

Estudi arqueomètric dels forns i producció ceràmica d'un taller romà de Llafranc

Salvador MARTÍNEZ (*)
Maite GARCIA (*)
Judit MOLERA(*)
Màrius VENDRELL (*)

ABSTRACT

The walls of some kilns of a roman workshop and their ceramic production have been studied by XRD and XRF. From the chemical composition and by means of a multivariant analysis the samples are grouped by chemical affinity. By the other side, and from the XRD analysis the firing conditions of the ceramic productions have been established. These results are in agreement with those obtained on the walls of the kilns.

Key words: Archaeometry, Ceramic, Roman, Kiln, Technology of production.

MATERIALS I MÈTODES

S'han estudiat un total de 13 mostres corresponents a dos forns anomenats A i C, trobats en el terme municipal de Llafranc i de 12 mostres de ceràmiques corresponents als forns abans esmentats, i que representen les diferents tipologies trobades en el jaciment. La descripció de cada mostra i la nomenclatura emprada en el treball es presenta en la taula I.

Mitjançant tècniques de fluorescència de raigs X (FRX) i difracció de raigs X (DRX), s'han estudiat químicament i mineralògicament les mostres anteriors per poder caracteritzar la producció d'aquests forns i determinar la seva tecnologia de producció.

Per fluorescència de raigs X (FRX) s'ha determinat els percentatges de SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, MnO₂, P₂O₅ i també dels elements minoritaris següents, expressats en ppm: Zr, Sr, Rb, Pb, Ba, Nb, Y, Th, Ce, Ga, Cu, Ni, Zn i W.

Les dades així obtingudes han estat tractades mitjançant un paquet estadístic multivariant que ens ha permès classificar les mostres en funció de la seva afinitat química.

Els espectres de difracció de raigs X, han estat obtinguts mitjançant un difractor convencional Siemens D-500, utilitzant condicions estàndard.

Mostra	Descripció
LL-01	Part exterior columna forn C
LL-02	Enlluït paret sud forn A
LL-03	Tovot paret interior forn C
LL-04	Darrera enlluït paret forn
LL-05	Part superior volta cantó extern, forn A
LL-06	Tovot paret exterior forn C
LL-07	Columna forn part interior, forn C
LL-08	Enlluït paret est del forn A
LL-09	Part inferior volta forn C
LL-10	Part superior volta forn C
LL-11	Part superior volta forn C
LL-12	Part interior volta forn A (part interior)
LL-13	Part interior volta forn A (part superficial)

Taula I.- Descripció de les mostres i nomenclatura emprada.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Fluorescència de raigs X

Els resultats obtinguts per totes les mostres, quant a la seva composició química, els hem estudiat

(*) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona.

Clusters	Mostres
Cluster 1	LL-19
Cluster 2	LL-09
Cluster 3	LL-01, LL-02, LL-03, LL-04, LL-06, LL-07, LL-10, LL-12, LL-14
Cluster 4	LL-15, LL-16, LL-17, LL-18, LL-20, LL-21, LL-22, LL-24
Cluster 5	LL-05, LL-08, LL-11, LL-13, LL-23

Taula II.- Agrupació de les mostres en clusters en funció de la seva afinitat química.

mitjançant una anàlisi estadística multivariant que ens permet fer un agrupament per afinitats químiques, expressant els resultats en clusters o bé mitjançant diagrames d'arbre (Vendrell et al., 1989).

Els resultats obtinguts en agrupar les mostres en 5 clusters ens classifiquen les mostres segons siguin dels forns (cluster 3), o bé ceràmiques (cluster 4), quedant els clusters 1 i 2 amb una sola mostra i el cluster 5 amb 5 mostres, fonamentalment procedents de forns, i que se separen de les altres (taula II).

Si observem el diagrama d'arbre (fig. 1), els resultats obtinguts són semblants. En aquest cas però, es diferencien dos tipus de mostres corresponents als forns A i C, presentant, les mostres corresponents a ceràmiques, una certa dispersió.

També s'han obtingut les relacions bivariants entre alguns elements per tal de relacionar les mostres amb el seu origen. Així, s'han determinat els diagrames Zr-Y, Ca-Sr i K-Rb (Vendrell et al., 1993).

Si observem la fig. 2, on es representa la relació Zr-Y, observem com se'ns diferencien les mostres dels forns de les mostres ceràmiques en funció del diferent percentatge, és a dir, de la distinta relació Zr-Y, estan aproximadament les mostres dels forns dins d'una mateixa recta.

Si analitzem el diagrama Ca-Sr (fig. 3), es veu com les mostres corresponents als forns se'ns agrupen

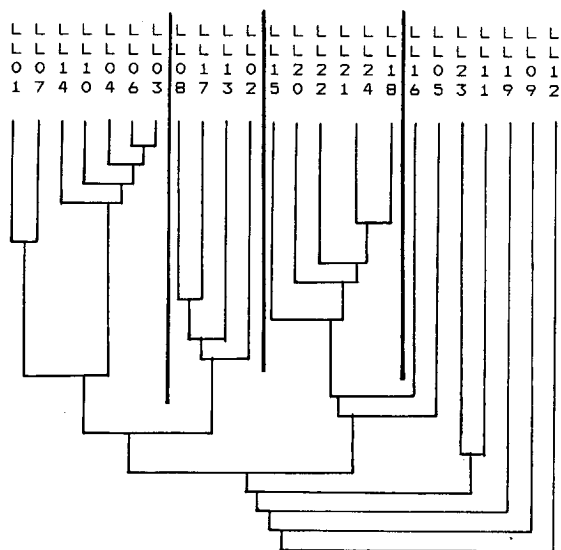


Fig. 1.- Diagrama d'arbre d'afinitat química.

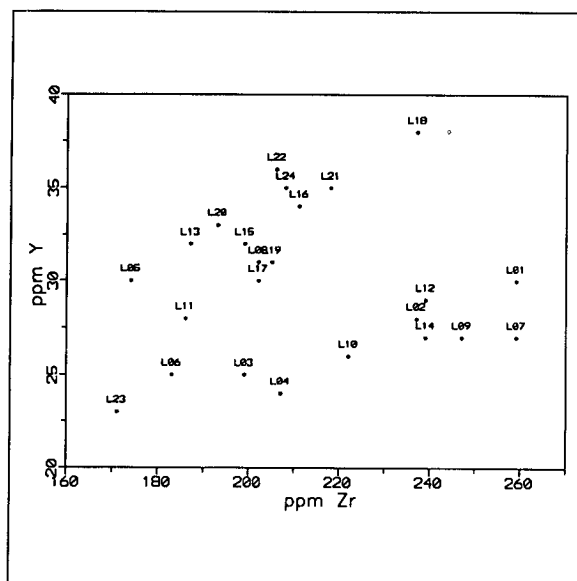


Fig. 2.- Relacions bivariant Zr-Y de les mostres dels forns estudiats.

segons una recta, excepte per algunes mostres, com els enlluïts i les corresponents a les parts superiors de la volta, que presenten unes característiques diferents.

Així, si ens fixem en la gràfica Ca-Ca/Sr (fig. 4), veiem com les mostres dels forns se'ns agrupen per valors de la relació Ca/Sr compreses entre 0.01 i 0.03. Per valors més elevats tenim les mostres 02 i 08 que corresponen als enlluïts de las parets sud i nord, respectivament i que donada la dispersió d'ambdós valors sembla que estiguin realitzats en moments diferents. Per últim trobem les mostres 05 i 11 que pertanyen a les parts superiors de les voltes dels forns A i C, i la 13 que podria tractar-se d'una reparació de l'interior de la volta del forn A, realitzades amb els mateixos tipus de materials.

Per últim, en analitzar la relació K-K/Rb (fig. 5), veiem com també ens permet discriminar les mostres

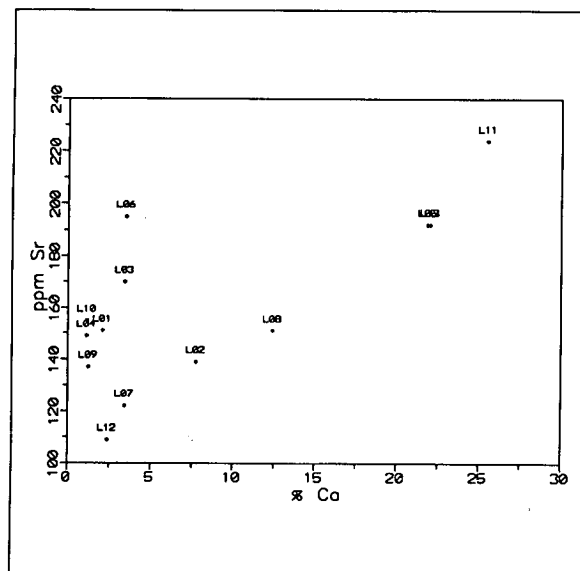


Fig. 3.- Relacions bivariants Ca-Sr de les mostres dels forns estudiats.

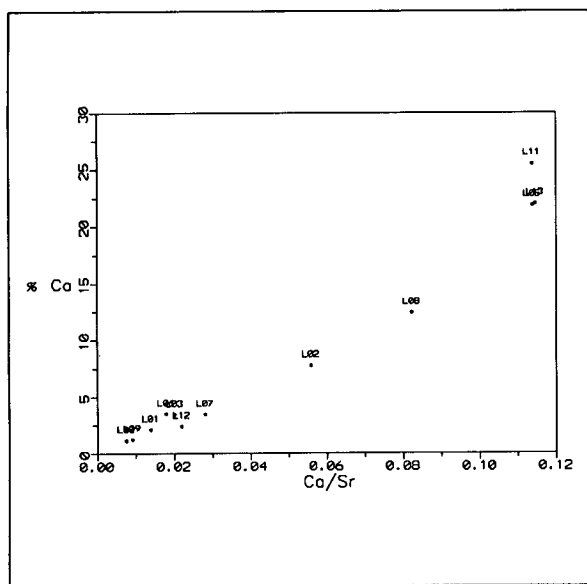


Fig. 4.- Relacions bivariants Ca-Ca/Sr de les mostres dels forns estudiats.

dels forns en funció de la seva procedència estructural.

Quant a les mostres de ceràmiques, presenten totes elles una certa dispersió de valors. Si analitzem les relacions Ca-Ca/Sr (fig. 6), veiem com se'ns agrupen en 6 possibles tipus, encara que tres d'ells siguin d'una sola mostra.

Aquesta dispersió que presenten les dades químiques és deguda a que encara estem en una primera etapa de la caracterització de la producció ceràmica d'aquests forns, havent analitzat fins ara, només una representació de les diferents tipologies trobades, cal analitzar moltes més mostres de cada tipus per poder tenir uns valors estadístics que ens permetin llur caracterització.

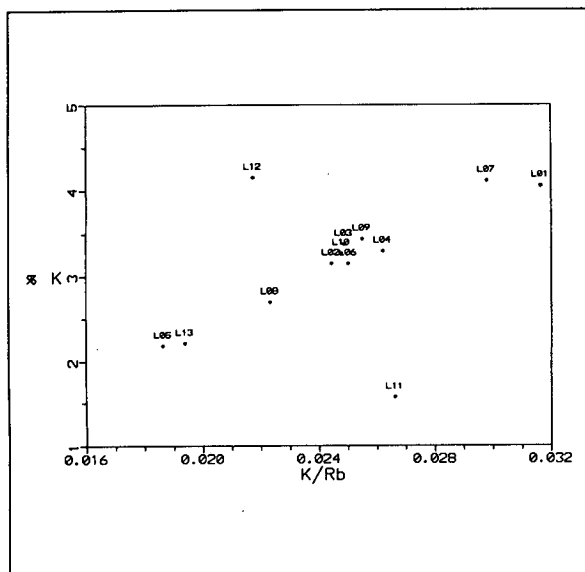


Fig. 5.- Relacions bivariants K-K/Rb de les mostres dels forns estudiats.

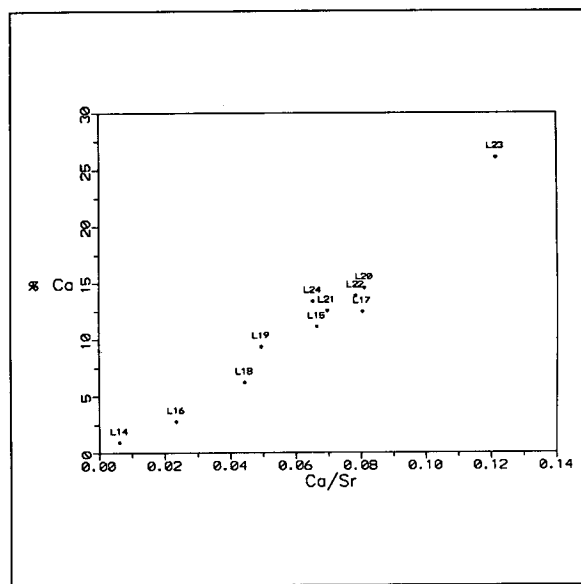


Fig. 6.- Relacions bivariants Ca-Ca/Sr de les mostres de les ceràmiques estudiades.

Difracció de raigs X

A l'igual del cas anterior, per analitzar els resultats obtinguts en l'anàlisi de les mostres per DRX hem considerat de forma diferenciada les mostres corresponents als forns i les mostres corresponents a les ceràmiques.

Així, hem estudiat les diferents parts estructurals dels forns anomenades volta, enlluït, tovot i columna.

Si ens fixem en les parts bàsiques dels forns, columnes, tovots, i parts inferiors de les voltes, veiem que estan formats mineralògicament per quars, feldspat i hematita, amb una petita quantitat de calcita. En el cas dels tovots, també es troba mica.

Pel que fa referència a la resta de mostres, enlluïts i parts superiors de les voltes, veiem que la mineralogia que presenten es molt més rica en compostos derivats de la reacció entre l'òxid de Ca i el quars i les argiles, i es determina així la presència de gehlenita, wollastonita i piroxé. Per altra banda, també es troba calcita, que pensem que ha de ser de recarbonatació a partir de l'òxid de Ca format en descompondre's els carbonats.

Aquesta associació de minerals ens porta a pensar (Vendrell et al., 1991) que les temperatures assolides en aquests forns estaven entre els 900° i 950°C, ja que les argiles presents en la matèria primera (que es determina en els tovots) s'ha descompost i reaccionat donant lloc als feldspats, tenint lloc aquesta reacció, (depenent de la grandària i cristal.linitat de les partícules), sobre els 900°-950°C.

Quant a les mostres més calcàries, es determina una més gran proporció de carbonat, corresponent a la recarbonatació de l'òxid de Ca, i de piroxé, no trobant-se les fases metaestables com gelhenita i wollastonita, la qual cosa implica que les mostres (en aquest cas del forn), han estat sotmeses a aquestes temperatures durant llargs períodes de temps, a causa del reiterat tractament, en el cas dels forns, a les màximes temperatures.

Pel cas de les ceràmiques, igual que pels forns, les argiles han estat descompostes i han reaccionat durant el procés de tractament tèrmic, però en aquest cas es troba alguna mostra on encara es detecta la seva presència, perquè per a les ceràmiques els períodes de tractament són, evidentment, inferiors. Per aquesta mateixa raó, i també a causa de la seva naturalesa més càlcica, es troben els productes metaestables intermedis de reacció, el que implica, per aquestes mostres, temperatures de cocció semblants a les anteriors, però amb períodes de tractament inferiors.

CONCLUSIONS

A l'hora d'analitzar els resultats obtinguts en l'anàlisi química de les mostres dels forns, com hem anat veient anteriorment, cal fixar-se en la part estructural del forn a la qual pertany la mostra. Així veiem com queden agrupades, per una banda, les mostres que formen part de l'estructura del forn, com les columnes, voltes i tovots, formant un primer grup.

Per altra banda tenim els enlluïts, formats per una pasta més calcària i associada químicament amb la pasta de la ceràmica 17. Sembla, doncs, que els forns eren enlluïts amb el material que utilitzaven per elaborar les peces.

Les parts superiors de les voltes estan formades per materials amb composicions més disperses, o corresponents a possibles reparacions en què, en cada moment utilitzaven la pasta que llavors estaven utilitzant.

Per les ceràmiques utilitzaven una pasta calcària, amb un contingut de calci de l'ordre de l'11 al 15%. En una primera aproximació, es poden determinar sis tipus de pastes en funció de les relacions Ca-CaSr. Evidentment, per poder arribar a caracteritzar la producció ceràmica d'aquests forns caldrà fer un estudi més exhaustiu de la seva producció, fent falta analitzar moltes més mostres de cada tipologia per poder tenir uns valors estadístics que ens permetin llur caracterització.

Quant a la temperatura de cocció, igual que pels forns, aquesta es pot situar sobre els 900°C, encara que amb un interval de maduració no gaire elevat.

BIBLIOGRAFIA

- VENDRELL M., PICON M., MATEU G., ALIAGA S. & MOLERA J. (1989) Étude de laboratoire des productions de Saint-Giles-du-Gard, *Poteries grises médiévales à Saint Giles du Gard*, (M. Leenhardt & J. Thiriot, eds.), *Archéologie du Midi Medieval*, 7, pp.73-106.
- VENDRELL M., PRADELL T., GARCIA-VALLÉS M. & MOLERA J. (1993) Origin and manufacture of the Roman molds of Andujar (Spain), *European Workshop on Archaeometric Research and Archaeological Studies of ancient Ceramics*, (F. Barragato, O. Grubessi & L. Lazzarini, eds.), Roma, pp. 375-384.
- VENDRELL M., PRADELL T., MOLERA J. & ALIAGA S. (1991) Proto-campanian pottery and A-Campanian ceramics: characterization of the differences between the black coatings, *Archaeometry*, 33, 1, pp. 109-117.