



UNIVERSITAT DE BARCELONA



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

Esther Travé Allepuz

Tesi Doctoral dirigida per:
Dr. José Ignacio Padilla Lapuerta

ANNEX IV

CARACTERITZACIÓ ARQUEOMÈTRICA

L'objectiu d'aquest treball de tesi ha estat emmarcar el jaciment de Cabrera d'Anoia en el temps i l'espai i copsar el seu funcionament com a terrisseria per tal d'explicar el procés tecnològic de les ceràmiques que s'hi van produir. Aquesta aproximació tecnològica l'hem dut a terme des de l'òptica petrogràfica, que ha constituït una part important de la nostra recerca. Tanmateix, en un marc de recerca més ampli, en col·laboració entre el GRAMP.-UB i el grup de Cultura Material i Arqueometria (Arq|UB), s'ha portat a terme una caracterització arqueomètrica dels materials. L'estudi analític comprèn la caracterització química, mineralògica i petrològica per **Fluorescència de Raigs X (FRX)** i **Difracció de Raigs X (DRX)**, a més de l'estudi petrogràfic anteriorment presentat. Tanmateix algunes mostres han estat també seleccionades per a l'anàlisi de la seva microestructura per mitjà del microscopi electrònic. Gràcies a la tècnica de la fluorescència de raigs X hem pogut conèixer la composició química de les mostres analitzades i, al mateix temps, les anàlisis de microscòpia electrònica i la difracció de raigs X combinades ens revelen les temperatures i atmosferes de cocció; elements que ens permeten aproximar-nos amb una major fiabilitat a la tecnologia emprada per a la fabricació d'aquestes peces.

No sembla procedent en aquest annex entrar en detall amb els principis i funcionament d'aquestes tècniques, que escapen de l'objectiu general de la nostra tesi i que són explicades en profunditat en altres treballs (MADRID, 2005; MARTÍNEZ, 2008), per la qual cosa exposarem breument la rutina analítica de cadascuna d'elles i en comentarem una primera aproximació als resultats que sigui útil al lector per tal d'aclarir o reforçar diverses qüestions referents a l'aproximació petrogràfica, i que quedi il·lustrada amb algunes gràfiques que posin en comú els resultats d'uns i altres treballs.

IV.1. RUTINES ANALÍTIQUES

Per tal de poder comparar els resultats obtinguts per tècniques diferents s'ha emprat, òbviament, el mateix conjunt de mostres en tots els casos. Tanmateix, cal tenir en compte que, de la selecció de fragments emprats per a l'estudi petrogràfic (*cf. catàleg – annex III*) se n'han extret les mostres CDA008, CDA058, CDA097 i CDA098. La raó és que la mostra resultant després de la preparació de la làmina prima no era suficient (>10 g) per a la caracterització arqueomètrica. Per la qual cosa, s'han analitzat un conjunt de 101 mostres, de les quals únicament 100 han estat considerades per a l'elaboració de les gràfiques, tal com veurem més endavant.

Fluorescència de Raigs X (FRX)

Per a la caracterització arqueomètrica, s'ha després els individus de les capes superficials, essent posteriorment polvoritzats i homogeneïtzats mitjançant un molí de boles *Spex Mixer* mod. 8000 amb cel·la de carbur de tungstè. La composició química del material s'ha determinat per Fluorescència de Raigs X (FRX) a partir de la pols prèviament assecada en una estufa a 105°C durant 12 h. Per a la determinació dels elements majors i menors, s'han fet preparacions de duplicats de perles de 30 mm de diàmetre, emprant 0.3 g d'espècimen en fusió alcalina amb 5.7 g de tetraborat de liti (dilució 1/20) en un forn d'inducció d'alta freqüència *Phillips Perl'X-3* a una temperatura màxima de 1125°C. Per a la determinació dels elements traça i el sodi, s'han fet preparacions de pastilles a partir de l'espècimen anteriorment preparat, sec i de mida de gra <80 µm, barrejat amb 2 ml d'una solució de reïna sintètica *n-butylmetacrilat* (Elvacite 2044, en 20% d'acetona). Aquesta barreja, homogeneïtzada manualment amb un morter d'àngata fins a sequedat, i disposada sobre una base d'àcid bòric en un recipient d'alumini de 40 mm de diàmetre, ha estat sotmesa a una pressió de 400 kN durant 60 s en una premsa Herzog.

La intensitat de la FRX ha estat mesurada amb un espectrofotòmetre Philips PW 2400, fent servir com a font d'excitació un tub de raigs X amb ànode de Rh d'acord amb les condicions analítiques exposades en la *taula b*. La quantificació s'ha realitzat en funció

de la seva concordança a la recta de calibratge configurada amb 60 patrons (Estàndards Geològics Internacionals) (*taula c*). Així, s'han determinat els elements: Fe₂O₃ (com Fe total), Al₂O₃, MnO, P₂O₅, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, SiO₂, Ba, Rb, Mo, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Sn, Ce, Co, Ga, V, Zn, W, Cu, Ni i Cr. Igualment s'ha calculat la pèrdua al foc (PAF) a partir de calcinacions de 0.3 g d'espècimen sec a 950°C durant 3 h. Les calcinacions s'han efectuat en una mufla *Heraeus* mod. M-110, fent servir una rampa d'escalfament de 3,4°C/min i refredament lliure. Cal tenir en compte els límits de detecció de la FRX i els de cada element, que són els dels elements menys pesants, en el nostre cas l'element menys pesant determinat és el Na. Les interferències provocades per la inestabilitat electrònica, han estat contemplades i corregits els possibles efectes matriu emprant, per les pastilles, una correcció de la intensitat de l'element per la intensitat de la radiació Compton del tub, excepte en els casos del Ba i del Ce, en els que es va utilitzar un factor de correcció calculat empíricament. En el cas de les perles, la dilució 1/20 és suficient per tal de minimitzar els efectes matriu. Finalment, cal destacar que certs elements, tot i ser determinats, no seran tinguts en compte en el treball estadístic posterior. D'una banda, l'Sn i el Mo degut a les seves baixes concentracions elementals per sota del límit de regressió; d'altra, el W i el Co degut a que l'ús del molí de carbur de tungstè que s'utilitza per a triturar i homogeneïtzat els individus comporta el perill de contaminacions d'aquests elements.

Difracció de Raigs X (FRX)

La composició mineralògica dels individus ha estat estudiada mitjançant la Difracció de Raigs X (DRX) emprant 1g de mostra seca, prèviament molturada i homogeneïtzada. La mostra en pols és dipositada en un portamostres estàndard cilíndric de 16 mm de diàmetre i 2.5 mm d'alçada (PW1811/16), en què es procedeix a una compactació manual de la mostra mitjançant una placa de vidre fins a obtenir una superfície plana. Per a les mesures s'ha utilitzat un difractòmetre Siemens D-500 treballant amb la radiació K α del Cu ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$), amb un monocromador de grafit en el feix difractat i una potència de treball d'1.2 kW (40 kV, 30 mA). Les mesures han estat realitzades entre 4 i 70°2 θ amb una mida de pas de 0.05°2 θ i un temps de comptatge de 3 s per pas. Les fases cristal·lines presents en cada mostra analitzada han estat identificades i

avaluades amb el paquet de programes DIFFRAC/AT de *Siemens* que inclou el banc de dades del *International Centre for Diffraction Data-Joint Committee of Powder Diffraction Standards*, 2006 (ICDD-JCPDS).

CONDICIONS ANALÍTIQUES (FRX)

	U	R	s	P	T	L	C	D	X	O	kV	mA	A	F+	F-
Al₂O₃	%	0.15 – 59.20	0.21	E	Rh	Ka	G	F	PE	1	40	70	145.1195	-	4.20
P₂O₅	%	0.01 – 15.70	0.01	E	Rh	Ka	G	F	GE	1	40	70	141.0351	3.20	-
K₂O	%	0.05 – 13.81	0.08	E	Rh	Ka	M	F	LIF200	1	40	70	136.6627	5.00	-
CaO	%	0.04 – 49.00	0.45	E	Rh	Ka	M	F	LIF200	1	40	70	113.0734	-	3.30
SiO₂	%	1.13 – 90.40	0.45	E	Rh	Ka	G	F	PE	1	40	70	109.2089	-	4.00
TiO₂	%	0.01 – 2.71	0.05	E	Rh	Ka	M	D	LIF200	1	40	70	86.1294	-	2.00
MnO	%	0.01 – 0.35	0.01	E	Rh	Ka	M	D	LIF200	1	50	50	62.9680	2.00	2.00
Fe₂O₃	%	0.07 – 25.65	0.31	E	Rh	Ka	M	D	LIF200	1	60	40	57.5133	-	2.00
MgO	%	0.12 – 43.51	0.13	E	Rh	Ka	G	F	PX1	1	40	75	22.3635	1.60	1.60
Ba	ppm	40 – 2000	33	A	Rh	Ka	F	C	LIF220	1	60	40	15.6046	1.20	0.50
Mo	ppm	2 – 92	1	A	Rh	Ka	F	C	LIF220	1	60	40	28.9011	0.60	0.60
Nb	ppm	5 – 270	5	A	Rh	Ka	M	C	LIF220	1	40	30	30.4374	0.50	0.60
Zr	ppm	20 – 780	16	A	Rh	Ka	M	C	LIF220	1	60	50	32.0975	0.90	1.20
Y	ppm	7 – 180	2	A	Rh	Ka	M	C	LIF220	1	60	50	33.8976	0.90	0.90
Sr	ppm	20 – 1370	11	A	Rh	Ka	M	C	LIF220	1	60	50	35.8550	0.70	0.70
Rb	ppm	10 – 3600	16	A	Rh	Ka	M	C	LIF220	1	60	50	37.9879	1.60	1.60
Th	ppm	3 – 370	9	A	Rh	Lβ	M	C	LIF220	1	60	50	31.1719	0.30	0.30
Pb	ppm	3 – 928	8	A	Rh	Lβ	F	C	LIF220	1	60	50	40.3786	0.80	0.80
Na₂O	%	0.5 – 10.59	0.22	A	Rh	Ka	G	F	PX1	1	40	75	27.0102	1.80	1.80
Rh(1)	-	-	-	-	-	Ka	F	C	LIF200	2	60	50	37.1186	-	-
Sn	ppm	2 – 370	4	A	Rh	Ka	M	C	LIF200	1	60	40	14.0377	0.40	0.20
Ce	ppm	21 – 520	16	A	Rh	Ka	F	C	LIF220	1	60	50	14.4678	0.30	0.30
Ga	ppm	5 – 95	2	A	Rh	Ka	M	C	LIF200	1	60	50	38.9137	1.00	-
Zn	ppm	10 – 1720	14	A	Rh	Ka	M	C	LIF200	1	60	50	41.7957	-	2.00
W	ppm	7 – 490	7	A	Rh	La	M	D	LIF200	1	60	50	43.0150	1.00	-
Cu	ppm	4 – 1230	8	A	Rh	Ka	M	D	LIF200	1	60	50	45.0239	2.00	-
Co	ppm	5 – 112	6	A	Rh	Ka	F	D	LIF220	1	40	60	77.8942	1.00	0.50
Ni	ppm	4 – 2380	9	A	Rh	Ka	M	D	LIF200	1	60	50	48.6632	1.00	1.00
V	ppm	5 – 310	22	A	Rh	Ka	M	D	LIF220	1	40	75	123.1654	0.40	1.00

U: unitats de concentració (en pes)

R: límits del calibrat (rang de concentracions)

s: sigma del calibrat (*)

P: preparació de mostra (E:perla, A:pastilla)

T: tub raigs x (ànode de Rh)

L: línia espectral llegida

C: col·limador (G:gruixut/0.70mm, M:mig/0.30 mm, F:fi/0.15mm)

D: detector (F:flux, S:sellat, C:centelleig, D:dúplex F+S)

X: cristall dispersor

O: ordre òptic

kV: kilovoltatge emprat

mA: mil·liamperatge emprat

A: ° angle del goniòmetre (sen 2theta)

F+: ° posició relativa fons +

F-: ° posició relativa fons -

(1): canal de lectura de la radiació incoherent Compton

(*) SIGMA(s)

n = patrons

k = coeficients de regressió

c.q.= concentració química

c.c.= concentració calculada

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_n (c.q. - c.c.)^2}{(n-k)}}$$

*CALIBRATGE DE MOSTRES GEOLÒGIQUES DE REFERÈNCIA INTERNACIONAL*ELEMENTS MAJORITARIS / PERLES (MOSTRA FOSA - *FUSSED SAMPLES*)Al₂O₃, P₂O₅, K₂O, CaO, SiO₂, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, MgO, (Na₂O)ELEMENTS MINORITARIS / PASTILLES (MOSTRA COMPRIMIDA - *PRESSED PELLETS*)Ba, Mo, Nb, Zr, Y, Sr, Rb, Th, Pb, Na₂O, Sn, Ce, Ga, Zn, W, Cu, Co, Ni, V

MOSTRES GEOLÒGIQUES DE REFERÈNCIA INTERNACIONAL EMPRADES

ANRT - National Working Group; Association Nationale de la Recherche Technique ANRT; Vandoeuvre, France: **BX-N, DR-N, DT-N, FK-N, GL-O, GS-N, UB-N**BCS - British Chemical Standards (BCS); Bureau of Analysed Samples (BAS); Middlebrou, Cleveland, England: **BCS375, BCS376, BCS381, ECRM879-1**CCRMP - Canada Center for Mineral and Energy Technology; Mines and Resources; Ottawa, Canada: **SO-1, SY-2**CRPG - Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CNRS); Vandoeuvre, France: **BR, GA, GH, Mica-Fe, Mica-Mg**IGGE - Institute of Geophysical and Geochemical Prospection; Ministry of Geology; Beijing, China: **GSD-1, GSD-2, GSD-3, GSD-4, GSD-5, GSD-6, GSD-7, GSD-8, GSD-9, GSD-10, GSD-11, GSD-12, GSR-1, GSR-2, GSR-3, GSR-4, GSR-5, GSR-6, GSS-1, GSS-2, GSS-3, GSS-4, GSS-5, GSS-6, GSS-7, GSS-8**IWG-GIT - International Working Group; Analitical Standards of Minerals, Ores and Rocks; Vandoeuvre, France: **AC-E, AL-I, AN-G, BE-N, IF-G, MA-N**MISC - Geological Research Laboratory; Sofia; Bulgaria: **GV, MB**NIST - National Institute of Standards and Technology NIST (antic NBS); Gaithersburg, USA: **NBS1645, NBS1C, NBS278, NBS688, NBS88B, NBS91, NBS97B, NBS98B**NIM - SABS; Pretoria, South Africa: **NIM-G**NRC - National Research Council; Institute for Environmental Chemistry; Ottawa, Canada: **BCSS-1, MESS-1**USGS - Branch of Geochemistry; Geological Survey; Denver Federal Center; Denver, USA: **PCC-1****Taula c:** Taula d'estàndards internacionals utilitzats en l'anàlisi quantitativa de FRX.

IV.2. RESULTATS I INTERPRETACIÓ

Els resultats de les anàlisis arqueomètriques semblen confirmar a grans trets les conclusions presentades fins ara per a l'estudi petrogràfic dels materials. Pel que fa a la composició química de les mostres, es poden distingir tres grups químics principals, marcats generalment per una presència major o menor de CaO. Així, el grup químic CDA1 està conformat per mostres no calcàries o poc calcàries, amb un percentatge de CaO generalment inferior al 3%, mentre que el grup CDA2 presenta mostres més calcàries en comparació, amb percentatges que poden arribar fins al 13%, però que generalment oscil·len al voltant del 6 – 7% o valors lleugerament inferiors. Finalment hi ha un tercer grup CDA3, que presenta mostres no calcàries que destaquen per una presència lleugerament superior de Fe_2O_3 i Ni.

A la *figura D* es presenta el dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament realitzat, amb el programa S-Plus (MathSoft 1999), utilitzant la distància euclidiana al quadrat i el procés aglomeratiu del centroide sobre la subcomposició Fe_2O_3 (com a Fe total), Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Cu Ni i Cr transformats en logaritmes de raons centrats. No s'ha utilitzat el P_2O_5 , que sembla correspondre a una possible contaminació. En aquest gràfic, a partir de tots els individus inicials que es troben a la part superior, s'estableix, en un procés jeràrquic d'aglomeració, la unió en cada etapa d'un individu amb un altre o amb un altre grup, o bé d'un grup amb un altre, fins a l'obtenció en l'estat final d'un grup únic format per tots els individus analitzats. Contra més allunyada de la base es produeix l'aglomeració o unió, més dissimilars en composició química són els individus que s'uneixen.

En el gràfic es pot percebre també la relació entre els grups resultants per FRX i els grups petrogràfics establerts anteriorment. D'aquesta manera, el color de l'etiqueta dels individus reflecteix l'assignació al grup petrogràfic corresponent. En efecte, els grups petrogràfics 6, 7, i 8, corresponents a la fase final del taller, presenten un component calcari que ha estat afegit i queden inclosos en el grup químic CDA2, independentment de les inclusions argiloses que presenta el grup 6. En canvi, els grups petrogràfics 1 i 2 corresponen amb el grup químic CDA1. És cert que els grups

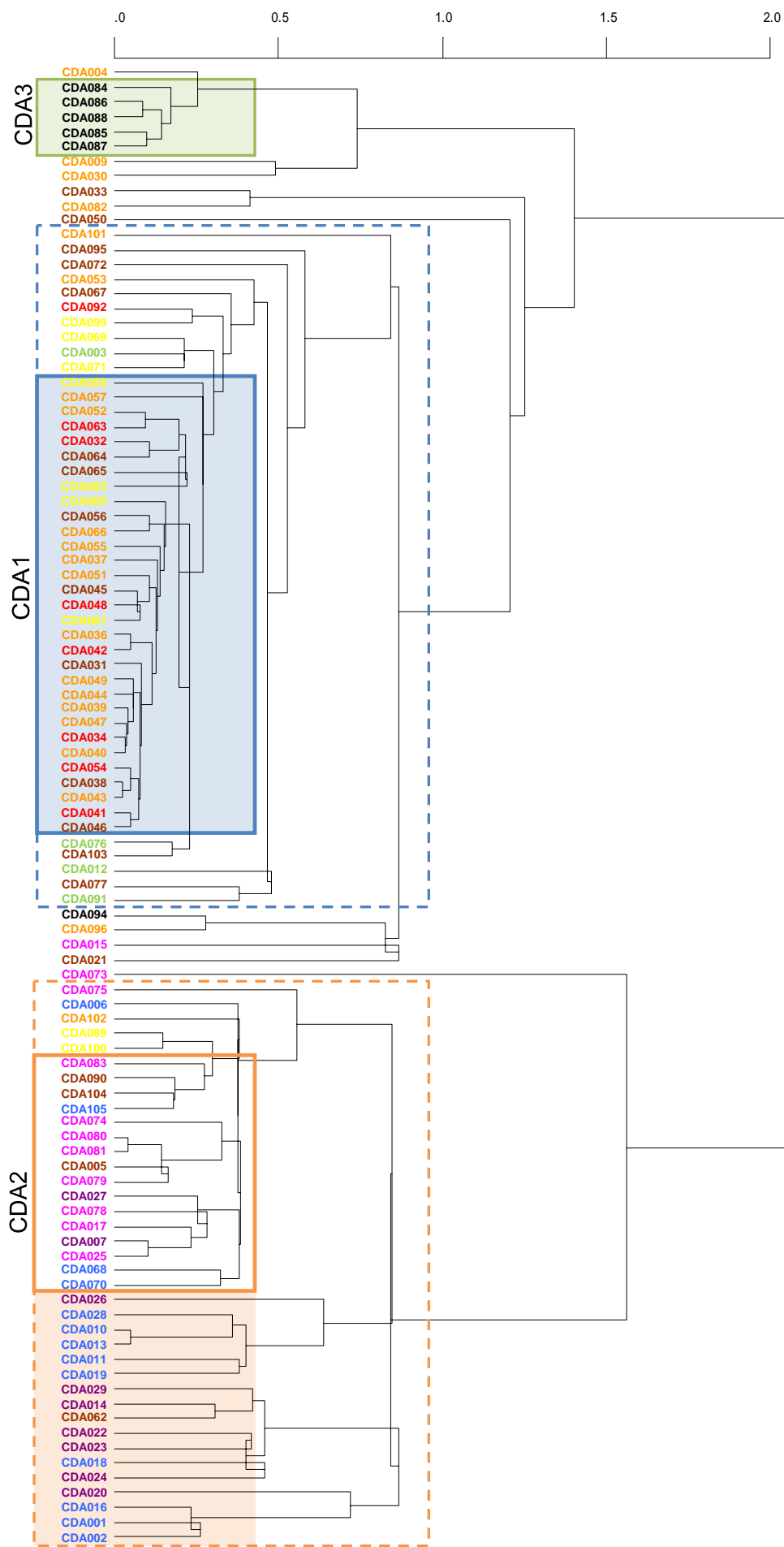


Fig. D: Dendrograma resultant de l'anàlisi d'agrupament utilitzant la distància euclidiana al quadrat i el procés aglomeratiu del centroide per la subcomposició Fe_2O_3 (como Fe total), Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Cu, Ni i Cr, transformats en logaritmes de raons centrats, sense P_2O_5 i sense la mostra CDA035. (En blau apareix representat el grup CDA1, amb el cor de grup acolorit; en carabassa el grup CDA2, amb les mostres més calcàries acolorides i enquadrat amb línia contínua el que podríem considerar com a cor de grup. En verd apareix representat el grup CDA3. L'etiqueta de cada mostra apareix representada amb el color corresponent a cada grup petrogràfic: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9).

petrogràfics 3 i 4 presenten inclusions de micrita molt escasses i tenen tendència a relacionar-se amb el grup CDA1. En aquest cas (grups 3 i 4), com ja havíem comentat anteriorment, podríem considerar l'existència en alguns casos de calcita secundària.

A més, els grups químics CDA1 i CDA2 són força heterogenis. Únicament en el grup CDA1 podem distingir la presència d'un cor de grup amb mostres que presenten una certa homogeneïtat, corresponents la gran majoria a la producció del tester 374. Per contra, en el grup CDA2 les mostres són molt més heterogènies i costa més definir un cor de grup amb certa precisió. En tot cas, el cor que podem aproximar equival en gran mesura al grup petrogràfic 6. Tot sembla corroborar la teoria de que al llarg de la vida productiva del taller s'empra una argila amb molt poca preparació i sense una recepta específica en les primeres fases. Així, l'argila obtinguda directament de l'àrea font es s'adequa amb percutors per al modelatge sense ésser decantada i sense afegir desgreixadors ni mescles. No serà fins els darrers anys de producció que, possiblement per haver-se perdut part del coneixement de la tècnica de modelatge, sigui necessari conferir una major plasticitat a l'argila i amb aquesta finalitat s'afegeixi travertí molt o bé argila fina en el seu estat no plàstic.

Aquests resultats es poden contrastar amb l'Anàlisi de Components Principals (ACP) que ens permetrà observar la relació que guarden els grups amb els diversos components. Aquesta tècnica permet trobar les combinacions lineals dels components inicials que maximitzen la variabilitat en un nombre petit de components. Així, s'aconsegueix passar d'un nombre elevat de dimensions a un petit nombre de valors calculats com a combinacions d'aquestes concentracions. D'aquesta manera es poden realitzar gràfics com els bivariants emprats en les *figures E i F*, però que corresponguin a aquestes noves combinacions o components principals. Aquests gràfics sempre representen una variància major que qualsevol gràfic bivariant realitzat sobre les concentracions inicials. D'aquesta manera, en un únic gràfic es resumeix molta més informació, permetent observar millor l'estructura de grups existents en el conjunt d'individus que s'estudia. A més, és possible incloure en els mateixos gràfics la situació dels components inicials, és a dir dels elements químics. D'aquesta manera, és possible

veure què és el que caracteritza les diferències i les similituds entre els distints individus i grups.

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Fe ₂ O ₃	0,03	0,05	-0,06
MnO	0,15	0,14	0,20
TiO ₂	0,12	0,03	0,00
MgO	-0,25	0,07	-0,14
CaO	-0,85	0,22	0,22
Na ₂ O	-0,02	-0,29	0,69
K ₂ O	-0,15	0,02	-0,20
SiO ₂	0,04	-0,09	0,12
Ba	-0,04	-0,10	0,12
Rb	-0,05	0,05	-0,14
Th	0,00	0,03	-0,04
Nb	0,06	0,04	0,05
Pb	0,03	0,12	0,25
Zr	0,20	-0,06	0,22
Y	0,10	-0,03	0,16
Sr	-0,20	-0,14	0,11
Ce	0,09	0,04	0,03
Ga	0,04	-0,04	0,01
V	0,11	0,02	0,00
Zn	0,06	0,24	-0,04
Cu	0,13	0,81	0,24
Ni	0,07	0,22	-0,18
Cr	0,14	0,13	0,26

Taula D: Coeficients de les tres primeres components principals.

A la *taula D* es poden veure els coeficients de les tres primeres components principals que expliquen el 82'56% de la variància. Els valors dels coeficients per a la primera component principal (C1), que explica el 57,79% de la variància, presenten l'atracció vers +C1 dels $\ln(\text{Zr}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i dels $\ln(\text{MnO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ principalment, en certa oposició amb els $\ln(\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$, els $\ln(\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$, i els $\ln(\text{Sr}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ principalment, atrets per -C1. Els coeficients de la segona component principal (C2), que explica el 13'82% de la variància, presenten l'atracció vers +C2 dels $\ln(\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i dels $\ln(\text{Zn}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ principalment, en certa oposició amb els $\ln(\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i els

$\ln(\text{Ba}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ principalment, atrets per -C2. Finalment, els coeficients de la tercera component principal (C3), que explica el 10'95% de la variància, presenten l'atracció vers +C3 dels $\ln(\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i dels $\ln(\text{Cr}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ principalment, en certa oposició amb els $\ln(\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i els $\ln(\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ principalment, atrets per -C3.

A les *figures E i F* es pot observar l'ACP realitzada amb el programa S-Plus (MathSoft, 1999), utilitzant la mateixa subcomposició que en el dendrograma, és a dir subcomposició Fe₂O₃ (com a Fe total), Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, SiO₂, Ba, Rb, Th, Nb, Pb, Zr, Y, Sr, Ce, Ga, V, Zn, Cu Ni i Cr transformats en logaritmes de raons emprant el Al₂O₃ com a divisor. La representació dels ln en els eixos definits per

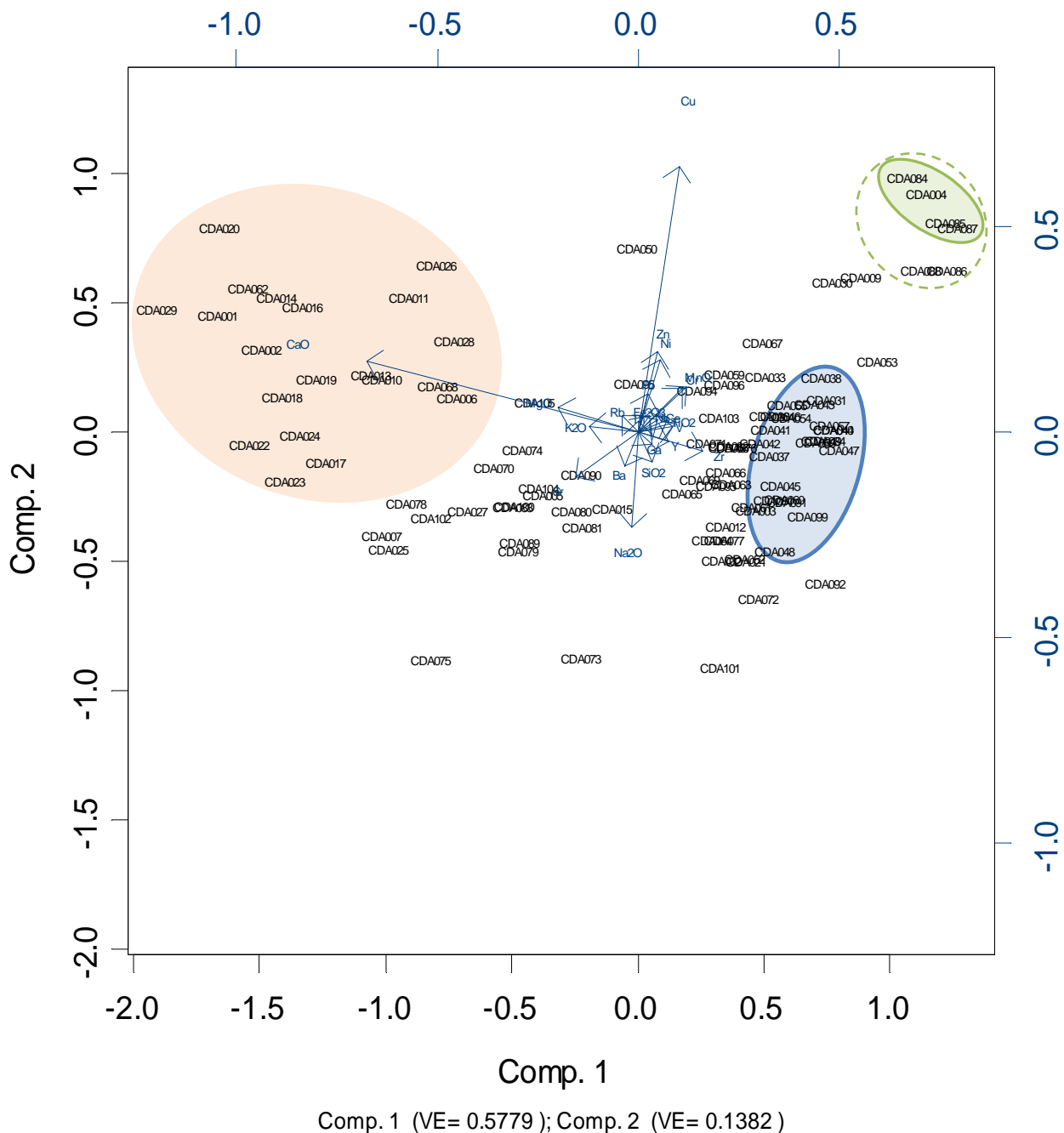


Fig. E: Gràfic bivariant de la primera component principal (Comp. 1) en abscisses, i la segona (Comp. 2) en ordenades, que representen el 71,61% de la variància explicada (VE). Les etiquetes dels components corresponen als components transformats en logaritmes de raons emprant Al_2O_3 com a divisor. (En blau apareix representat el cor del grup CDA1, en rosat les mostres calcàries del grup CDA2 i en verd el grup CDA3).

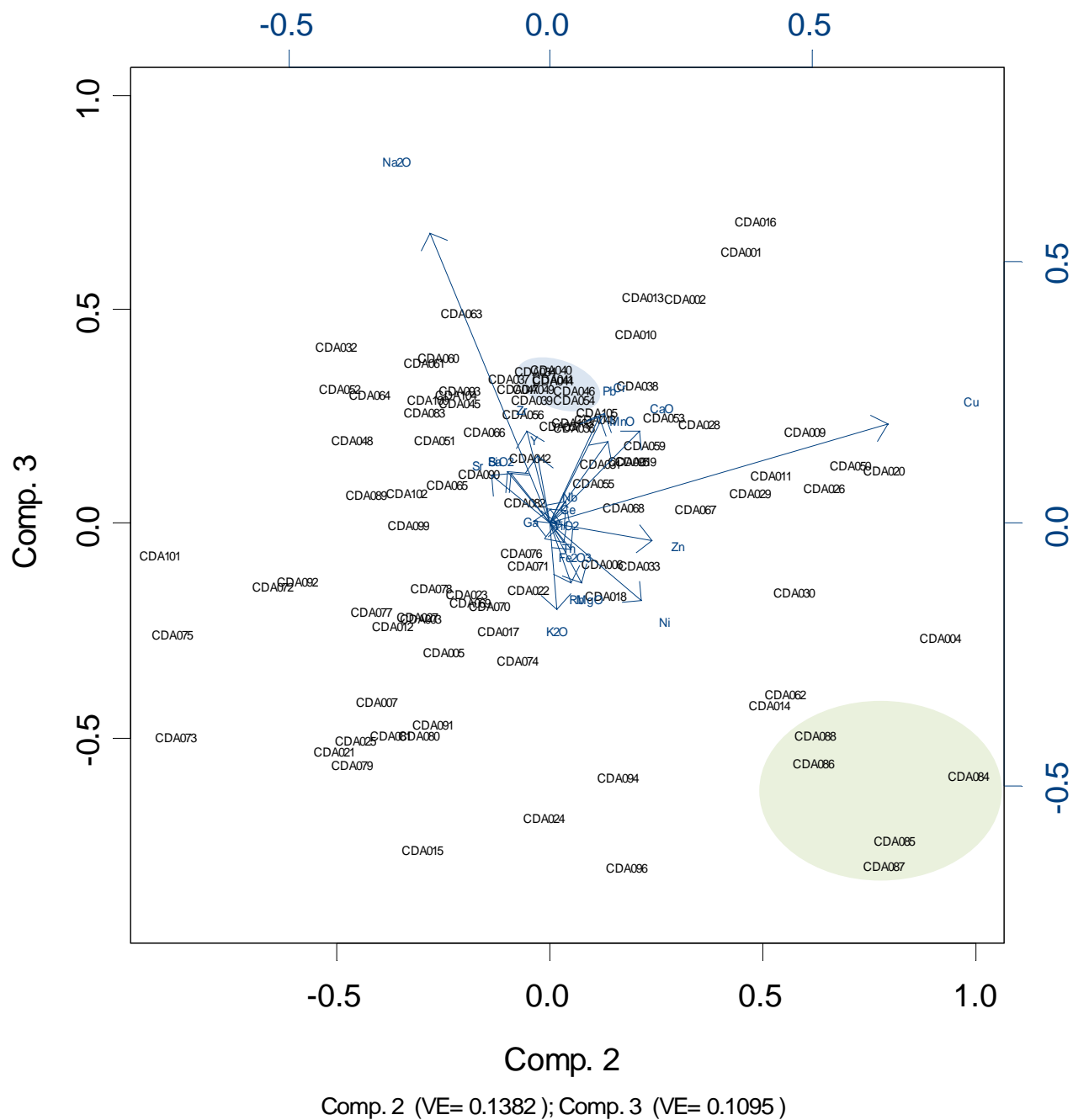


Fig. F: Gràfic bivariant de la segona component principal (Comp. 2) en abscisses, i la tercera (Comp. 3) en ordenades, que representen el 24,77% de la variància explicada (VE). Les etiquetes dels components corresponen als components transformats en logaritmes de raons emprant Al_2O_3 com a divisor. (En blau apareix representat el cor del grup CDA1 i en verd el grup CDA3).

la C1 i la C2 (*fig. E*), que expliquen el 71'61% de la variància permeten veure que els resultats són consistents amb el obtinguts fins ara.

Així, la primera component principal és la responsable de la separació de les agrupacions **CDA1** (en blau, cf. dendrograma) i **CDA3** (en verd), atretes per +C1 indicant una major riquesa en les fases $\text{In}(\text{Zr}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i $\text{In}(\text{MnO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$, en contraposició amb el grup **CDA2** (en carabassa) atretes per -C1 presentant, especialment, una major pobresa en aquelles fases i una major riquesa en $\text{In}(\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$, $\text{In}(\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3)$, i $\text{In}(\text{Sr}/\text{Al}_2\text{O}_3)$. La primera component principal defineix prou bé el grup de mostres més calcàries de la producció analitzada, que corresponen amb els grups petrogràfics 7 i 8. L'elevat percentatge de la variància explicada a partir de la primera component permet la distinció clara dels tres grups químics en funció del contingut en CaO. La tercera component principal (*fig. F*), però, també permet distingit el grup químic CDA3 que equival al grup petrogràfic 9 i que és atret per -C3 presentant una major riquesa de les fases $\text{In}(\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ i $\text{In}(\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3)$.

CDA1	F1: 50, 56, 57, 60, 66, 73, 76, 83, 89, 100, 101, 102
	F2: 9, 12, 31, 32, 41, 42, 48, 67, 95, 103
	F3: 28, 43, 49, 52, 54, 104
	F4: 39
	F5: 34, 37, 40, 44, 47, 53, 59, 61, 64, 65, 92, 93, 99
	F6: 30, 71, 90, 105

Taula E: Classificació de mostres no calcàries o poc calcàries en les diferents fàbriques resultants de l'anàlisi per DRX.

Pel que fa a les temperatures de cocció, l'estudi es troba encara en una fase inicial. En principi, podem distingir diferents fàbriques –que responen a fases minerals diverses, però no necessàriament a temperatures de cocció diferents–. Com que l'estudi encara no és complert, oferim una primera aproximació centrada en el grup CDA1 (*taula E*) corresponent de forma majoritària a la fase 4 (tester 374), que suposem que hauria estat l'època de major domini de la tecnologia i d'un control més acurat de les coccions. Tot i així és complicat definir la temperatura de cocció desitjada. Si tenim en compte els difractograms de les fàbriques que inclouen el major nombre de mostres: F1 i F2, d'una banda, i F5, de l'altra; trobem dues tendències generals. Les fàbriques F1 i F2 (*fig. G*) mostren pics d'il·lita, que revelen temperatures que no superen els 950°C,

mentre que a la fàbrica F5 (*fig. H*) aquests pics d'il·lita desapareixen i apareix l'hercinita com a mineral d'alta temperatura, per la qual cosa podem suposar una temperatura entre 950 - 1000°C. No es possible definir encara quina de les fàbriques respon a la temperatura de cocció desitjada. Tanmateix, no considerem que el control de la temperatura de cocció dels forns, per la seva estructura i l'esgotament de les àrees que implicaven com hem vist una seqüència repetitiva d'esfondraments, fos excessivament precisa. Possiblement ens movem en un marc que oscil·la al voltant dels 900 - 950°, temperatura que garanteix una certa solidesa de la peça i no comporta els perill per a l'estabilitat del forn que implicaria una temperatura gaire més elevada.

Fig. G: Difractograma de la mostra CDA012, representatiu de la fàbrica F2 (ill = il·lita, pg = plagiòclasi, kfs = feldspat potàssic, qtz = quars).

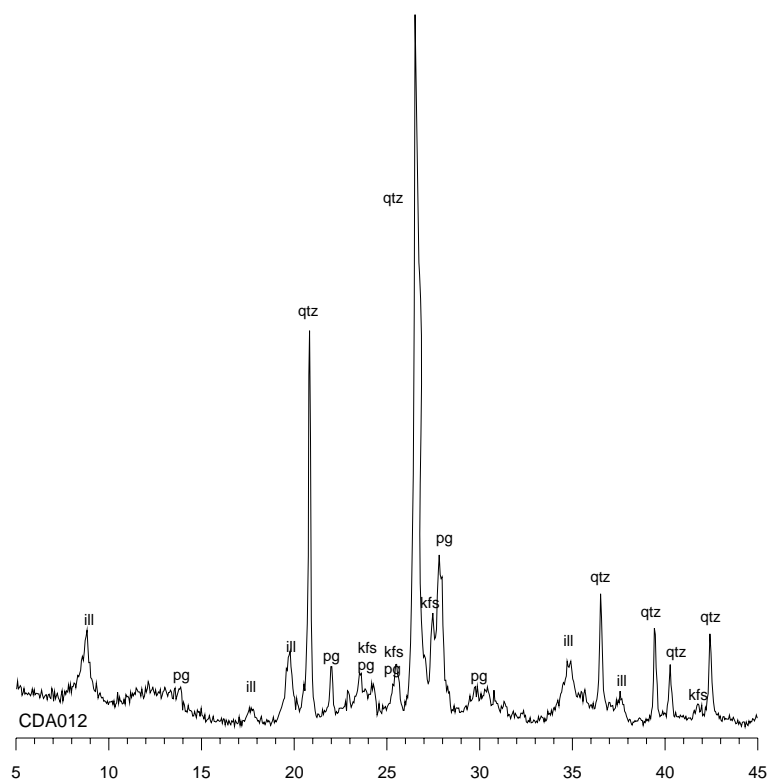


Fig. H: Difractograma de la mostra CDA034, representatiu de la fàbrica F5 (ill = il·lita, pg = plagiòclasi, kfs = feldspat potàssic, qtz = quars, hr = hercinita, mg = magnetita).

