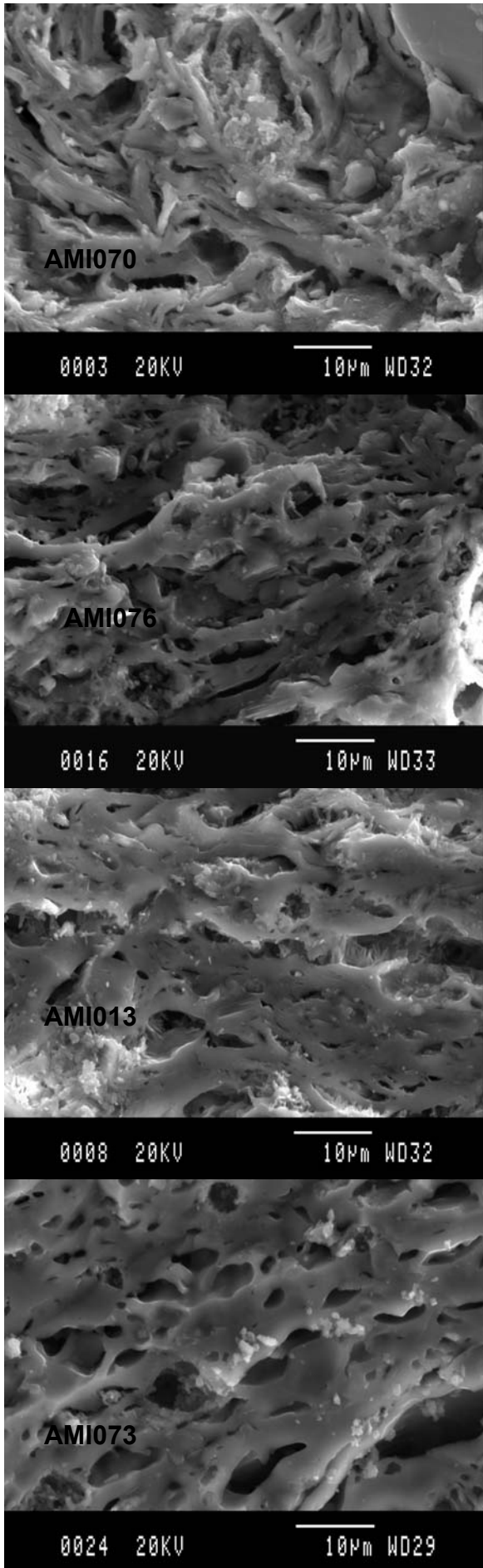


Figura 5.2.3.6. Microfotografia (2000 x) de la matriu dels individus AMI070, AMI076, AMI013 i AMI073

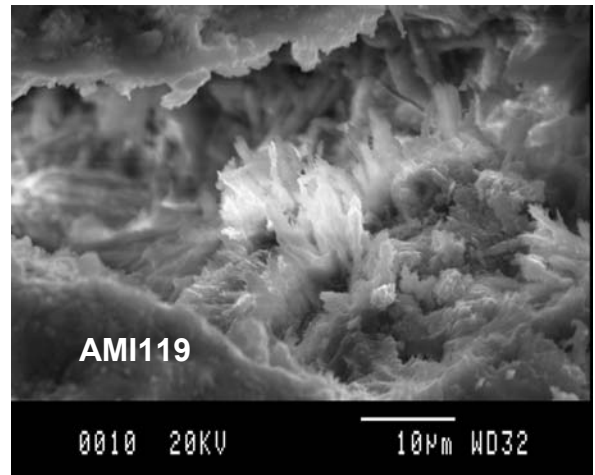


Figura 5.2.3.5. Microfotografia (2000 x) dels cristalls de possible calcita secundària.

estimada per DRX entre els 950-1000°C. En aquest cas, la microestructura indica una fase de V clara i, a més, avançada. La fase vítria està més extensa. D'altra banda la porositat també ho és, malgrat que els pors tendeixen a ésser fins (FB). A part d'això, dins d'alguns pors s'ha pogut observar alguns cristalls que indiquen la cristallització de calcita sagraria formada durant l'entercament (Figura 5.2.3.5.) (Cau *et al*, 2002).

A la microfotografia inferior de la Figura 5.2.3.4 es veu la matriu de l'individu AMI001, que representa la fàbrica **A₃**, corresponent a laTCE més alta d'aquesta producció, estimada per DRX entre els 1000-1050°C. La microfotografia evidencia una microestructura corresponent a una Vitrificació Continua clara i una microestructura extensament porosa, tot i que de FB. Aquesta

microestructura indica una temperatura molt elevada entre els 1100-1150°C.

Ara bé, pel que fa la microestructura dels individus estudiats per MER del grup **B** (figura 5.3.3.6) les dues àmfores representades en les dues primeres fotografies (AMI70 i AMI076), malgrat que s'havien identificat en dues fàbriques diferents (**B₂** i **B₃**) d'unes TCE-s corresponents a 850-900°C i 900-950°C, per DRX, la seva microestructura indica que ambdós es troben en una fase de Vitrificació Contínua en els seu moment inicial (CV-). En canvi, les dues últimes àmfores (AMI013 i AMI073), per a les quals s'havia estimat una TCE entre 950-1000°C i 1000-1050°C presenten una Vitrificació Contínua avançada (CV+), que en l'últim individu arriba a ésser Vitrificació Total, tot i que amb una microestructura de tipus cel·lular. D'acord amb tots aquests aspectes la microestructura de la matriu de l'individu

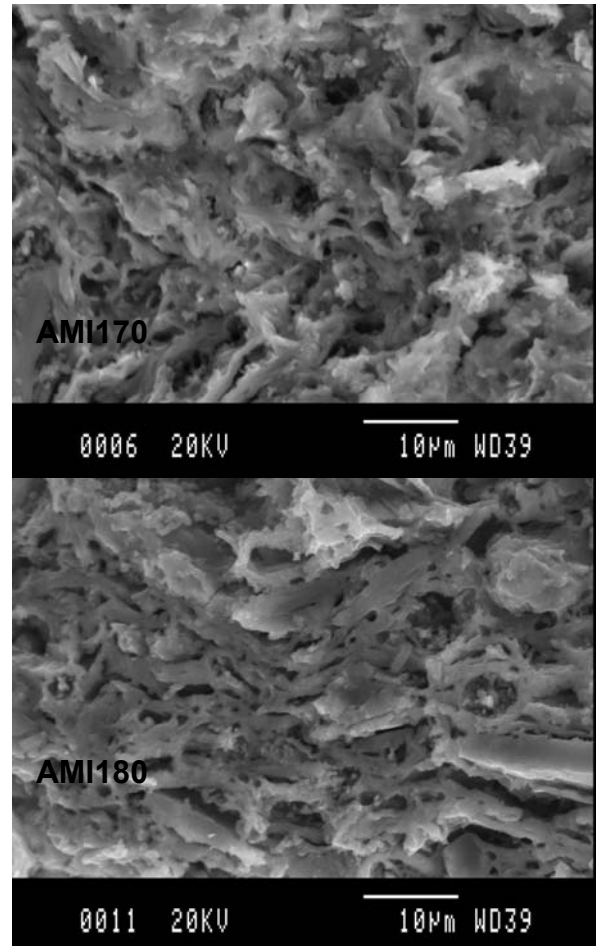


Figura 5.2.3.7. Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus AMI170 i AMI180.

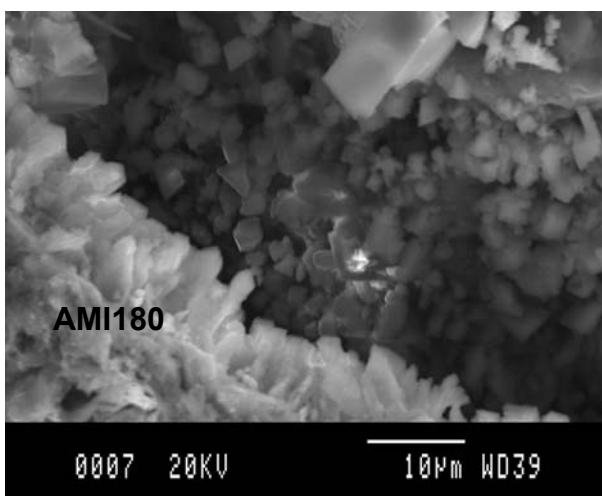


Figura 5.2.3.8. Calcita secundària desenvolupada dins dels porus (2000 x) del individu AMI180 (950-1000°C) grup **PC**.

AMI070 i AMI076 indica una temperatura al voltant dels 850/900°C, en el cas de l'AMI013 la temperatura ha d'ésser al voltant dels 1000/1100°C i, finalment, en el cas de l'AMI073, on la fase vítria ja s'estén per tot el cos ceràmic, probablement supera els 1100°C. Com es pot veure, en el cas d'aquest grup concret les temperatures

estimades per MER superen lleugerament les TCE-s estimades per DRX.

La URCP Puig Castellar (**PC**), identificada a la zona de la Laietània, que analitzarem a continuació, és una de les produccions calcàries (~9-10%Ca). Les característiques microestructurals de la matriu dels individus estudiats s'assemblen, en certa manera, a les del grup **A**. En la primera microfotografia de la Figura 5.3.3.7 es pot observar la matriu de l'individu AMI170, que representa la fàbrica mineralògica **PC**₁, d'una TCE estimada per

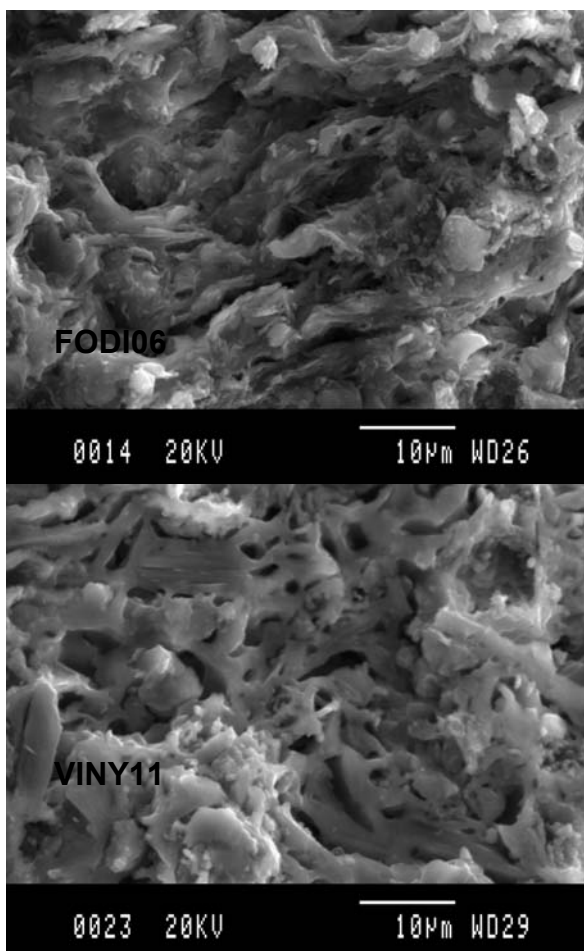


Figura 5.2.3.10: Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus FODI06 i VINY11.

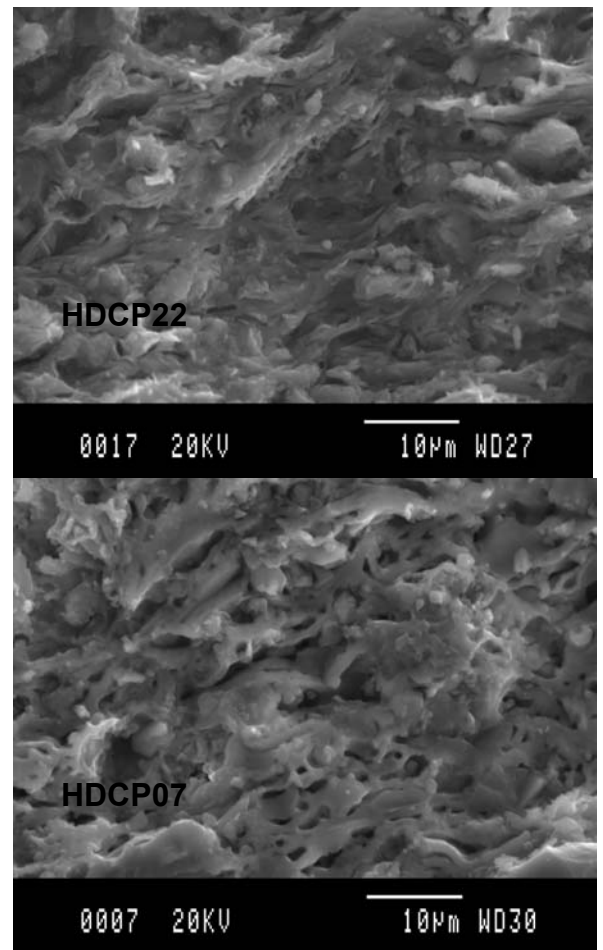


Figura 5.2.3.9: Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus HDCP22 i HDCP07.

DRX entre els 800-950°C, i en la segona, la matriu de l'individu AMI180, que per la seva part, representa la fàbrica mineralògica **PC**₂, d'una TCE estimada per DRX al voltant dels 950-1000°C. Ara bé, per MER, els dos individus exhibeixen una fase similar de vitrificació i una estructura de tipus cel·lular, que permet estimar una temperatura en el rang dels 800-1050°C. A més, la precipitació de cristalls de calcita secundària dins dels porus es fa evident en el cas de l'individu AMI180 (Figura

5.2.3.8). A diferència de les característiques de la matriu en els individus estudiats del grup **A**, en aquests casos, podem distingir el desenvolupament d'una fase vítria molt més discontinua i amb una porositat molt més elevada, tant pel que fa a la mida dels porus com a l'extensió de les àrees vitrificades.

La producció **VA**, igual que la **PC** és una producció calcària. D'aquesta producció hem estudiat dos individus cada un d'ells representa una de les dues fàbriques mineralògiques identificades per aquest grup (**VA₁** i **VA₂**). A la Figura 5.3.3.9 es pot observar la microestructura dels individus HDCP22 i HDCP07. Pel primer individu s'ha estimat una TCE mitjançant DRX corresponent als 800/850°C. Ara bé, la seva microestructura per MER evidencia, que en cara no s'ha iniciat la sinterització de les làmines argiloses en la seva matriu i, que es troba en una fase clara de NV. Aquesta microestructura indica una temperatura

inferior als 750°C. En el cas de l'individu HDCP07, del qual la TCE per DRX està estimada al rang dels 850/900-950/1000°C, en canvi, es pot veure una microestructura que indica una Vitrificació (V) clara, amb una microestructura cel·lular amb una porositat estensa i grollera, que correspon a una temperatura entre els 850-1050°C.

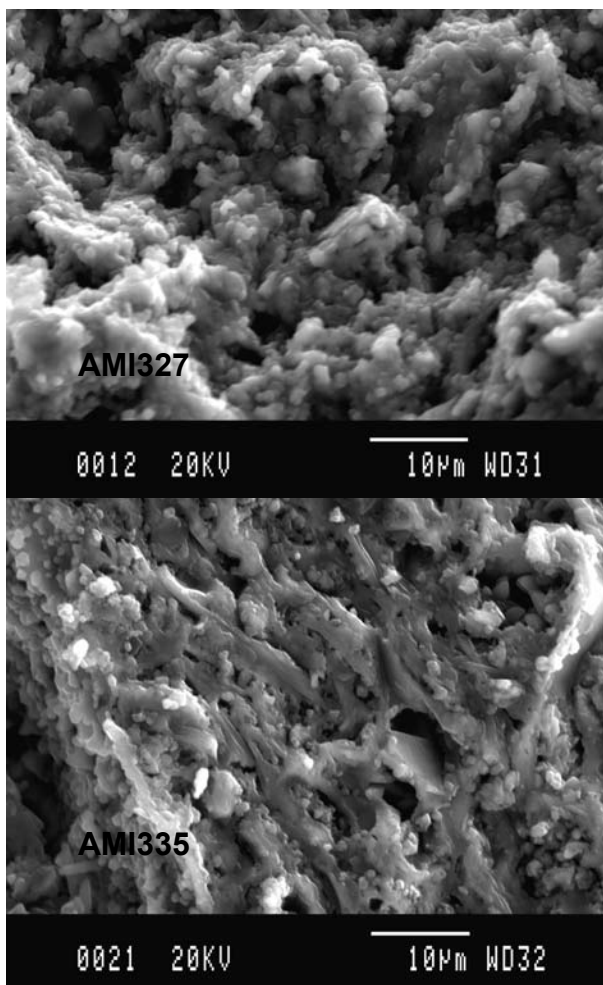


Figura 5.23.3.11.: Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus AMI327 i AMI335.

Al mateix temps, a la matriu de l'àmfora FODI06, que es pot observar en la microfotografia superior de Figura 5.3.3.10, i que, representa la fàbrica mineralògica **VB₁**, d'una TCE estimada per DRX al voltant dels 800/850°C, s'observa una fase de Vitrificació Inicial en el seu començament.

Aquesta vitrificació, igual que en el cas de la producció **A** (individu AMI080) comença en les cantonades de les làmines argiloses i, al principi, s'efectua aïlladament en punts concrets de la matriu porosa. Una matriu d'aquestes característiques indica una temperatura al voltant dels 800-850°C. Ara bé, la vitrificació en el cas de l'individu VINY11, ja es troba en un estadi molt avançat. De fet, correspon a CV+, amb una estructura porosa i de tipus cel·lular, cosa que indica una temperatura al voltant dels 1150-1080°C.

D'altra banda, s'han caracteritzat quatre individus per MER, de les dues produccions contestanes del Campello. En primer lloc, la matriu tan heterogènia i grollera de l'àmfora AMI327, que representa la fàbrica mineralògica **CampA₁**, (Figura 5.3.3.11) amb una TCE estimada al voltant dels 850-950°C, indica un estadi de No Vitrificació (NV), ja que no es pot observar ni el començament de la sinterització de la matriu argilosa (microfotografia superior en la Figura 5.3.3.11). D'aquesta manera la seva temperatura no pot superar els 800°C, o si la supera, es que, la seva microestructura està absolutament afectada per les alteracions. Al mateix temps, l'individu AMI335, que representa la fàbrica **CampA₂**, d'una TCE estimada als 950-1000°C, presenta una microestructura, on és difícil d'estimar la fase de desenvolupament de la vitrificació Això es deu probablement, al fet d'estar força alterada la seva matriu. Tot i així, sembla presentar una vitrificació clara (V) que indica una temperatura entre els 850-1100°C, que possiblement està més propera als 850°C que 1100°C (Figura 5.2.3.11).

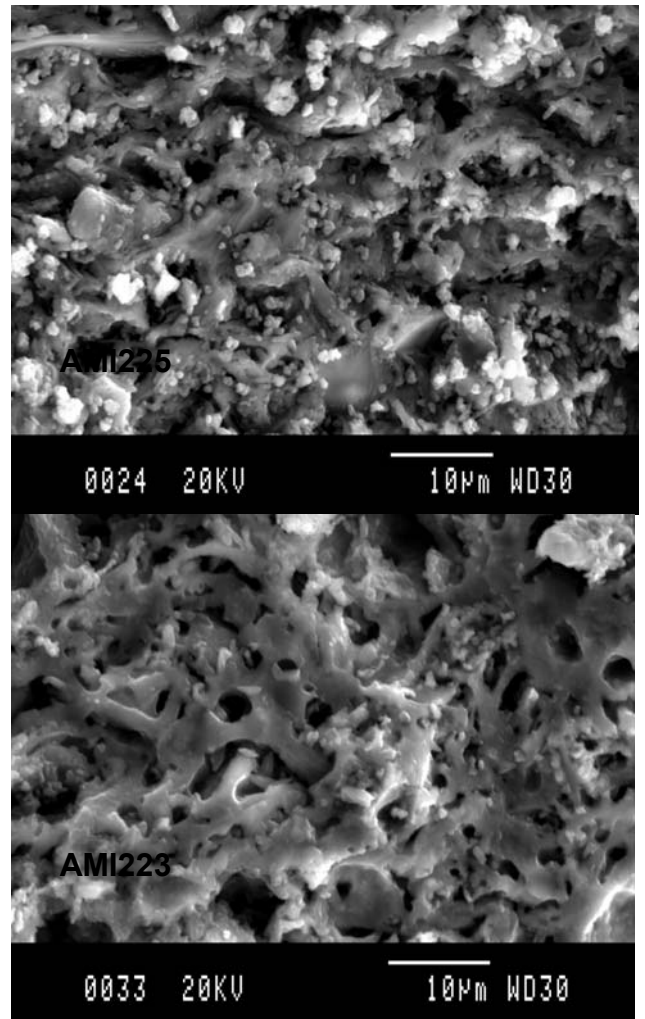


Figura 5.2.3.12.: Microfotografies (2000 x) de la matriu dels individus AMI325 i AMI323.

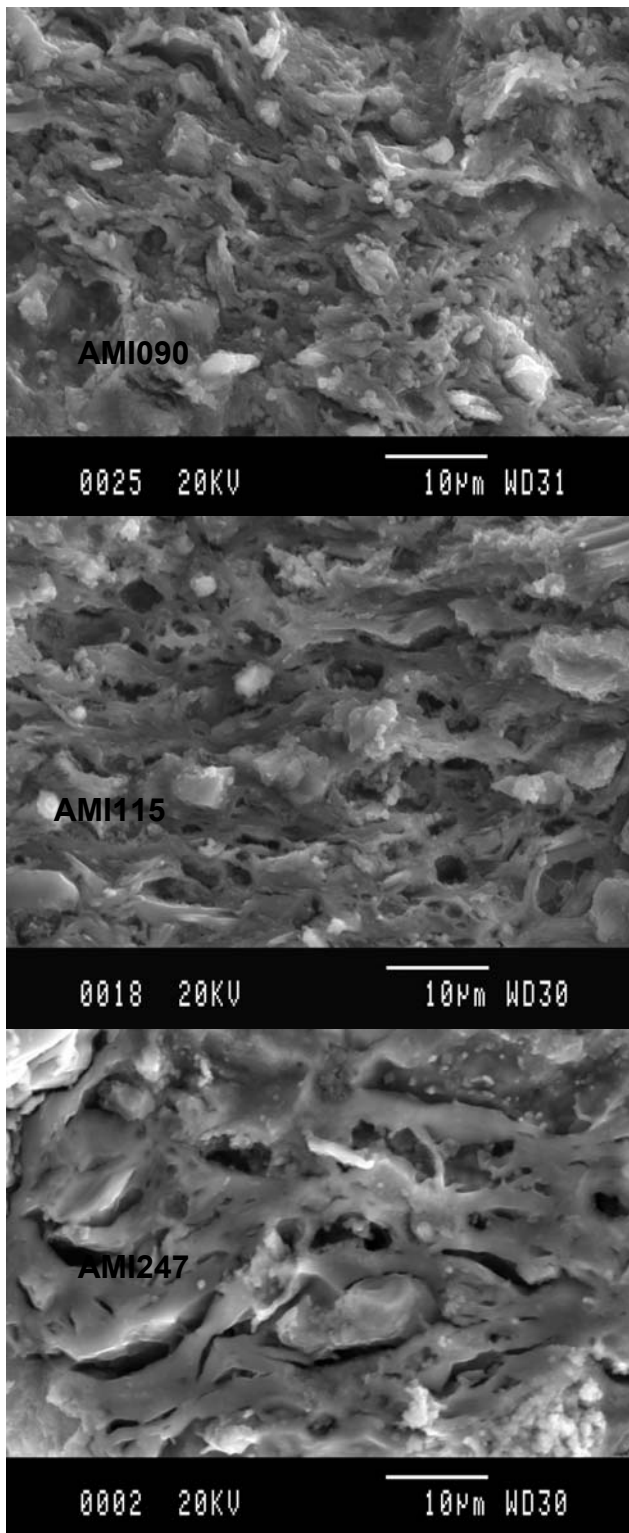


Figura 5.2.3. 13.: Microfotografies (x2000) de la matriu dels individus AMI090, AMI115 i AMI247.

La situació no és igual amb els individus AMI325 i AMI323, que corresponen a les fàbriques mineralògiques de **CambB₁** i **CampB₂**, de TCE-s estimades per XRD al voltant dels 950-1000°C i superiors a 1000°C. La microestructura de l'individu AMI225 indica una CV clara (*coarse bloating pores*) i la de l'AMI323 una CV+. En tots dos casos la estructura cel·lular de la matriu està clara i la porositat està avançada i grollera. Aquests aspectes indiquen en el dos casos un temperatura superior als 1100°C.

Finalment, pel que fa als individus estudiats per MER del grup **IB**, que químicament semblen calcaris, tot i que les fases de cocció que es varen identificar per DRX són les de una ceràmica poc calcària, es veuen a la Figura 5.2.3.13. En aquest cas, i sobretot, d'acord amb l'aspecte que té la microestructura de l'individu AMI247, també sembla ser que es tasta d'una ceràmica poc calcària. Ara bé, a la microfotografia de l'àmfora AMI090 que té una TCE estimada inferior als 800/850°C presenta una fase inicial de vitrificació avançada (Figura 5.3.3.13,

superior). D'aquesta manera la seva temperatura per MER es pot estimat al rang del 750-800°C. D'altra banda l'individu AMI115 que presenta una TCE per DRX igual als 800/850-900/1000°C, té una microestructura, que

desvela una Vitrificació clara, fet que indica que per MER la seva temperatura es pot estimar en el rang dels 800-900°C (Figura 5.2.3.13; al mitg). Finalment, la depuradora que es pot estimat per l'individu AMI247 (TCE superior als 950-1000) per MER és en el rang dels 900-1000°C, ja que la seva matriu presenta una CV molt avançada. Un fet, que cal esmentar que l'existència de piroxè en el difractograma de l'AMI090, que es pot comprovar per MER, que és de baixa temperatura, evidencia el seu caràcter primari.

5.2.4 Resultats dels tests de les propietats mecàniques

Tenim resultats sobre les propietats mecàniques de 26 àmfores ibèriques. Hem pogut calcular la resistència mecànica i la duresa d'aquest individus.

El càlcul de la residència mecànica ens permet fer inferències sobre la homogeneïtat del material i sobre la força màxima que aquest aguantaria abans de començar a trencar-se i el tipus de fractura que sofriria, és a dir, tenim informació sobre si són o no resistents i si la fractura que presenten és o no

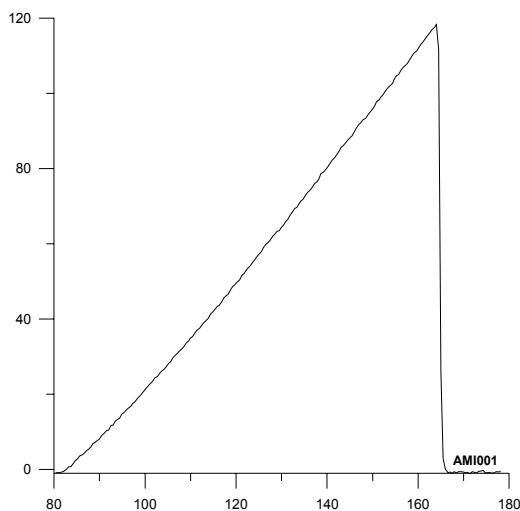


Figura 5.2.4.1: El gràfic de la Resistència Mecànica de l'individu AMI001

immediata. En canvi la duresa és una qualitat de la ceràmica que està reaccionada del tipus de les matèries primeres amb que està fabricada i es refereix a la capacitat del material d'amortiment dels cops aguts.

En primer lloc, hem pogut observar durant l'estudi de la resistència mecànica que, en tots els casos, la fractura corresponia a

un model estable, fet que significa que es tracta d'un material dur, compacte, amb poca tenacitat que, independentment de la força màxima que poden resistir, quan comença a trencar-se es col·lapsa immediatament. Aquest fet no és tant sorprenent, si pensem que, generalment, es tracta d'un material amb

una textura fina, on la fractura es pot propagar sense interrupcions significatives. Per tant, aquestes àmfores, independentment de la seva resistència mecànica, només podrien haver aguantat un transport puntual a una distància no massa llarga, perquè a l'estar fets d'un material tant compacte i poc elàstic, no aguantarien la contínua exposició a les tensions i pressions (fatiga) i es col·lapsarien ràpidament. Ara bé, es tracta d'un material ideal per l'emmagatzematge, tant de productes sòlids com a líquids, que majoritàriament aguanta pressions i tensions elevades.

D'alta banda, hem pogut observar que la proporció del contingut del calci en relació amb el contingut de magnesi és molt important. Això es pot explicar amb el fet que, aquests dos elements juguen un paper molt important en el tipus dels minerals que es desenvolupen durant la cocció i, com a ja hem esmentat anteriorment, en el tipus de la fase vítria que es produeix (porosa o no). Així doncs, els resultats també depenen de la composició mineralògica i, en un grau menor (Taula 5.3.4.1) de la temperatura de la cocció de les peces. Així doncs, ha estat possible observar, que la resistència a la ruptura transversal (TRS = *transversal rupture strength*), s'incrementava quan el contingut de calci superava proporcionalment molt al contingut de magnesi. Tanmateix, hem pogut observar en el microscopi binocular que, la disminució de porositat, juntament amb una matriu ceràmica

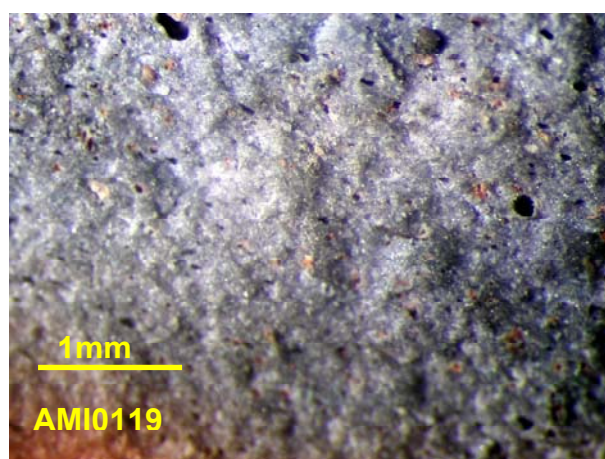
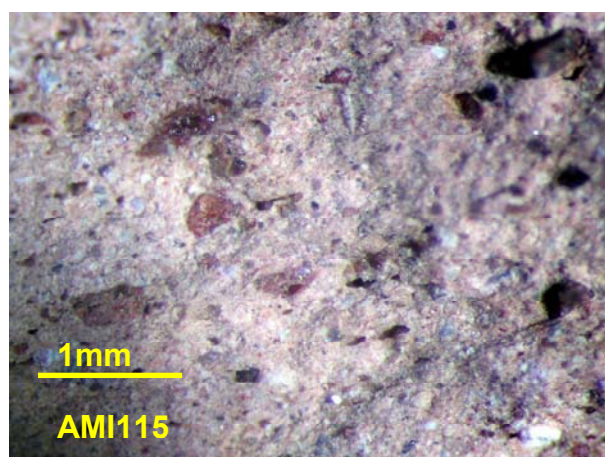
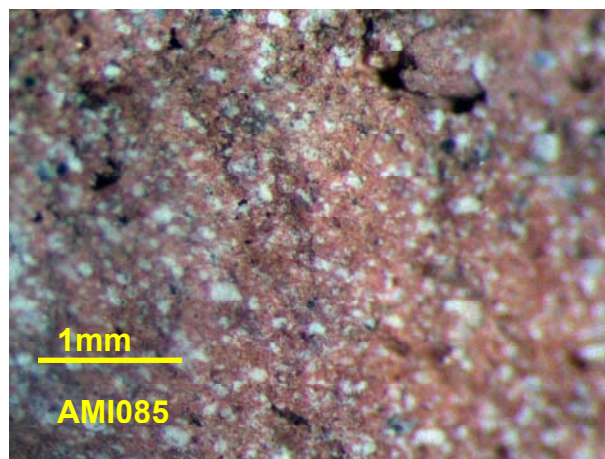


Figura 5.2.4.2 Fotografia de la matriu de tres individus amb diferents TRS

de textura més fina i més vitrificada, s'acompanyava d'un increment de la TRS (Figura 5.2.4.2).

Així doncs, s'han pogut distingir diferències significatives tant en la resistència mecànica com en la duresa. Pel que fa a la resistència, la TRS es presenta des d'una resistència molt baixa, corresponent a 7 Mpa (70 kg/cm^2) fins a resistència molt alta, igual a 40 MPa (400 kg/cm^2). Així doncs, en entre les àmfores estudiades, hi ha peces que no suporten tensions (o compressions) significatives i que, probablement podrien haver-se utilitzat només per l'emmagatzemament. Fins i tot, seria possible que aguantessin un transport puntual a una distància curta, si es transportessin tocant-se entre sí o amb un altre tipus de material lleuger. Ara bé, sobretot les produccions **VA** i **VB** de Vilafranca del Penedès i la producció **IB**, d'origen encara desconegut, tot i que malgrat això comprèn individus només de Trepucó presenten una TRS s'estima entre 15-22 Mpa ($150\text{-}220 \text{ kg/cm}^2$) i, per tant, són peces amb una bona resistència, que presenten una estabilitat a pressions mitjanes o significatives. D'acord amb els valors de la seva resistència, aquestes àmfores podrien aguantar transports puntuals, a una distància no massa llarga, sempre que, estiguessin col·locades una al costat de l'altra, o sempre que viatgessin conjuntament amb altre tipus de material no massa pesat (per exemple altres àmfores, i contenidors una mica més grans). Aquesta és una conclusió interessant, considerant el fet, que una part de les àmfores pertanyents a aquesta categoria procedeixen de jaciments de les Illes Balears i, per tant, és possible que s'haguessin transportat, ja que en aquesta època, no hi ha cap informació arqueològica que permeti pensar que les Illes no estaven produint àmfores ibèriques. Finalment, les àmfores de les produccions **A** i **B** del sud de Cossetània presenten una alta resistència, igual a 24-40 MPa ($240\text{-}400 \text{ kg/cm}^2$). És, per tant, obvi que aquestes àmfores aguanten molt bé altes pressions o tensions i cops forts. Són idònies per a l'emmagatzematge i transport puntuals a curtes distàncies, fins i tot conjuntament amb un material molt més pesat (Taula 5.2.4.1).

L'estudi de la duresa, ens ha desvelat també l'existència de diferents tipus de material (Figura 5.2.4.3). La duresa es refereix sobretot a la capacitat

deformació d'un material i per tant està relacionada amb l'absorció de la pressió inicial, abans que aquesta superi una certa quantitat i comenci el procés de fractura. Aquest paràmetre està sempre relacionat amb el tipus de les inclusions (plàstiques i no plàstiques), la temperatura de cocció i el tipus de la fase vítria (contínua, tipus cel·lular) i la quantitat d'argila que es manté en la matriu ceràmica, ja que aquesta última permet una deformació alta i una millor absorció de la pressió. Resumint, s'ha pogut observar que les produccions **A** i **B** eren les que més duresa presentaven, ja que les incusos en aquestes fàbriques no eren plàstiques i les temperatures eren en general altes. Pel que fa a les produccions **LAI**, **VA** i **VB**, la duresa depenia de la temperatura de cocció ja que d'aquesta última depenia la descomposició de les inclusions, que majoritàriament, eren inclusions no plàstiques (carbonats i miques), i la formació de la fase vítria. Ara bé, en el cas de les àmfores laietanes la duresa superava la de les del nord de la Cossetània (Vilafranca del Penedès), probablement degut a la formació d'una fase vítria més

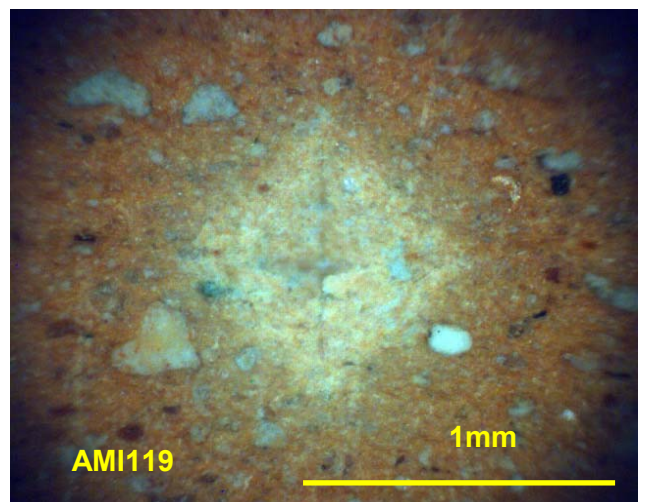
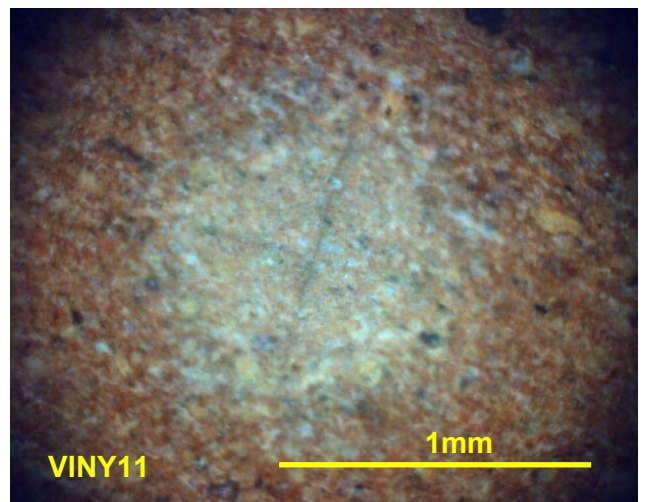
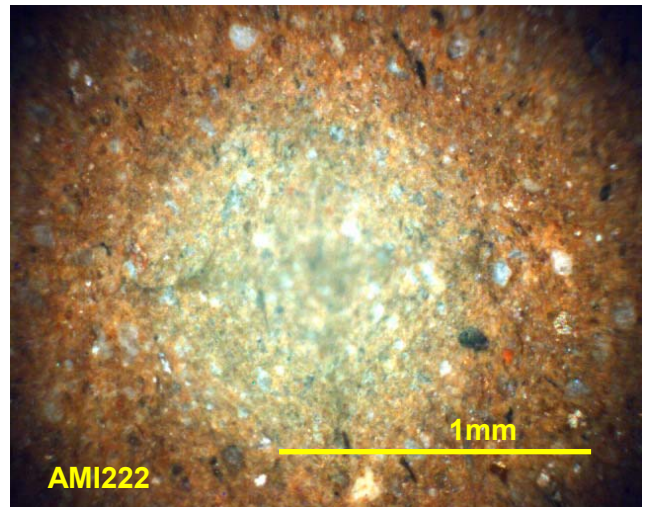


Figura 5.2.4.3 Fotografia de la matriu de tres individus representants de les tres diferents categories de duresa, amb el senyal de la impregnació del diamant obvia, començant des del superior que és el més tou fins a la més dur.; superior: AMI222. al mitg:VINY11 i inferior:Ami119

compacta. Les àmfores que presentaven la duresa també baixa eren les del grup **IB** i **TB**. Això probablement es deu al fet que estan alterades o/i contaminades per calcita secundària que ha debilitat la seva fase vítria que d'altra manera seria continua. D'altra banda, per a poder ampliar les observacions sobre la duresa caldria en futures investigacions ampliar el procés analític amb l'estudi del material per Microscòpia Òptica (Taula 5.2.4.2).