

POSSIBILITATS I LIMITACIONS EN L'ESTUDI ARQUEOMÈTRIC DE LES PRODUCCIONS CERÀMIQUES EBUSITANES

JAUME BUXEDA I GARRIGÓS

MIGUEL ÀNGEL CAU ONTIVEROS

ERAUB, Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia.

*Universitat de Barcelona**

RESUM

L'illa d'Eivissa, considerada com a una unitat, ha estat una de les àrees productores de ceràmica més importants de la Mediterrània occidental, especialment des d'època púnica fins a època tardorromana. Els estudis arqueomètrics permeten obtenir dades sobre la tecnologia de producció d'aquestes ceràmiques que enriqueixen els coneixements que actualment en tenim d'elles. A més, aquests estudis ens permeten caracteritzar-les composicionalment. El present article mostra com aquesta caracterització no pot aportar dades de la composició de la ceràmica eivissenca com a una unitat, sino que aporta dades sobre una diversitat de produccions dins d'Eivissa, permetent així conduir l'atribució de procedència de la ceràmica a unitats menors que la pròpia illa. D'aquesta manera, el coneixement arqueològic que es té de la ceràmica eivissenca es veu enriquit amb noves possibilitats que milloren sensiblement el nostre coneixement de les interrelacions socials i econòmiques que les ceràmiques reflecteixen. En el present estudi les tècniques aplicades han estat la Fluorescència de Raigs X (FRX) i la Difracció de Raigs X (DRX).

PARAULES CLAU

Eivissa, ceràmica, provenença, tecnologia, arqueometria.

SUMMARY

Eivissa island, as a unit, has been one of the major pottery production centers in western Mediterranean, especially from punic to Late Roman periods. Archaeometric research provides information on production technology, useful for a wider comprehension on these productions. Besides, it also provides compositional information. However, archaeometric research can not provide knowledge on which the composition of pottery from Eivissa as a unit is, on the contrary it provides information on a plurality of productions within Eivissa. Moreover, this plurality will serve to assign provenance to production units at an infra island level. Therefore, archaeometric research will allow an important enrichment in our knowledge of social and economical interrelations that pottery reflects. This study has been developed through the application of X-Ray Fluorescence (XRF) and X-Ray Diffraction (XRD) analyses.

KEYWORDS

Eivissa, pottery, provenance, technology, archaeometry.

INTRODUCCIÓ

La importància d'Eivissa com a centre productor de ceràmiques durant l'Antiguitat ha estat

posada de manifest al llarg dels darrers anys en un bon nombre d'intervencions arqueològiques tant en el sector urbà d'Eivissa capital com en el rural (*vid.* com a síntesis Ramón 1997).

Les ceràmiques ebusitanes, amb produccions amfòriques com a mínim des del S. VI a.C., adquireixen un paper especialment important en època púnica no sols amb la producció d'àmfores (Ramón 1991, 1995, 1997), sino també amb la producció d'un bon nombre de classes ceràmiques com les de

* ERAUB, Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, C/ de Baldiri i Reixac, s/n, 08028 Barcelona; Telf. 93 440 92 00 (ext. 3192); e-mail: eraub@trivium.gh.ub.es

INDIVIDU	PROCEDÈNCIA	CLASSE CERÀMICA	TIPOLOGIA
EB01	fPM	pseudocampaniana ebusitana	forma 31
EB02	fPM	àmfora ebusitana	P.E. 25
EB03	fPM	pseudocampaniana ebusitana	pàtera, forma 5/7
EB04	fPM	pseudocampaniana ebusitana	peu anular, possible forma 26/27
EB05	fPM	pseudocampaniana ebusitana	plat de peix, forma 23
EB06	fPM	pseudocampaniana ebusitana	forma 27
EB07	fPM	ceràmica comuna	oinokoe
EB08	fPM	ceràmica comuna	morter
EB09	fPM	àmfora ebusitana	P.E. 18
EB10	fPM	ceràmica de cuina	cassola
EB11	fPM	àmfora ebusitana	P.E. 25
EB12	fPM	ceràmica de cuina	olla de vora esgraonada
EB13	fPM	àmfora ebusitana	P.E. 15
EB14	fPM	pseudocampaniana ebusitana	possible forma 31
EB15	PV: P.V.5-4.1.	àmfora ebusitana	P.E. 24
EB16	fPM	àmfora ebusitana	variant de P.E. 25
EB17	fPM	ceràmica comuna	base de peu indiferenciat
EB18	fPM	ceràmica comuna	base
EB19	fPM	vaixella pintada	vora i paret
EB20	fPM	àmfora ebusitana	paret, forma no identificada
TB03	TSB	ceràmica pintada	informe, Pasta A
TB04	TSB	ceràmica pintada	informe, Pasta B

TAULA 1: Individus inclosos en l'estudi (fPM: fons del Museu del Puig des Molins; PV: Puig Vermell; TSB: Turó de Ses Beies).

cuina, les imitacions de vernís negre (del Amo, 1970; Guerrero 1980; Fernández & Granados 1980) i la ceràmica comuna en general (Ramón, 1997; Font 1974; Tarradell & Font 1975). L'entrada en l'òrbita romana no va suposar la fi de la producció ja que alguns tipus amfòrics, d'igual manera com algunes ceràmiques comunes, han d'ésser considerats com a propis d'aquest període. D'aquesta manera, la producció ebusitana es documentarà amb claredat fins a l'Antiguitat Tardana, moment en que es produeix una gran diversitat de tipus en ceràmica comuna, així com alguns tipus d'àmfores (Ramón 1986; Ramón & Cau 1998).

Malgrat la importància d'Ebusus com a centre productor i de la seva incidència en el comerç del Llevant peninsular i les Illes Balears, la producció ebusitana no ha estat objecte d'una caracterització arqueomètrica que permeti conèixer les seves característiques composicionals. L'única excepció que nosaltres coneguem és el treball de Doménech *et al.* 1990 on s'analitzen 7 individus procedents de jaciments d'Eivissa, sense que representi cap aportació significativa. En el marc d'un projecte de caracterització arqueomètrica d'aquestes produccions, i després de la caracterització de les àmfores T-8.1.3.1. del centre FE-13 d'Eivissa capital (Ramón 1997; Buxeda & Cau 1997), s'ha procedit en aquest treball a una segona fase que inclou diverses classes ceràmiques produïdes entre el S. III a.C. i el S. I a.C./I d.C. com a experiència que permeti avaluar la complexitat de la producció ebusitana i les possibilitats que aques-

ta caracterització ofereix en el reconeixement dels diversos centres productors.

MOSTREIG

Amb l'objectiu d'avaluar la possibilitat d'identificar una pluralitat de produccions dins de les ceràmiques eivissenques, es procedí a la realització d'un mostreig de 19 individus procedents dels fons del Museu del Puig des Molins. A més, es varen incloure tres individus que arqueològicament es classificaven com a possibles productes ebusitans i que procedien de Mallorca, un del jaciment del Puig Vermell (Calvià) i els altres dos procedents del Turó de Ses Beies (Calvià). Els dos darrers pertanyen a les anomenades 'ceràmiques pintades' (Camps & Vallespir 1974) per les quals es diferencia el que s'anomena Pasta A, associada a peces de gran mida, d'una Pasta B, que estaria associada a peces de mida mitjana. Malgrat aquesta diferenciació, per a ambdós tipus es planteja com a hipòtesis un origen eivissenc. Una relació dels individus inclosos en el mostreig es pot observar en la Taula 1.

Paral·lelament, s'han considerat els 63 individus (EI01 a EI63) d'àmfores T-8.1.3.1. del centre FE-13 d'Eivissa, que han estat ja caracteritzats arqueomètricament (Buxeda & Cau 1995, 1997). En l'estudi d'aquest centre s'han definit, principalment, dues Unitats de Referència Composicional de Pasta (URCP) (Buxeda *et al.* 1995) GA i GB que

M.V.C.	Fe2O3	Al2O3	MnO	P2O5	TiO2	MgO	CaO	Na2O	K2O	SiO2	Ba	Rb	Th
Fe2O3	0	0.00953	0.07242	0.13865	0.01345	0.04487	0.56721	0.2134	0.13477	0.01812	0.05934	0.0529	0.02586
Al2O3	0.00953	0	0.09616	0.117	0.00517	0.03233	0.49904	0.1959	0.13217	0.01184	0.05178	0.04789	0.02349
MnO	0.07242	0.09616	0	0.27223	0.09466	0.13319	0.70756	0.30536	0.19182	0.0955	0.1303	0.1171	0.09598
P2O5	0.13865	0.117	0.27223	0	0.1293	0.10403	0.46077	0.28273	0.25146	0.10946	0.14171	0.16929	0.15528
TiO2	0.01345	0.00517	0.09466	0.1293	0	0.03401	0.48616	0.20037	0.12672	0.00876	0.05915	0.05105	0.02414
MgO	0.04487	0.03233	0.13319	0.10403	0.03401	0	0.42603	0.19817	0.15938	0.03409	0.08574	0.0963	0.06773
CaO	0.56721	0.49904	0.70756	0.46077	0.48616	0.42603	0	0.52063	0.69815	0.45106	0.62862	0.68693	0.60308
Na2O	0.2134	0.1959	0.30536	0.28273	0.20037	0.19817	0.52063	0	0.52869	0.21773	0.33556	0.35786	0.26447
K2O	0.13477	0.13217	0.19182	0.25146	0.12672	0.15938	0.69815	0.52869	0	0.12084	0.1198	0.06503	0.12925
SiO2	0.01812	0.01184	0.0955	0.10946	0.00876	0.03409	0.45106	0.21773	0.12084	0	0.06073	0.05218	0.02901
Ba	0.05934	0.05178	0.1303	0.14171	0.05915	0.08574	0.62862	0.33556	0.1198	0.06073	0	0.04086	0.04716
Rb	0.0529	0.04789	0.1171	0.16929	0.05105	0.0963	0.68693	0.35786	0.06503	0.05218	0.04086	0	0.03369
Th	0.02586	0.02349	0.09598	0.15528	0.02414	0.06773	0.60308	0.26447	0.12925	0.02901	0.04716	0.03369	0
Nb	0.02035	0.01748	0.09896	0.13564	0.01419	0.04505	0.4801	0.23236	0.13512	0.01121	0.05969	0.05814	0.02792
Pb	0.11513	0.12529	0.16983	0.24491	0.12474	0.16174	0.67871	0.47252	0.08984	0.11889	0.12394	0.07923	0.11738
Zr	0.02247	0.02181	0.08697	0.15288	0.01554	0.05539	0.51314	0.25086	0.12928	0.01196	0.05745	0.04873	0.01996
Y	0.01031	0.01027	0.08231	0.12845	0.0105	0.04276	0.51064	0.22691	0.12987	0.01237	0.04544	0.04453	0.01626
Sr	0.1876	0.16225	0.30504	0.15141	0.16452	0.12259	0.1683	0.25593	0.33011	0.14091	0.2216	0.27963	0.22417
Sn	0.06969	0.05479	0.15254	0.14446	0.05233	0.0888	0.52947	0.33591	0.13763	0.04955	0.07084	0.06561	0.05671
Ce	0.01669	0.01431	0.08549	0.1391	0.01363	0.04716	0.53411	0.23598	0.13027	0.01653	0.04472	0.04452	0.02137
Ga	0.00853	0.00507	0.08966	0.1279	0.00881	0.04205	0.55677	0.22181	0.128	0.01473	0.05736	0.0388	0.02014
V	0.00874	0.00944	0.09201	0.13481	0.01051	0.03856	0.48839	0.20102	0.14271	0.01577	0.07093	0.06475	0.03312
Zn	0.02742	0.02693	0.10587	0.12582	0.03238	0.05937	0.59885	0.2429	0.14024	0.03547	0.0721	0.0551	0.0471
Cu	0.11823	0.08817	0.24347	0.16391	0.09638	0.09328	0.37088	0.20763	0.23373	0.10633	0.16488	0.17265	0.15492
Ni	0.0063	0.0094	0.08294	0.14328	0.0116	0.04249	0.51845	0.19989	0.14459	0.02001	0.06667	0.06312	0.03078
τ.i	1.96195	1.76749	3.90735	4.12447	1.78807	2.2551	12.683	6.70461	4.52945	1.76302	2.81634	2.7859	2.26896
ν/τ.i	0.82381	0.91445	0.41365	0.39188	0.90393	0.71672	0.12744	0.24107	0.35684	0.91677	0.5739	0.58017	0.71235
r v,τ.	0.99087	0.99633	0.97699	0.93413	0.99636	0.98666	-0.0217	0.71136	0.926	0.99845	0.9783	0.95454	0.98598

	Nb	Pb	Zr	Y	Sr	Sn	Ce	Ga	V	Zn	Cu	Ni
Fe2O3	0.02035	0.11513	0.02247	0.01031	0.1876	0.06969	0.01669	0.00853	0.00874	0.02742	0.11823	0.0063
Al2O3	0.01748	0.12529	0.02181	0.01027	0.16225	0.05479	0.01431	0.00507	0.00944	0.02693	0.08817	0.0094
MnO	0.09896	0.16983	0.08697	0.08231	0.30504	0.15254	0.08549	0.08966	0.09201	0.10587	0.24347	0.08294
P2O5	0.13564	0.24491	0.15288	0.12845	0.15141	0.14446	0.1391	0.1279	0.13481	0.12582	0.16391	0.14328
TiO2	0.01419	0.12474	0.01554	0.0105	0.16452	0.05233	0.01363	0.00881	0.01051	0.03238	0.09638	0.0116
MgO	0.04505	0.16174	0.05539	0.04276	0.12259	0.0888	0.04716	0.04205	0.03856	0.05937	0.09328	0.04249
CaO	0.4801	0.67871	0.51314	0.51064	0.1683	0.52947	0.53411	0.55677	0.48839	0.59885	0.37088	0.51845
Na2O	0.23236	0.47252	0.25086	0.22691	0.25593	0.33591	0.23598	0.22181	0.20102	0.2429	0.20763	0.19989
K2O	0.13512	0.08984	0.12928	0.12987	0.33011	0.13763	0.13027	0.128	0.14271	0.14024	0.23373	0.14459
SiO2	0.01121	0.11889	0.01196	0.01237	0.14091	0.04955	0.01653	0.01473	0.01577	0.03547	0.10633	0.02001
Ba	0.05969	0.12394	0.05745	0.04544	0.2216	0.07084	0.04472	0.05736	0.07093	0.0721	0.16488	0.06667
Rb	0.05814	0.07923	0.04873	0.04453	0.27963	0.06561	0.04452	0.0388	0.06475	0.0551	0.17265	0.06312
Th	0.02792	0.11738	0.01996	0.01626	0.22417	0.05671	0.02137	0.02014	0.03312	0.0471	0.15492	0.03078
Nb	0	0.11918	0.00727	0.00873	0.1556	0.04245	0.01396	0.02024	0.0182	0.05152	0.13008	0.02281
Pb	0.11918	0	0.11793	0.11194	0.28673	0.1422	0.11902	0.1155	0.12047	0.14496	0.22064	0.12046
Zr	0.00727	0.11793	0	0.00793	0.18088	0.04273	0.01244	0.02138	0.02462	0.05752	0.14893	0.02613
Y	0.00873	0.11194	0.00793	0	0.16639	0.0475	0.00731	0.01146	0.01427	0.03593	0.12153	0.01201
Sr	0.1556	0.28673	0.18088	0.16639	0	0.21616	0.18582	0.19675	0.15276	0.22489	0.13903	0.16984
Sn	0.04245	0.1422	0.04273	0.0475	0.21616	0	0.04799	0.05521	0.07199	0.09257	0.18349	0.07488
Ce	0.01396	0.01192	0.01244	0.00731	0.18582	0.04799	0	0.01478	0.02082	0.0371	0.12646	0.01834
Ga	0.02024	0.1155	0.02138	0.01146	0.19675	0.05521	0.01478	0	0.01114	0.0237	0.11278	0.01086
V	0.0182	0.12047	0.02462	0.01427	0.15276	0.07199	0.02082	0.01114	0	0.03786	0.09911	0.00632
Zn	0.05152	0.14496	0.05752	0.03593	0.22489	0.09257	0.0371	0.0237	0.03786	0	0.11969	0.03302
Cu	0.13008	0.22064	0.14893	0.12153	0.13903	0.18349	0.12646	0.11278	0.09911	0.11969	0	0.09934
Ni	0.02281	0.12046	0.02613	0.01201	0.16984	0.07488	0.01834	0.01086	0.00632	0.03302	0.09934	0
τ.i	1.92624	4.24116	2.03418	1.8156	4.7889	2.82549	1.94789	1.9134	1.88829	2.42829	3.71551	1.93351
ν/τ.i	0.83909	0.3811	0.79456	0.89022	0.33751	0.57204	0.82976	0.84472	0.85595	0.66561	0.43501	0.83594
r v,τ.	0.99468	0.93798	0.98858	0.99508	0.1932	0.97771	0.99339	0.99293	0.99528	0.98923	0.87985	0.99244

Στ.i	80.8142
ντ	1.61628

TAULA 2: Matriu de variació composicional.

presenten importants diferències composicionals i tecnològiques. La consideració d'aquestes URCP permet una millor avaluació dels resultats obtinguts en el present estudi.

RUTINA ANALÍTICA

Els individus han estat despresos de les capes superficials, essent posteriorment polvoritzats i homogeneïtzats mitjançant un molí de boles amb cel·la de carbur de tungsté. La composició química

del material s'ha determinat per Fluorescència de Raigs X (FRX). S'han fet preparacions de perles (dilució 1/20) i pastilla a partir de la pols prèviament assecada en una estufa a 105° C durant 12 h. La quantificació es va realitzar amb un espectrofotòmetre Philips PW 1400, amb fonts d'excitació de Rh i Au, utilitzant-se una recta de calibratge configurada amb 60 patrons (Estàndards Geològics Internacionals). Així, es varen determinar 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 i Ni. Igualment es calculà la Pèrdua Al Foc (PAF) a partir de calcinacions de 0.3 g a 1000°C durant 1 h.

La composició mineralògica dels 20 individus ha estat estudiada mitjançant la Difracció de Raigs X (DRX) emprant la pols dels espècimens prèviament preparats. S'ha emprat un difractòmetre Siemens D-500 treballant amb la radiació $K\alpha$ del Cu ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), amb un monocromador de grafit en el feix difractat i una potència de treball de 1.2 kW (40 kV, 30 mA). Els mesuraments es van realitzar entre 4 i $70^\circ 2\theta$ amb una mida de pas de $0.05^\circ 2\theta$ i un temps de comptatge de 3 s. Les avaluacions de les fases cristal·lines presents s'han realitzat amb el paquet de programes DIFFRAC/AT de Siemens que inclou el banc de dades del Joint Comitee of Powder Diffraction Standards (JCPDS).

Una descripció en detall de la rutina i de les condicions analítiques ha estat publicada anteriorment (Buxeda 1995a).

RESULTATS DE LA CARACTERITZACIÓ QUÍMICA

Els resultats de l'anàlisi química per FRX han estat tractats mitjançant tècniques estadístiques seguint les consideracions d'Aitchinson sobre dades composicionals (Aitchinson 1986, 1992; Buxeda 1995a, 1995b, 1997), emprant la transformació en logaritmes de raons segons

$$\mathbf{x} \in S^d \rightarrow \mathbf{y} = \log \left(\frac{\mathbf{x}_{-D}}{x_D} \right) \in R^d,$$

on S^d és el simplex d -dimensional ($d=D-1$) i $\mathbf{x}_{-D}=(x_1, \dots, x_d)$. Els components Mo, Co i W no han estat considerats per indeterminacions i imprecisions analítiques.

La matriu de variació composicional (MVC) (Taula 2) permet quantificar la variació total (vt) present a la matriu de dades, així com comprobar que la variabilitat composicional va lligada a les variacions relatives dels components determinats amb els components P_2O_5 , Pb, K_2O , Sr, Na_2O i CaO ($vt/\tau_i < 40\%$).

La gran variació relativa amb el CaO queda clarament expressada en la situació dels individus analitzats en el triangle ceràmic (Figura 1). Com es pot veure, un grup d'individus se situen amb una composició altament calcària. Aquest grup és la URCP GA del centre FE-13 (Buxeda & Cau 1997). La resta d'individus formen un grup molt dispers dins del triangle d'equilibri quars-wollastonita-anortita. Aquest grup d'individus representa la URCP GB del centre FE-13, així com les altres

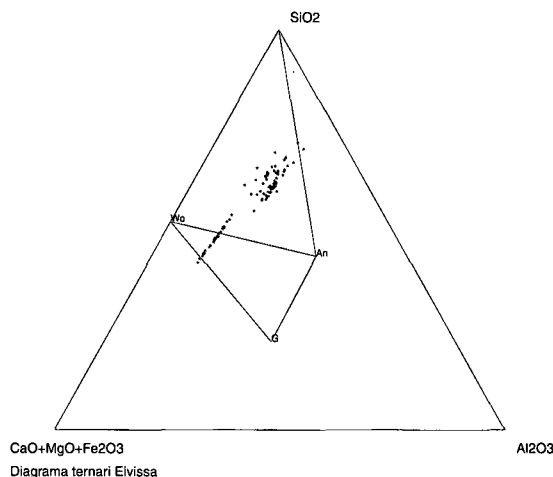


FIGURA 1: Diagrama ternari $SiO_2-Al_2O_3-CaO+MgO+Fe_2O_3$. An: anortita; g: gehlenita; Wo: wollastonita; SiO_2 = quars.

URCP definides en aquest centre, els individus del Puig Vermell i el Turó de ses Beies i 17 dels 19 individus dels fons del Museu del Puig des Molins. Tots ells s'inclouen dins del grup de ceràmiques calcàries. Únicament dos individus (EB09 i EB20) se situen en el límit d'aquest triangle d'equilibri, o clarament fora d'ell, i poden ésser considerats com a pertanyents al grup de les ceràmiques no calcàries (Maniatis, Simopoulos & Kostikas 1981; Maniatis *et al.* 1983). Tecnològicament aquestes consideracions oferiran implicacions importants.

Com a resum de l'estudi de les concentracions químiques presentem a la Figura 2 el dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats realitzada sobre la subcomposició Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO, TiO_2 , MgO, CaO, Na_2O , K_2O , SiO_2 , Ba, Rb, Th, Nb, Zr, Y, Sr, Ce, V, Zn i Ni, emprant el SiO_2 com a divisor en la transformació en logaritmes de raons. La distància utilitzada és el coeficient de forma proposat per Penrose (1954) i que per als individus j i k ve donat per

$$C_p^2 = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s (y_{ij} - y_{ik})^2 - \frac{1}{s^2} \left(\sum_{i=1}^s (y_{ij} - y_{ik}) \right)^2$$

on s és el número de components d utilitzats per al seu càlcul. Aquest coeficient correspon al residu de la distància euclidiana al quadrat mitjana, a l'esquerra de la resta entre els dos termes del coeficient de forma, després que li sigui sostret el coeficient de mida, a la dreta de la resta. El seu valor es correspon a la variància entre les diferències dels components presos en consideració per a ambdós individus j i k (*vid.* Sneath & Sokal 1973: 169 y ss.). El seu efecte és reduir les contribucions a les dife-

rències entre els individus d'aquelles variables que tenen una major variància. L'algoritme aglomeratiu emprat és el del centroide. L'anàlisi de conglomerats s'ha realitzat utilitzant el programa Clustan (Wishart 1987).

En el dendrograma (Figura 2) s'aprecien clarament les URCP definides en l'estudi del centre FE-13 (GA, GB, GC i GD, aquesta darrera indicada per la lletra d en cada un dels individus que la componen). L'individu EI54, agrupat en la URCP GB, apareix ara com a mal classificat (entre les agrupacions 2 i 3), mentre que l'individu EI44, definit com a mal classificat en l'estudi de FE-13, resta igualment mal classificat entre les agrupacions 4 i 5. Amb un asterisc s'han representat els individus amb alteracions i contaminacions poc severes pertanyents a la URCP GB, mentre que el grup indicat com a GB* correspon als individus amb alteracions i contaminacions severes, però que pertanyen també a la URCP GB. Aquestes alteracions i contaminacions responen possiblement a un doble procés que afecta els individus amb sobrecoccions poc severes i severes, i que presenten una alteració de la fase vítreua que permet la lixiviació dels alcalins (K^+ i Rb^+) i

el plom, i la cristallització de l'analcima, zeolita sòdica responsable de la fixació de Na^+ al·lòcton. Aquests processos d'alteració i contaminació són, en gran part, els responsables de la variabilitat composicional associada a les variacions relatives d'aquests components (Buxeda & Cau 1997).

Els sis individus indicats amb el signe \uparrow (EB01, EB06, EB14, EB18, EB19 i EB04) corresponen a individus del present mostreig que tendeixen a associar-se amb la URCP GB de FE-13. És de remarcar que tant l'individu EB01 (el primer per l'esquerra), com l'individu EB04 (el darrer per l'esquerra) s'associen a individus amb alteracions i contaminacions poc severes i severes respectivament. La presència d'analcima en aquests dos individus (absent en la resta d'individus mostrejats) permet, com veurem més endavant, establir una clara relació amb els processos d'alteració i contaminació descrits en el centre FE-13 (Buxeda & Cau 1997).

La resta d'individus estudiats presenten cinc agrupacions que inclouen dotze individus, mentre que els quatre restants (EB07, EB08, EB09 i

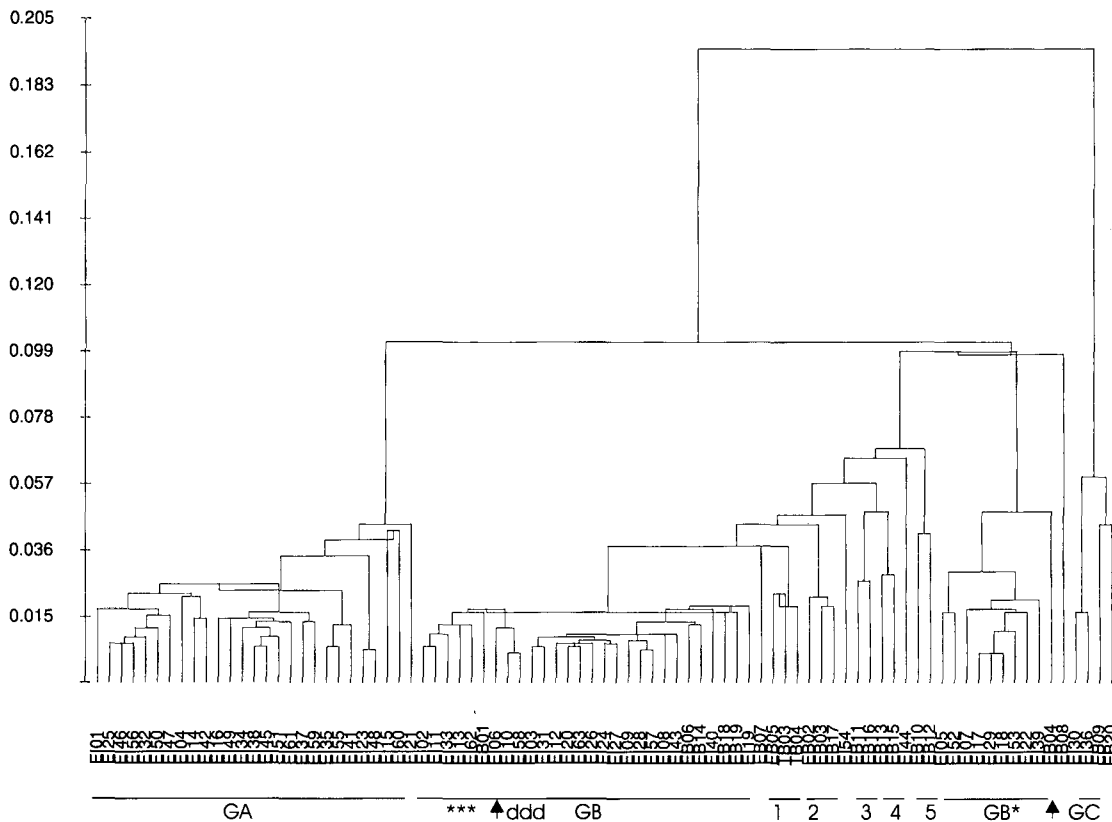


FIGURA 2: Dendrograma resultant de l'anàlisi de conglomerats.

AGRUPACIÓ	INDIVIDUS	TIPOLOGIA	OBSERVACIONS
Associats a URCP GB	EB06	pesudocampaniana, forma 27	
	EB14	pseudocampaniana, forma 31	
	EB18	comuna, base	
	EB19	vaixella pintada, vora i paret	
	EB01	pseudocampaniana, forma 31	alteració poc severa
Agrupació 1	EB04	pseudocampaniana, forma 26/27	alteració severa
	EB05	pseudocampaniana, forma 23	
	TB03	ceràmica pintada	procedent Turó de ses Beies
Agrupació 2	TB04	ceràmica pintada	procedent Turó de ses Beies
	EB02	àmfora, P.E. 25	
Agrupació 3	EB03	pseudocampaniana, forma 5/7	
	EB17	comuna, base de peu diferenciat	
	EB11	àmfora, P.E. 25	
Agrupació 4	EB16	àmfora, variant P.E. 25	
	EB13	àmfora, P.E. 15	
Agrupació 5	EB15	àmfora, P.E. 24	procedent del Puig Vermell
	EB10	cuina, cassola	
No agrupat	EB12	cuina, olla de vora esgraonada	
No agrupat	EB07	comuna, oinokoe	
No agrupat	EB08	comuna, morter	possiblement no eivissenc
No agrupat	EB09	àmfora, P.E. 18	no calcària
No agrupat	EB20	àmfora, informe	no calcària

TAULA 3: Agrupacions resultants i individus.

EB20) presenten composicions particulars. És important remarcar que dels 12 individus inclosos en les 5 agrupacions esmentades hi ha els dos individus del Turó de ses Beies, inclosos en l'Agrupació 1, i l'individu del Puig Vermell, inclòs en l'Agrupació 4. Les agrupacions que apareixen en els materials estudiats es poden veure a la Taula 3.

Malgrat les diferències composicionals que presenten les cinc agrupacions observades, cal tenir en compte que totes elles presenten certes característiques composicionals similars a les de la URCP GB. Aquesta constatació de les dades d'avaluació es contrasta clarament amb els criteris de validació arqueològics permetent assegurar que efectivament aquestes agrupacions reflecteixen composicions existents en les diverses produccions eivissenques. L'existència de sis individus amb composicions molt properes a les de la URCP GB, dos dels quals tenen, com es veurà posteriorment, comportaments similars davant dels processos d'alteració i contaminació, reforcen aquesta relació amb produccions eivissenques. Evidentment, el fet que els materials procedents dels dos jaciments de Mallorca s'integrin en les agrupacions esmentades permet reforçar una hipòtesis d'origen eivissenc per a aquests individus, com suggerien els criteris de validació arqueològics.

Fora de les esmentades cinc agrupacions, l'individu EB07 presenta igualment característiques composicionals que podrien indicar una relació amb l'illa d'Eivissa. Per contra, en el cas de l'individu EB08 aquesta relació és més difícil i, amb la present manca de criteris d'avaluació, la hipòtesis més plausible és la d'un possible origen extra-eivissenc. Finalment, el cas dels individus EB09 i EB20, que corresponen a ceràmiques no calcàries, representen un problema degut a que, a més de presentar importants diferències tecnològiques respecte a les produccions calcàries, aquestes composicions no són les esperades *a priori* en l'illa d'Eivissa on la immensa majoria dels afloraments són sedimentaris, corresponent a roques calcàries, dolomies i margues (IGME 1972). Aquests dos individus no presenten tampoc entre ells similituds que permetin incloure'ls en una única agrupació. L'aparent similitud observable es deriva del fet d'ésser els únics individus no calcaris presents en l'estudi.

Una problemàtica diferent la representen els sis individus que s'associen a la URCP GB, ja que es planteja la possibilitat que efectivament pertanyin a aquesta URCP especialment quan el centre FE-13 presenta una gran varietat de produccions a més de les àmfores T-8.1.3.1. (Ramón 1997). Per a testar aquesta possibilitat, es procedeix al càlcul de les

distàncies de Mahalanobis al centroide de la URCP GB (excloent els individus amb alteracions i contaminacions poc severes i severes), segons

$$D^2 = (y - \mu)' \Sigma^{-1} (y - \mu),$$

on y és el vector de logaritmes de raons definit anteriorment, μ és el vector de mitjanes de logaritmes de raons de la URCP GB i Σ^{-1} és la inversa de la matriu de covariàncies de logaritmes de raons d'aquesta URCP. La significació d'aquesta distància pot ésser valorada mitjançant el càlcul de la T^2 de Hotelling (Davis 1986) segons

$$T^2 = \frac{n_a n_b}{n_a + n_b} D^2,$$

on n_a correspon al nombre d'individus considerats en y (1 en aquest cas) i n_b correspon al nombre d'individus considerats en la URCP emprada. Aquest valor es transforma després en un test F d'igualtat multivariant segons

$$F = \left(\frac{n_a + n_b - s - 1}{(n_a + n_b - 2)s} \right) T^2,$$

on s és el nombre de variables emprades en el càlcul de D^2 , amb s i $(n_a + n_b - s - 1)$ graus de llibertat. En la Figura 3 es pot observar l'histograma de les distàncies de Mahalanobis resultants amb la subcomposició MnO, MgO, CaO, SiO₂, Ba, Th, Nb, Zr, Y i Sr, emprant el SiO₂ com a divisor en la transformació en logaritmes de raons.

En aquest histograma es pot observar com els individus de FE-13 amb alteracions i contaminacions poc severes i severes s'inclouen clarament en la URCP GB. En el present cas, la probabilitat de pertànyer a aquesta URCP, calculada amb la T^2 de

Hotelling, és superior al 5% amb una distància de Mahalanobis inferior a, aproximadament, 60. Respecte dels individus inclosos a la URCP GB (Buxeda & Cau 1997), únicament els individus EI39 i EI54 presenten un probabilitat inferior al 5%. Alhora, s'observa com els individus EB19 (associat a la URCP GB) i EB03 (Agrupació 2) estan igualment per sota d'aquest llindar. El fet que no tots els individus associats a la URCP GB estiguin per sota d'aquest llindar i el fet que hi estigui un individu de l'Agrupació 2, remarquen la similitud de les característiques composicionals abans esmentada, però alhora reflecteix les dificultats per associar amb seguretat cap individu amb la URCP GB, resultat esperat derivat de les limitacions que afecten el present estudi. Efectivament, tant l'associació dels individus a la URCP GB, com la pròpia definició d'agrupacions entre els individus estudiats presenta limitacions derivades de la diversitat cronològica i tipològica dels materials, el baix nombre de URCP definides a l'illa d'Eivissa (amb una total absència de grups de referència-GR-) i el baix nombre d'individus que inclou cada agrupació.

Una contrastació entre les agrupacions químiques observades i les dades arqueològiques (Taula 3) posa clarament en evidència el fet que tipus similars es troben en més d'una agrupació (com ara la classe pseudocampaniana ebusitana o, dins de les àmfores, el tipus P.E. 25). Aquesta situació reflecteix segurament una multiplicitat de centres productors amb una multiplicitat de pastes per a la producció de materials similars que comparteixen, però, característiques generals. És interessant remarcar que l'Agrupació 5 recull la ceràmica de cuina. Lluny de plantejar-se la possibilitat que aquest tipus ceràmic fos produït en un sol centre productor, la hipòtesis més plausible és que aquesta agrupació està formada per la ceràmica més grollera i per contraposició

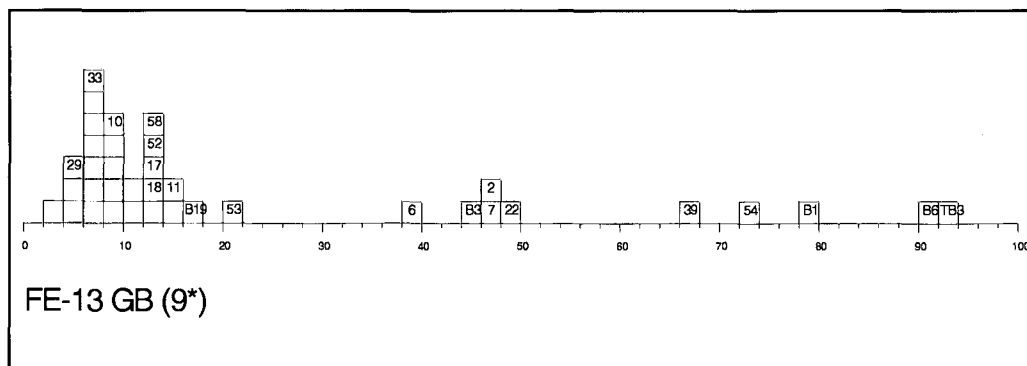


FIGURA 3: Histograma de les distàncies de Mahalanobis al centroide de la URCP GB (en blanc individus de la URCP GB, amb el número individus de FE-13, amb TB individus del Turó de ses Beies, amb B individus del fons del Museu del Puig des Molins).

de la resta dels materials considerats. Probablement, un augment del nombre d'individus analitzats hauria donat lloc a diverses agrupacions de ceràmica de cuina. A més, no és possible avaluar aquesta diferència composicional de la ceràmica de cuina com a una diferent provenença respecte de la resta de produccions (per exemple, en centres especialitzats), sino que podria tractar-se de diferents pastes preparades en un mateix centre productor atenent a les necessitats tècniques de cada producció. Aquesta qüestió necessita d'un més ampli estudi i per ara tan sols pot ésser apuntada i plantejada.

D'altra banda, les produccions no calcàries podrien relacionar-se amb tipologies específiques, possiblement com a indicadors de diversos tipus amfòrics amb usos diferenciats, però les dades presents més que suggerir aquesta hipòtesis el que fan és no invalidar-la. La forta limitació de dades disponibles només permet, per ara, plantejar aquesta qüestió.

RESULTATS DE LA CARACTERITZACIÓ MINERALÒGICA

L'estudi dels resultats de DRX permet complementar alguns dels punts anteriorment esmentats, com per exemple el paper de les fases secundàries en els processos d'alteració i contaminació, però sobretot aporta una sèrie d'indicadors tecnològics gràcies a l'observació de la transformació de les fases primàries i la cristal·lització de les fases de cocció (Maggetti 1981). Els resultats són discutits a partir de les agrupacions observades.

Associats a URCP GB (Làmina 1)

Els individus agrupats associant-se amb la URCP GB presenten diversos tipus de difractogrames que poden ésser dividits en quatre categories d'associacions de fases cristal·lines en DRX. En la Figura 4 (superior) es pot observar el difractograma de l'individu EB06, que és similar al de l'individu EB14. S'observa com els pics més intensos corresponen al quars (Q) i a la calcita (C). Igualment, els filossilicats de les illites-muscovites (I-M) presenten pics intensos. S'observen, a més, plagiòclasi (P) i, possiblement, uns pics de piroxens (D) i gehlenita (G) incipients. Aquestes dues darreres fases poden correspondre a fases de cocció aparegudes, principalment, mercés a l'inici de la descomposició de la

calcita. En aquest cas, la temperatura de cocció equivalent (TCE) (Roberts, 1963) que podria estimar-se seria relativament baixa, aproximadament entre els 850-900°C. En la Figura 4 (inferior) s'observa el difractograma tipus corresponent als individus EB18 i EB19 que, en contraposició amb la categoria anterior, presenta una menor intensitat en els pics de calcita i d'illites-muscovites (sense que s'apreciï el pic de 10Å). Alhora, els pics de piroxens, plagiòclasi i gehlenita apareixen amb una major intensitat, indicant un major desenvolupament d'aquestes fases. Aquests canvis, i la desaparició del pic de 10Å de les illites-muscovites, permeten estimar una TCE entre els 950-1000°C. La presència d'hematites (H), en ambdós individus, denota una atmosfera oxidant, en contraposició a l'atmosfera reductora emprada en la producció de les pseudocampanianes ebusitanes anteriors.

Els individus EB01 i EB04 corresponen a dues categories d'associacions de fases cristal·lines per DRX que són, respectivament, assimilables a les d'alteracions i contaminacions poc severes i severes de la URCP GB de FE-13. En la Figura 5 (superior) es pot observar el difractograma de l'individu EB01 que mostra una associació de fases cristal·lines similars a les de la Figura 4 (inferior). Les diferències més marcades són, a part de l'absència d'hematites, la gran intensitat dels pics de gehlenita i, especialment, la presència d'ancima (An). Aquesta darrera fase, una zeolita sòdica, és clarament una fase secundària cristal·litzada durant el període de deposició i forma part dels processos d'alteració i contaminació patits per aquest individu. La TCE estimada és similar a la de la categoria anterior, sobre uns 950°C (cal remarcar, però, la presència residual del pic de 10Å de les illites-muscovites). En el cas de l'individu EB04 s'observa una quasi total desaparició dels pics d'illites-muscovites, que permet estimar una TCE aproximada de 1000°C. En aquest cas, però, és important remarcar la forta intensitat dels pics d'ancima, que permet inferir un efecte més important dels processos d'alteració i contaminació, relacionats probablement amb les característiques resultants d'una TCE més alta.

Com en el cas de la URCP GB de FE-13, les dues darreres categories d'associacions de fases cristal·lines per DRX presenten les majors TCE estimades i, alhora, presenten la cristal·lització d'ancima. Aquesta darrera fase serà la responsable de la fixació de Na⁺ procedent del medi de deposició que provocarà l'enriquiment en aquest component. Si comparem les concentracions relatives d'aquest component en els individus d'aquesta agrupació i els de la URCP GB, podem veure com efectivament aquestes concentracions



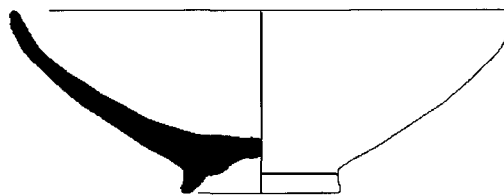
EB0014



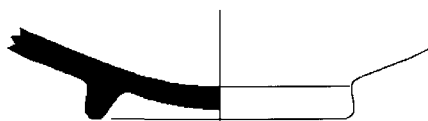
EB0001



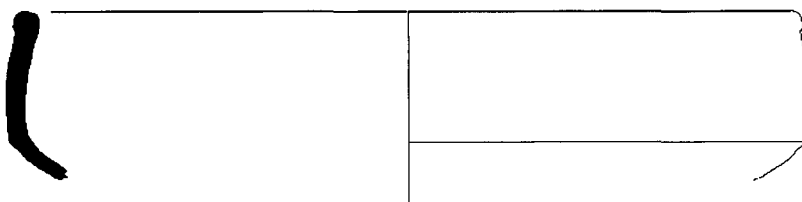
EB0006



EB0004

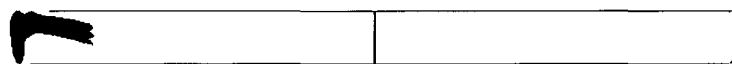


EB0018



EB0019

Associats a URCP GB



EB0005

Agrupació 1



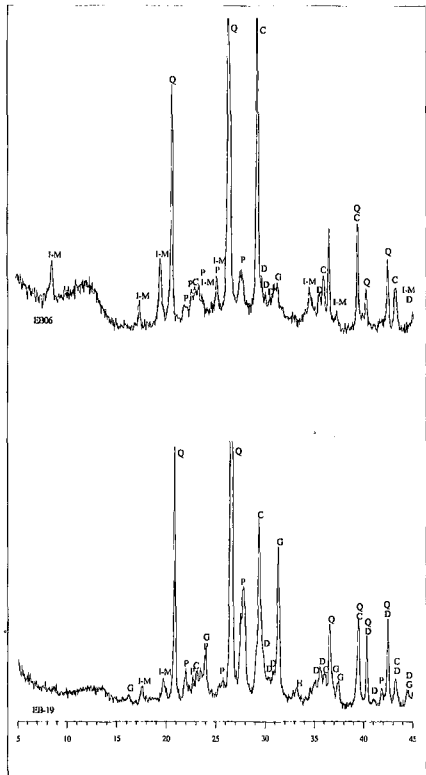


FIGURA 4: Difractogrames de l'agrupació d'associats a la URCP GB.

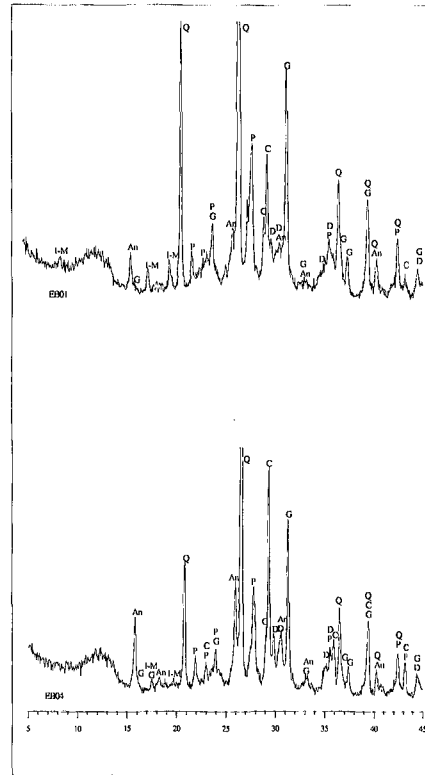


FIGURA 5: Difractogrames de l'agrupació d'associats a la URCP GB amb alteracions i contaminacions.

relatives en els individus EB01 i EB04 són majors, directament correlacionades amb la intensitat dels pics d'analcima, i en concentracions relatives similars a les de la URCP GB (Figura 6).

Com ja ha estat exposat anteriorment, les alteracions i contaminacions sofertes per aquests individus, a més de suposar la cristallització de l'analcima, suposen una lixiviació dels alcalins i del plom. Els individus EB01 i EB04 mostren en les concentracions relatives del potassi, del rubidi i del plom un descens que és interpretat en aquest sentit. La Figura 7 mostra l'histograma dels valors

$\ln(K_2O/SiO_2)$ amb ambdós individus presentant baixes concentracions relatives. Un fenomen similar s'evidencia a la Figura 8 per als valors $\ln(Rb/SiO_2)$. Cal remarcar que en aquest cas l'efecte només és observat clarament en la major part dels individus amb processos d'alteració i contaminació severa. Finalment, en la Figura 9 s'aprecia l'histograma dels valors $\ln(Pb/SiO_2)$, observant-se, com en el cas anterior, que els individus clarament afectats en les seves concentracions relatives de plom pels processos d'alteració i contaminació són aquells que els presenten de manera severa.

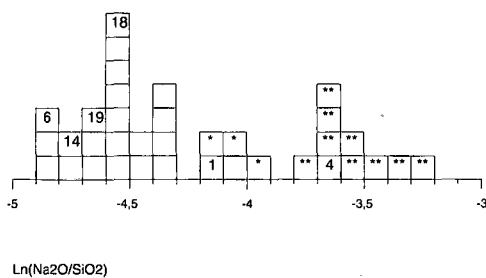


FIGURA 6: Histograma dels valors $\ln(Na_2O/SiO_2)$ (en blanc, individus de la URCP GB, amb * individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions poc severes, amb ** individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions severes).

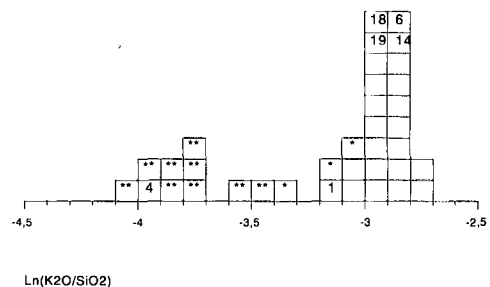


FIGURA 7: Histograma dels valors $\ln(K_2O/SiO_2)$ (en blanc, individus de la URCP GB, amb * individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions poc severes, amb ** individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions severes).

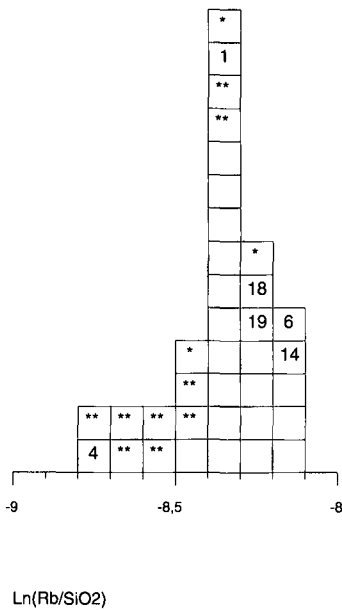


FIGURA 8: Histograma dels valors $\text{Ln}(\text{Rb}/\text{SiO}_2)$ (en blanc, individus de la URCP GB, amb * individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions poc severes, amb ** individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions severes).

La similitud en els processos d'alteració i contaminació entre els individus de la URCP GB i els individus que se li associen serveix per mostrar una similitud en les matèries primeres, afectades de maneres similars sota circumstàncies segurament similars (similars propietats físiques, químiques i mineralògiques després de la cocció i, possiblement, similars medis de deposició).

La constant presència de calcita, que s'observa en tots els difractograms dels individus calcaris analitzats independentment de la seva temperatura de cocció, està possiblement relacionat amb la presència de calcita secundària, per la recarbonatció de CaO lliure a la fi de la cocció i sense que im-

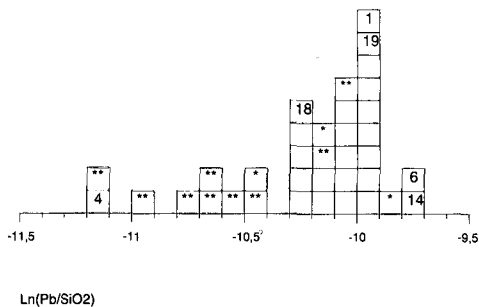


FIGURA 9: Histograma dels valors $\text{Ln}(\text{Pb}/\text{SiO}_2)$ (en blanc, individus de la URCP GB, amb * individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions poc severes, amb ** individus de la URCP GB amb alteracions i contaminacions severes).

pliqui incorporació de Ca^{2+} al-lòcton, i per la possible presència de restes de calcita primària corresponents a fragments de roques calcàries. Ambdós factors han estat ja descrits a la URCP GB de FE-13 (Buxeda & Cau 1995).

Agrupació 1 (Làmina 1)

L'individu EB05 mostra un difractograma similar al dels individus de l'agrupació anterior en la seva categoria Figura 4 (inferior), però amb una presència residual del pic de 10\AA de les illites-muscovites, i sense la presència d'hematites (Figura 10). La TCE que es pot estimar se situa en torn dels 950°C . L'associació de fases cristal·lines per DRX observable en els individus del Turó de ses Beies presenta similituds per a ambdós individus i amb l'individu EB05, si bé les intensitats relatives, especialment de calcita, plagiòclasi i gehlenita, ofereixen lleugeres diferències. La TCE que es pot estimar se situa igualment en torn dels 950°C .

Agrupació 2 (Làmina 2)

Els tres individus inclosos en aquesta agrupació presenten dues categories d'associacions de fases cristal·lines per DRX. Cal destacar que l'individu EB03 presenta un difractograma que es pot relacionar amb temperatures de cocció molt baixes (Figura 11, superior). És important observar la forta intensitat dels pics d'illites-muscovites i de calcita, que denoten la baixa temperatura de cocció, però cal prendre en consideració, a més, la total absència de fases de cocció. Igualment, en aquest cas els feldspats alcalins (KF) són fàcilment obser-

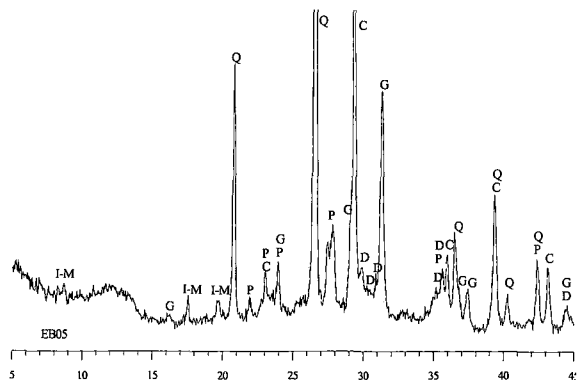
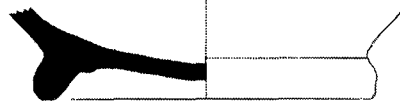


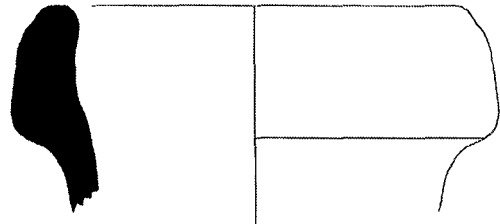
FIGURA 10: Difractograma de l'individu EB05.



EB0003

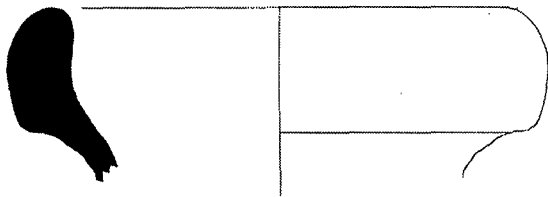


EB0017

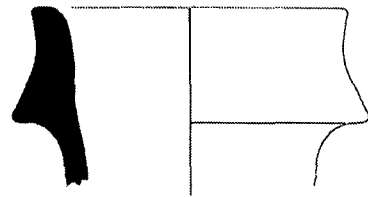


EB0002

Agrupació 2

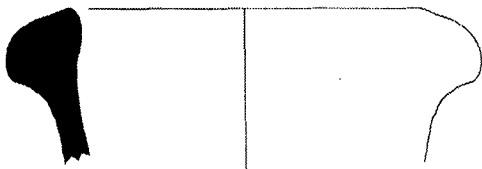


EB0011

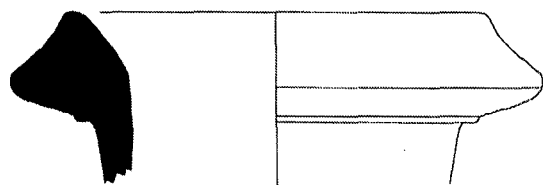


EB0016

Agrupació 3



EB0013



EB0015

Agrupació 4



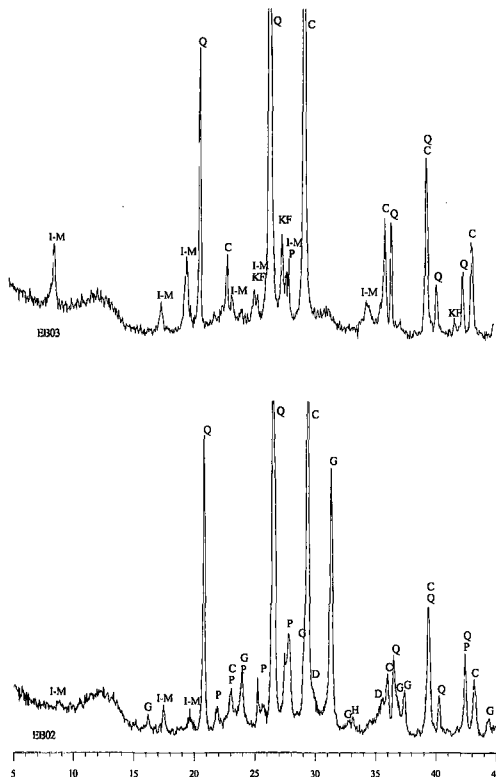


FIGURA 11: Difractograms de l'Agrupació 2.

vables, quan en altres casos la identificació de la seva presència està dificultada per la intensitat de les plagiòclasis. La TCE que cal estimar està clarament per sota dels 800-850°C.

Els individus EB02 i EB17 presenten una mateixa categoria d'associacions de fases cristal·lines per DRX (Figura 11, inferior). En aquesta categoria s'observa com la descomposició de la calcita ha permès la formació de fases de cocció (gehlenita, piroxens i el desenvolupament de les plagiòclasis). Aquest procés es fa paral·lelament a la descomposició de les illites-muscovites. Ambdós individus presenten una TCE estimada al voltant dels 950°C, si bé possiblement l'individu EB17 se situa en la banda baixa del rang, presentant un pic de 10Å de les illites-muscovites més desenvolupat i una gehlenita amb pics molt menys intensos.

Agrupació 3 (Làmina 3)

El tret més distintiu d'aquesta agrupació és la forta intensitat dels pics dels feldspats alcalins, que té una clara contrastació amb els alts continguts relatius de K₂O. Els dos individus inclosos en aquesta agrupació presenten diferents associacions de fases cristal·lines per DRX. L'individu EB16 (Figura 12,

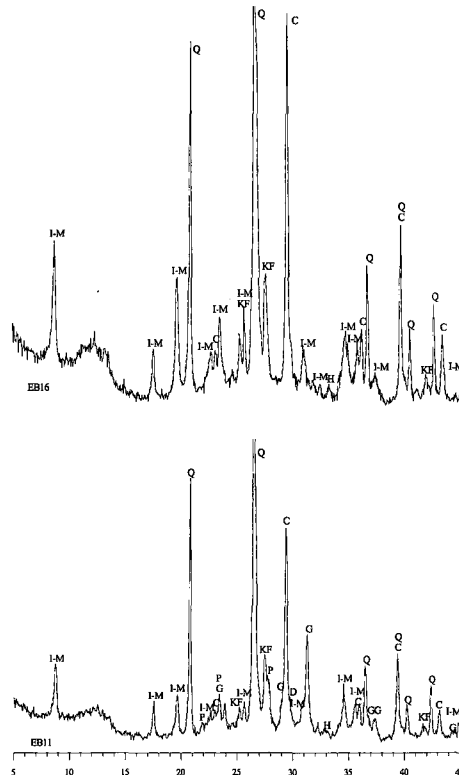


FIGURA 12: Difractograms de l'Agrupació 3.

superior) presenta pics molt intensos d'illites-muscovites i de calcita, sense que s'hi observi cap fase de cocció. Únicament la presència d'hematites podria, cas que no fos una fase primària, indicar una temperatura de cocció no molt baixa. Així doncs, la TCE que es pot estimar cal situar-la, amb reserves, sobre els 800°C. Per contra, l'individu EB11 (Figura 12, inferior) presenta ja clares fases de cocció (gehlenita, desenvolupament de plagiòclasis i, potser, presència de piroxens), així com una disminució de la intensitat dels pics d'illites-muscovites i calcita. La TCE cal estimar-la sobre els 900-950°C.

Agrupació 4 (Làmina 2)

Els dos individus d'aquesta agrupació presenten similars associacions de fases cristal·lines per DRX (Figura 13), observant-se fases de cocció (gehlenita, piroxens i desenvolupament de les plagiòclasis). Aquestes fases de cocció es donen de manera paral·lela al manteniment de les illites-muscovites. La TCE que es pot estimar està al voltant dels 950°C, si bé en el cas de l'individu EB13 cal situar-la en el seu rang alt degut a que, a diferència del que succeeix en l'individu EB15, el pic de 10Å està totalment absent.

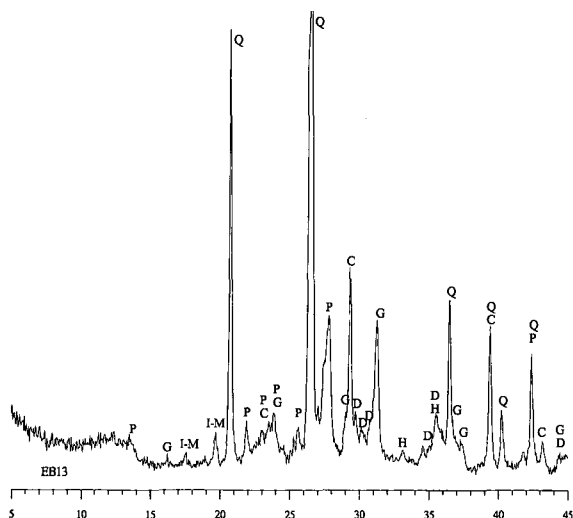


FIGURA 13: Difractograma de l'individu EB13.

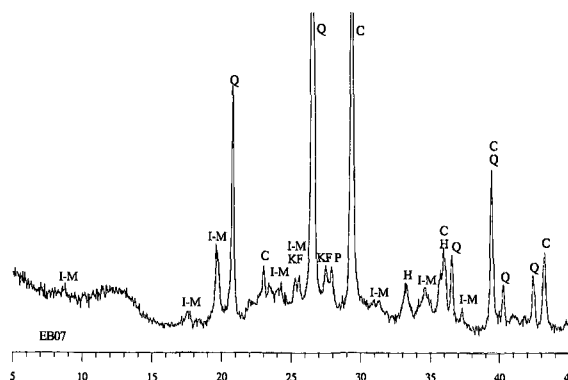


FIGURA 15: Difractograma de l'individu EB07.

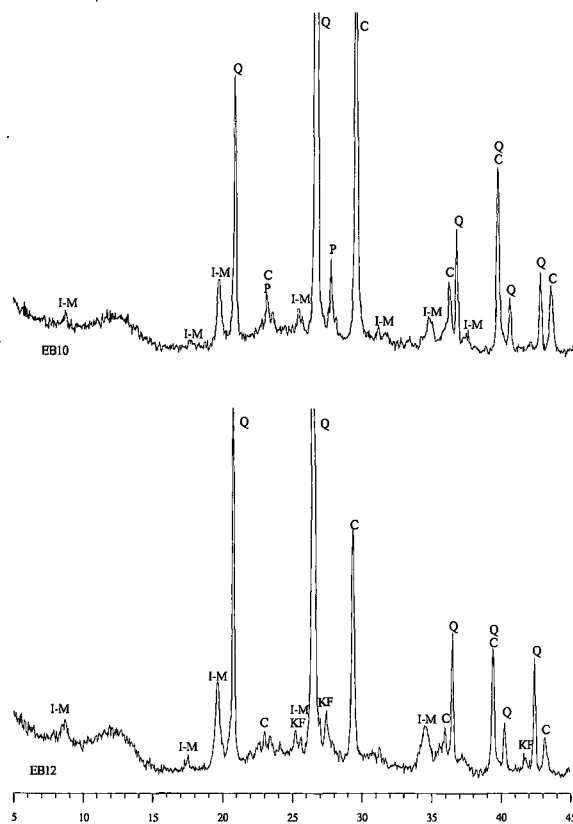


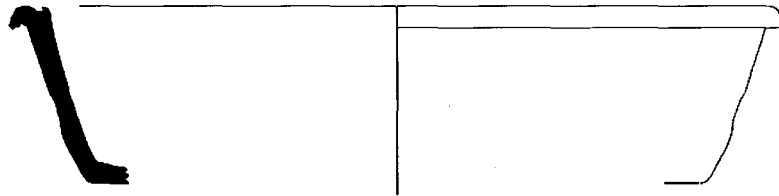
FIGURA 14: Difractogrames de l'Agrupació 5.

Agrupació 5 (Làmina 3)

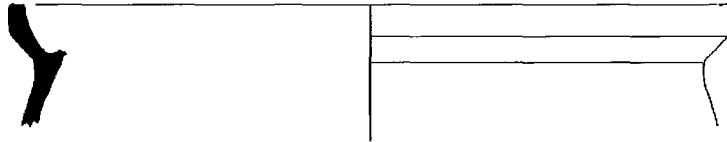
Els dos individus d'aquesta agrupació presenten diferents associacions de fases cristal·lines per DRX, sense que aquestes diferències siguin clarament relacionables amb diferències significatives en la temperatura de cocció. En ambdós individus, la TCE que cal estimar és baixa, probablement bastant per sota dels 800-850°C. La major diferència es dona en que, junt a quars, illites-muscovites i calcita, l'individu EB10 presenta plagiòclasis (Figura 14, superior) mentre que l'individu EB12 (Figura 14, inferior) presenta feldspats alcalins. A més, cal observar que la calcita mostra uns pics molt més intensos en l'individu EB10, corresponent a una major concentració relativa del CaO. Cal assenyalar, finalment, com en ambdós individus el pic de 4.5Å de les illites-muscovites apareix molt més intens que els pics de 10 i 5Å.

Individu EB07 (Làmina 3)

Aquest individu presenta un difractograma molt similar als de l'Agrupació 5, especialment per la intensitat del pic de 4.5Å, respecte de la intensitat dels pics de 10 i 5Å de les illites-muscovites (Figura 15). La TCE és igualment baixa, situada al voltant de 800-850°C si la hematites, que es presenta amb pics molt intensos, correspon a una fase de cocció. A diferència dels individus de l'Agrupació 5, presenta feldspats alcalins junt amb plagiòclasis.

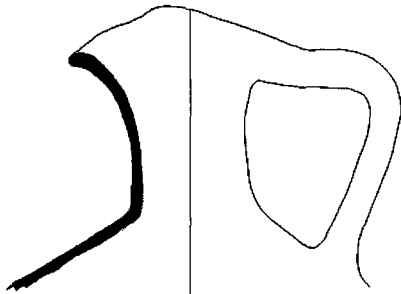


EB0010

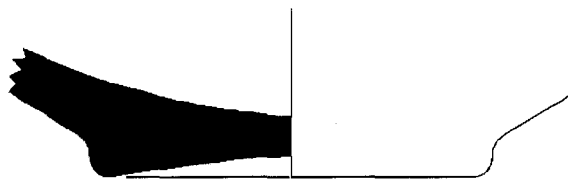


EB0012

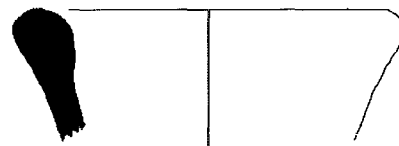
Agrupació 5



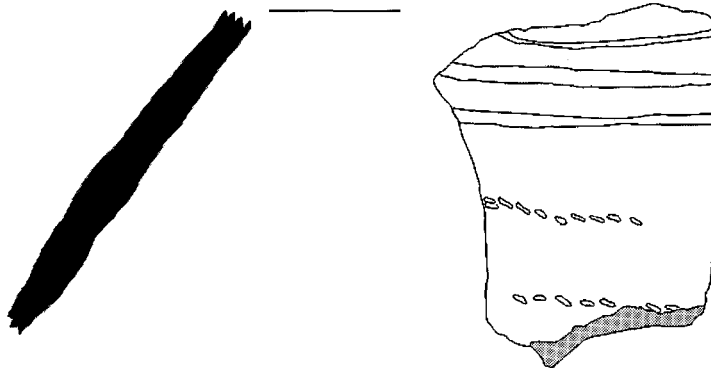
EB0007



EB0008



EB0009



EB0020



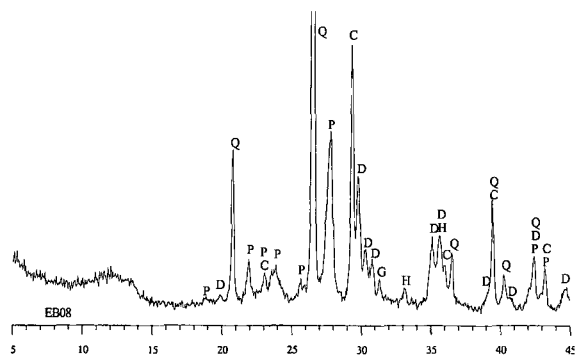


FIGURA 16: Difractograma de l'individu EB08.

Individu EB08 (Làmina 3)

L'individu EB08 presenta un difractograma particular enfront a la resta d'individus calcaris. Destaquen la total absència d'illites-muscovites, el fort desenvolupament de plagiòclasis i, especialment, de piroxens, així com la dificultat per observar-hi gehlenita, probablement descomposada per l'alta temperatura de cocció. Cal destacar la presència de pics intensos de calcita (Figura 16). La TCE estimada se situa per sobre de 1000-1050°C.

Individu EB09 (Làmina 3)

Aquest individu presenta un difractograma típic d'una ceràmica no calcària a alta temperatura (Figura 17), destacant la total absència d'illites-muscovites junt amb la presència de mullita (Mu) i d'espinel·la (Sp), fases clares de cocció produïdes en ceràmiques no calcàries cuites a altes temperatures en atmosferes principalment oxidants. La TCE estimada és d'aproximadament 1050°C.

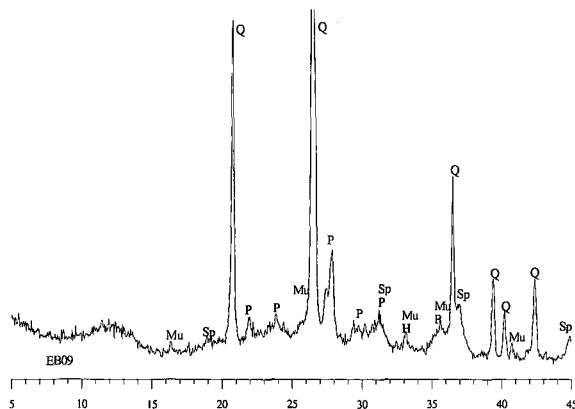


FIGURA 17: Difractograma de l'individu EB09.

Individu EB20 (Làmina 3)

Aquest individu presenta un difractograma de difícil interpretació. Si bé és clarament un reflex del caràcter no calcari d'aquest individu, estimar la TCE té la dificultat de les poques transformacions que es donen en aquest tipus de ceràmiques. L'única dada segura que es pot considerar és el manteniment de les illites-muscovites, fet que situa la TCE per sota d'aproximadament 950-1000°C (Figura 18). En tot cas, reflexa clarament una situació diferent a la que presenta l'individu EB09, l'altre no calcari del conjunt estudiat.

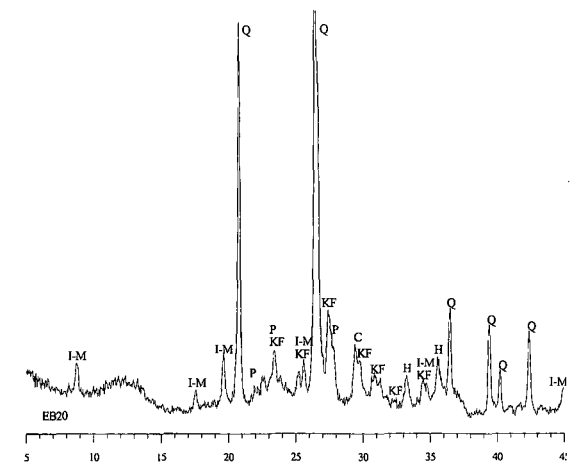


FIGURA 18: Difractograma de l'individu EB20.

CONCLUSIONS

L'estudi dels 22 individus llistats a la Taula 1 en relació als materials del centre FE-13 ha permès posar de manifest l'existència d'una alta complexitat en les produccions eivissenques. S'ha constatat la presència de diverses agrupacions i URCP que engloben diversos tipus de materials, alhora que tipus de materials similars es troben repartits en diverses agrupacions. Aquesta imatge està d'acord amb l'existència d'una multiplicitat de centres productors i amb una gran durada de la producció estudiada, però alhora obre la possibilitat de la identificació d'unitats de producció dins de l'illa d'Eivissa mercés

a la realització de treballs arqueomètrics que possibilitarien un coneixement més aprofundit de la producció i distribució de materials eivissencs a partir de l'estudi dels materials en els centres receptors.

S'ha constatat una gran diversitat de tecnologies de producció, reflectides en la presència de materials calcaris i no calcaris, així com la utilització de pastes calcàries grolleres per a la fabricació de ceràmiques de cuina, amb baixes temperatures de cocció. Les produccions amfòriques i comunes se situen, per contra, en rangs de temperatura al voltant dels 950°C, en els quals les ceràmiques calcàries desenvolupen característiques físiques que les fan idònies per a les finalitats a que estan destinades.

El cas de les ceràmiques pseudocampanianes ebusitanes resulta molt revelador. Aquesta producció es reparteix en tres agrupacions diferents (associats a URCP GB, Agrupació 1 i Agrupació 2), reflectint la multiplicitat de grups referència existents. Les pastes emprades són sempre calcàries mentre que les atmosferes de cocció són reductores. Malgrat aquesta uniformitat tecnològica, macroscòpicament, a ull nu, les coloracions que presenten les ceràmiques pseudocampanianes varien de vernisos grisos i matrius grises fosques a vernisos marronosos-ataronjats amb matrius marronoses clares, passant per vernisos grisos i matrius grises clares amb tendència a tons blanquinosos. En realitat, aquestes diferències de coloracions no responen a diferents proveniències o a diferències severes de tecnologies, sino que responen a les temperatures de cocció. Així, l'individu EB03, que presenta la matriu i el vernís de tons marronosos clars o ataronjats, correspon a una ceràmica cuita a molt baixa temperatura, que es pot considerar com a crua a efectes del producte acabat que seria d'esperar. Cap òxid de ferro no ha cristal·litzat donant una coloració fosca ni a la matriu ni, tan sols, al vernís. Els individus amb coloracions grises fosques (EB06, EB14 i EB05) són aquells que es troben cuits al voltant dels 950°C, rang de temperatures on s'obtenen les propietats físiques característiques d'aquestes produccions. Es poden considerar, doncs, com els materials ben cuits. Per contra, els individus EB01 i, especialment, EB04, que presenten coloracions grises molt clares, amb tendència a tons blanquinosos, corresponen a sobrecoccions poc severes (o fins severa en el cas d'EB04). En aquestes condicions, les ceràmiques calcàries cuites en atmosferes reductores desenvolupen aquestes coloracions grises clares característiques.

Totes les dades obtingudes en el present estudi reflecteixen una alta especialització en la producció ceràmica eivissenca, on les diferents classes ceràmiques mostren tecnologies diversificades per tal

d'adaptar el producte a les necessitats d'ús. Aquestes diferents tecnologies semblen compartides pels diversos centres productors, com es desprèn de que hagin estat identificades en diferents agrupacions. Paral·lelament, el fet que diverses classes ceràmiques es puguin donar en un centre productor (com pot ser el cas de FE-13), mostra com aquests coneixements no són necessàriament fruit de tallers especialitzats, sino del coneixement dels ceramistes que els apliquen selectivament en les produccions que es realitzen en cada centre productor.

La metodologia emprada permet clarament identificar els diversos graus de desenvolupament tècnic i d'especialització dels centres productors, però a més permet diferenciar entre els materials dels diversos centres, fet que no és possible per l'observació macroscòpica a ull nu. Aquest extrem resulta especialment evident en les pseudocampanianes on les diferències observades es corresponen a diferents temperatures de cocció i no als diferents centres productors implicats. Així, la caracterització arqueomètrica obre la possibilitat d'identificar els materials de diversos centres productors, permetent l'estudi aprofundit de la producció ceràmica i la distribució i consumició d'aquests materials a la pròpia illa d'Eivissa, però també fora d'ella.

Malgrat tot, les principals limitacions per a la consecució d'aquest objectiu es deriven clarament de la necessitat d'incrementar el nombre d'individus estudiats. Especialment, i com a primer pas, és urgent la caracterització dels diversos centres productors que permeti l'establiment de grups de referència, així com un aprofundit coneixement de les diverses tècniques emprades i la seva influència sobre la manipulació de les matèries primeres per a la preparació de les diverses pastes emprades per a cada classe ceràmica. Sense un important treball en aquesta direcció, qualsevol treball sobre centres receptors a Eivissa i fora de la illa estarà mancat d'un marc mínim de coneixement del que suposa la complexa producció eivissenca com perquè els resultats puguin ésser considerats com a significatius.

AGRAÏMENTS

Els autors estan agraïts al Dr. Jordi Hernández per la provisió d'individus procedents del fons del Museu del Puig des Molins i al Dr. Antoni Vallespir pels individus procedents del Turó de Ses Beies. Les anàlisis han estat realitzades en els Serveis Científico-Tècnics de la Universitat de Barcelona, en el marc del projecte PB92-0851, dirigit pel Dr. J.M. Gurt i finançat per la DGICYT.

BIBLIOGRAFIA

- AITCHINSON, J. (1986), *The Statistical Analysis of Compositional Data*, Chapman and Hall. London.
- AITCHINSON, J. (1992), "On Criteria for Measures of Compositional Difference", *Mathematical Geology*, 24, pp. 365-379.
- BUXEDA i GARRIGÓS, J. (1995a), *La caracterització arqueomètrica de la ceràmica de Terra Sigillata Hispanica Avançada de la ciutat romana de Clunia i la seva contrastació amb la Terra Sigillata Hispanica d'un centre productor contemporani, el taller d'Abella*, Col·lecció de Tesis Doctorals Microfitxades núm. 2524, Universitat de Barcelona. Barcelona.
- BUXEDA i GARRIGÓS, J. (1995b), "Problemas en torno a la variación composicional", en *Monografías de Arte y Arqueología*, Universidad de Granada (en prensa).
- BUXEDA i GARRIGÓS, J. (1997), "Alteration and contamination of archaeological ceramics. The perturbation problem", *Journal of Archaeological Science* (en prensa).
- BUXEDA i GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A. (1995), "Identificación y significado de la calcita secundaria en cerámicas arqueológicas", *Complutum*, 6, pp. 293-309.
- BUXEDA i GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A. (1997), "Caracterización arqueométrica de las ánforas T-8.1.3.1. del taller púnico FE-13 (Eivissa)", a J. Ramón Torres, *FE-13: un taller alfarero de época púnica en Ses Figueretes: Eivissa*, Govern Balear. Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, Treballs del Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera, núm. 39, pp. 179-205.
- BUXEDA i GARRIGÓS, J.; CAU ONTIVEROS, M.A.; GURT i ESPARRAGUERA, J.M. i TUSET i BERTRÁN, F. (1995), "Análisis tradicional y análisis arqueométrica en el estudio de las cerámicas comunes de época romana", a *Ceràmica comuna romana d'època alto-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la qüestió*, Monografies Emporitanes VIII, Conjunt Monumental d'Empúries. Empúries, pp. 39-60.
- CAMPS COLL, J.; VALLESPÍR BONET, A. (1974), "La estación del "Turó de ses Beies" (Calvià)", a *Prehistoria y Arqueología de las Islas Baleares*, VI Symposium de Prehistoria Peninsular, Instituto de Arqueología y Prehistoria, Publicaciones eventuales, 24, pp. 101-114.
- DAVIS, J.C. (1986), *Statistics and Data Analysis in Geology*, John Wiley & Sons. New York.
- DEL AMO; M. (1970), "La cerámica campaniense de importación y las imitaciones campanienses en Ibiza", *Trabajos de Prehistoria*, 27, pp. 201 i ss.
- DOMÉNECH CARBÓ, M.T.; BOSCH REIG, F.; GIMENO ADELANTADO, J.V. i PERIS MARTÍNEZ, V. (1990), "Aproximación arqueométrica de cerámicas a partir de las composiciones químicas obtenidas por fluorescencia de rayos X aplicando el método de dilución límite", a P. Roig Picazo (Ed.), *Ponències i Comunicacions. Actes del VIIIè Congrés de Conservació de Béns Culturals*, UPV, Generalitat Valenciana, València, pp. 352-361.
- FERNÁNDEZ, J.H.; GRANADOS, O. (1980), *Cerámicas de imitación áticas del Museo Arqueológico de Ibiza*, Ministerio de Cultura. Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, Subdirección General de Museos, Trabajos del Museo Arqueológico de Ibiza, núm. 2.
- FONT, M. (1974), "Algunas formas poco frecuentes de la cerámica púnica de Ibiza", *VI Symposium de Arqueología Peninsular*, pp. 221-242.
- GUERRERO, V. (1980), Las cerámicas pseudocampanienses ebusitanas en Mallorca, *Archéologie en Languedoc*, 3, pp. 169-188.
- IGME (1972), *Mapa geológico de España 1:200.000, hojas 49-65, Menorca-Ibiza-Formentera*, Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- MAGGETTI, M. (1981), "Composition of roman pottery from Lousonna (Switzerland)", a M.J. Hughes (Ed.), *Scientific studies in ancient ceramics*, British Museum Occasional Paper, 19. London, pp. 33-49.
- MANIATIS, Y., SIMOPOULOS, A., KOSTIKAS, A. (1981), "Moessbauer Study of the Effect of Calcium Content on Iron Oxide Transformations in Fired Clays", *Journal of the American Ceramic Society*, 64, pp. 263-269.
- MANIATIS, Y., SIMOPOULOS, A., KOSTIKAS, A., PERDIKATIS, V. (1983), "Effect of Reducing Atmospheres on Minerals and Iron Oxides Developed in Fired Clays: the Role of Ca", *Journal of the American Ceramic Society*, 66, pp. 773-781.
- PENROSE, L.S. (1954), "Distance, size and shape", *Ann. Eugenics*, 18, pp. 337-334.
- RAMÓN TORRES, J. (1986), *El Baix Imperi i l'època bizantina a les Illes Pitiüses*, Conselleria de Cultura, Consell Insular d'Eivissa i Formentera.
- RAMÓN TORRES, J. (1991), *Las Ánforas púnicas de Ibiza*, Conselleria d'Educació i Cultura, Govern Balear, Trabajos del Museo Arqueológico de Ibiza, núm. 23.
- RAMÓN TORRES, J. (1995), *Las ánforas fenicio-púnicas del Mediterráneo central y occidental*, Col·lecció Instrumenta, 2, Universitat de Barcelona.
- RAMÓN TORRES, J. (1997), *FE-13: un taller alfarero de época púnica en Ses Figueretes: Eivissa*, Govern Balear. Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, Treballs del Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera, núm. 39.
- RAMÓN TORRES, J.; CAU ONTIVEROS, M.A. (1998), "Niveles de época vándala de Es Castell (Eivissa)", a *Contextos ceràmics d'època romana tardana i de l'alta edat mitjana (segles IV-X)*, Arqueo Mediterrània, núm. 2, Treballs de l'Àrea

d'Arqueologia de la Universitat de Barcelona, pp. 269-311.

ROBERTS, J.P. (1963), "Determination of the firing temperature of ancient ceramics by measurement of thermal expansion", *Archaeometry*, 6, pp. 21-25.

SNEATH, P.H.A., SOKAL, R.R. (1973), *Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical*

Classification, W.H. Freeman & Co. San Francisco.

TARRADELL, M.; FONT, M. (1975), *Eivissa cartaginesa*, Biblioteca de cultura catalana, 13, Ed. Curial. Barcelona.

WISHART, D. (1987), *Clustan User Manual*, Computing Laboratory, University of St. Andrews. Edinburgh.