

PROBLEMAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL GRUPO DE REFERENCIA DEL TALLER DE ABELLA: PERTURBACIONES EN EL PATRON

por

J. Buxeda i Garrigós* y J. M. Gurt i Esparraguera*

Resumen: Dentro del proyecto de investigación que se lleva a cabo sobre el taller de Abella (Navès, Solsonés), se ha abordado la caracterización arqueométrica de la producción de Terra Sigillata Hispanica, para establecer su grupo de referencia. La aplicación de métodos estadísticos multivariantes a los resultados de los análisis químicos, obtenidos por Fluorescencia de Rayos X, muestran unas variaciones en la composición química de estas cerámicas que se contrasta con sus diferentes rangos de temperatura de cocción, establecidos por los cambios mineralógicos y microestructurales que presentan. Estos cambios han sido definidos a través los análisis de Difracción de Rayos X y de Microscopía Electrónica de Barrido sobre las muestras en el estado en que se reciben y en los subsiguientes experimentos en laboratorio. Estas variaciones son consecuencia de alteraciones y contaminaciones, constituyendo las perturbaciones que alteran el patrón del grupo de referencia.

Palabras-clave: Arqueometría. Cerámicas. Perturbaciones.

1. INTRODUCCIÓN

El taller de TSH de Abella (Navès) fue descubierto, de manera accidental, el año 1912. Excavado por Serra i Vilaró en dos campañas diferentes, en 1912 y 1924 (Serra Vilaró, 1925), sus tres hornos fueron sepultados de nuevo y, sin ninguna referencia exacta de su localización, se olvidó su emplazamiento dándose por perdidos (Mayet, 1984, p. 20). Con posterioridad a las excavaciones de Serra i Vilaró, las revisiones de la TSH producida en Abella se realizaron siempre a partir de los materiales recuperados en dichas excavaciones (Mezquíriz, 1961; Mayet, 1984; Mezquíriz, 1985).

No fue hasta 1986 cuando, dentro de un programa de investigaciones sobre el hábitat romano en la actual comarca catalana del Solsonès (Gurt et al., 1987),

* ERAUB, Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, C/ de Baldiri i Reixac, s/n, 08028 Barcelona.

se realizó una campaña de prospección arqueológica, seguida de una prospección magnética, resultando el redescubrimiento del taller (Casas et al., 1989). Su reexcavación, con la aparición de un cuarto horno y la recuperación de nuevos materiales, permitió plantear un reestudio de la producción cerámica, incluyéndose su caracterización arqueométrica.

La caracterización arqueométrica de Abella ya había sido abordada anteriormente por Tavares (1984) y Picon (1984), dentro del estudio de Mayet (1984), y, siguiendo a dicha autora, había sido planteada conjuntamente con el estudio de los materiales procedentes de Solsona, lugar en donde también se situaba un posible taller de TSH (Serra Vilaró, 1924). Al contar con nuevos materiales procedentes de la reexcavación, realizamos un muestreo aleatorio con objeto de abordar el estudio de la tecnología de producción y, sobre todo, de caracterizar debidamente el grupo de referencia de Abella.

Los primeros resultados de la caracterización química por Fluorescencia de Rayos X (FRX) (Burés et al., 1989) y los de la caracterización mineralógica por Difracción de Rayos X (DRX) (Buxeda et al., 1991) fueron posteriormente completados por la caracterización microestructural por Microscopía Electrónica de Barrido (MER) y el estudio de los barnices, también por MER y por Microanálisis de Dispersión de Energías de Rayos X (MER-EDX) (Buxeda, 1990). Esta primera fase de trabajo arqueométrico permitió ya verificar que la caracterización arqueológica de la TSH de Abella actualmente aceptada comportaba numerosos errores, debidos en su mayor parte a la no consideración de los factores tecnológicos de la producción (Buxeda y Gurt, 1991). Igualmente, permitió identificar diversos problemas arqueométricos, algunos de los cuales relacionados con la constitución del grupo de referencia de Abella, que nos obligaron a plantear una segunda fase de trabajo, en la cual nos encontramos actualmente.

2. PERTURBACIONES Y PROBLEMAS DISTRIBUCIONALES

Una de las bases metodológicas sobre las que se asienta la caracterización arqueométrica de las cerámicas arqueológicas es, especialmente en la caracterización química, la constitución de una red de grupos de referencia (Picon y le Miere, 1987) correspondientes a las diversas fábricas (Whitbread, 1989) existentes. Cada fábrica se caracteriza por su patrón de composición de D-partes (Aitchinson, 1986), que se asume definido por la distribución normal d-dimensional ($d=D-1$) con vector de medias μ y matriz de variancias-covariancias Σ ,

$$n \sim (\mu, \Sigma).$$

Además, la práctica del trabajo arqueométrico asume, igualmente, que en un conjunto de datos composicionales hay alguna(s) estructura(s) natural(es) o óptima(s) que la aplicación de técnicas estadísticas multivariantes de reconocimiento de patrón va a revelar. Técnicas estas que, a su vez, suponen, en algunos casos, la normalidad de las estructuras a revelar en una aproximación interactiva continuada de un modelo (Bishop y Neff, 1987).

Las alteraciones y contaminaciones de orden mineralógico y geoquímico (Rottländer, 1989; Béarat, 1990), producidas durante la fabricación, el período de uso, de deposición o con posterioridad a la recuperación de la pieza, suponen una operación en las composiciones, operación llamada perturbación, que puede jugar un rol importante en la explicación de la variabilidad observada en algunos datos composicionales. El vector composicional de D-partes x operado por un vector perturbador u forma la composición perturbada X , por la operación

$$X=x \circ u=\mathcal{C}(x_1u_1,\dots,x_Du_D)$$

siendo \mathcal{C} el operador restrictivo que transforma cada vector w , o base, de D componentes positivas en el vector de suma la unidad x . Además, dado que el vector u se distribuye independientemente de x , la distribución del vector X vendrá dada por las diferentes asunciones distribucionales de u .

3. DOS EJEMPLOS DE PERTURBACIONES EN LA TSH DE ABELLA

La matriz de variación composicional realizada a partir de los resultados del análisis químico de la TSH de Abella (Tabla 1) nos permite investigar el patrón de variación de una composición. Cada valor τ_{ij} corresponde a las variancias de los logaritmos de razón de denominador el componente x_j , después de la transformación

$$x \in \mathcal{S}^d \rightarrow y=\log(x_{\cdot D}/x_D) \in \mathcal{R}^d,$$

donde $x_{\cdot D}$ es el vector composicional x a excepción del componente x_D , que se corresponde al componente x_j . Así, cada valor de la matriz da una medida de la variación de un componente x_i relativo al componente x_j .

En nuestra matriz de datos composicionales, los mayores valores de variación son los relativos a los logaritmos de razón de denominadores los componentes $x_{\cdot D}=\text{Na}_2\text{O}$ (total=6.887699) y $x_D=\text{Sr}$ (total=6.686206), siendo además el valor mayor de la matriz el de la variancia de los logaritmos de razón de ambos componentes $\tau_{\text{Na}_2\text{O}\text{Sr}}$ (0.580633). Estos dos componentes, por procesos diferenciados, son, pues,

los que más contribuyen a la variación composicional.

Los análisis de DRX demostraron que entre los materiales de TSH de Abella se encontraban cerámicas que habían alcanzado diversas temperaturas de cocción equivalente (Roberts, 1963). A partir de dichos análisis, establecemos cinco categorías que representan diversos rangos de temperatura de cocción y que, en sentido creciente, son:

— KF: Corresponde a muestras con bajas temperaturas de cocción. Las líneas de filosilicatos (I) y de feldespatos potásicos (KF) están presentes y son muy intensas. Algunas muestras no presentan líneas de hematites (H), lo que debe indicar una muy baja temperatura de cocción (Figura 1, muestra S-25).

— KF-G: El inicio de descomposición de algunas fases primarias (Maggetti, 1981), como la calcita (C), los filosilicatos o los feldespatos potásicos, ha permitido la formación de la gehlenita (G), así como de pequeñas cantidades de plagioclasas (A) y de piroxenos (D), como fases de cocción.

— G: Esta categoría, similar a la anterior, está marcada por el continuo desarrollo de las fases de cocción, en contraposición a las cada vez menos intensas líneas de las fases primarias anteriormente citadas, que en algunas muestras son ya inapreciables (Figura 1, muestra S-6). Ambas categorías corresponden a temperaturas medias.

— D/A: Corresponde a altas temperaturas; algunas muestras presentan signos de sobrecocción poco severa. Las fases primarias de filosilicatos, feldespatos alcalinos y calcita, han sido totalmente descompuestas, presentándose intensas líneas de fases de cocción. La calcita que aparece en esta categoría, así como probablemente la que aparecía en las categorías anteriores KF-G y G, es una fase secundaria (Figura 1, muestra S-18).

— L: Corresponde a sobrecocciones severas. Las fases principales son las fases de cocción, las plagioclasas (A), los piroxenos (D) y la leucita (L). El cuarzo (Q) ha empezado a descomponerse. Además de la calcita, aparece el analcima (An) como fase secundaria, excepto en la muestra S-43 (Figura 1, muestra S-27).

En la Figura 2, podemos observar las variancias de los valores de los logaritmos de razón, relativos al SiO_2 , del Na_2O y del Sr. En el caso del Na_2O , los individuos situados en la categoría L, de sobrecocciones severas, presentan, excepto la muestra S-43, valores anormalmente altos para este componente. Sin embargo, en el caso del Sr, se observan unos valores de igual modo anormalmente altos pero en la categoría G, si exceptuamos las muestras S-55 y S-42, y en la muestra S-11, de la categoría KF-G. Ambos componentes presentan, pues, distribuciones que se alejan de la normal, con fuertes asimetrías a la derecha. El hecho de que la matriz de datos composicionales sea la de un grupo monogenético explica fácilmente que ambos componentes, alterando la distribución multinormal,

introduzcan los elevados valores de variación composicional observados. Además, como ambas alteraciones de la multinormal se han producido en muestras pertenecientes a categorías distintas, resulta, como era de esperar, que el valor de la variancia de los logaritmos de razón que implican ambos componentes, $\tau_{\text{Na}_2\text{Osr}}$, es el más elevado de la matriz de variación composicional.

Cada una de las dos alteraciones que se observan constituyen perturbaciones, tal y como han sido definidas. Ambas perturbaciones, provocadas en cada vector x por dos vectores perturbadores independientes u_1 y u_2 , alteran la multinormalidad del grupo monogénético estudiado, que presenta ahora una distribución que debe ser descrita a partir de las asunciones sobre ambos vectores perturbadores.

Sin profundizar aquí este aspecto, cabe destacar la importancia que los datos tecnológicos tienen para empezar a interpretar estas perturbaciones. El estudio de las distribuciones de las perturbaciones que aumentan el valor del Na_2O y del Sr , en algunos de los individuos, debe tomar en consideración la relación existente entre estos vectores perturbadores y la categoría establecida a partir de las temperaturas de cocción. Además, en el caso del Na_2O , la observación del gráfico de doble entrada de la Figura 3 evidencia la relación existente entre los valores del logaritmo de razón del Na_2O relativo al SiO_2 y la intensidad del analcima (expresado en cuentas por segundo de su línea de 5.60 \AA , ángulo $15.8 \text{ } 2\theta$), al dibujarse una recta de regresión que indica una correlación positiva. Esta perturbación, pues, estaría causada por la cristalización de una fase secundaria, el analcima, zeolita sódica de composición $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, en los individuos de la categoría L.

4. CONCLUSIONES

Las perturbaciones operadas sobre los vectores composicionales, que en los ejemplos de Abella están causadas por alteraciones y contaminaciones ligadas a factores tecnológicos y mineralógicos, pueden ser importantes para explicar el patrón de variabilidad observado. La matriz de variación composicional es, en este sentido, un instrumento muy útil para un trabajo exploratorio, previo a la aplicación de los métodos estadísticos multivariantes, ayudando a evitar una aplicación ciega que no contemple una aproximación interactiva continuada de un modelo.

Debido a las perturbaciones operadas, podemos enfrentarnos a severas alteraciones de la función de distribución, lo que, además de suponer un problema para reconocer la(s) estructura(s) existente(s) en la matriz de datos composicionales, plantea un problema en la definición del patrón de los diversos grupos de referencia. Una incorrecta definición de los mismos supone a la arqueología una falsa

interpretación de la realidad, pero a la arqueometría le supone además una herramienta que, utilizada en los procesos de asociación de patrones, llevará a subsiguientes errores y por tanto a nuevas falsas interpretaciones en arqueología.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se incluye en el proyecto "Caracterización Física, Química y Mineralógica de Cerámica Romana" (PB89-0248), financiado por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica (DGICYT).

Agradecemos a los Serveis Científico-Tècnics de la Universitat de Barcelona, especialmente a las directoras la Dra. Baucells y la Dra. Roure, la realización de los análisis.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AITCHINSON, J., (1986), *The Statistical Analysis of Compositional Data*, Monographs on Statistics and Applied Probability, Chapman and Hall, London.
- BÉARAT, H., (1990), *Etude de quelques altérations physico-chimiques des céramiques archéologiques*, Thèse pour obtenir le grade de Docteur, Université de Caen, Caen.
- BISHOP, R.L. - NEFF, H., (1987), "Compositional Data Analysis in Archaeology", en Allen, R.O. (Ed.), *Archaeological Chemistry IV*, a Symposium, 193rd Meeting at the American Chemical Society (Denver, Colorado, April 5-10, 1987), Advances in Chemistry Series, 220, American Chemical Society, pp. 57-86, Washington D.C.
- BURÉS, L. - BUXEDA, J. - GURT, J.M. - PALET, J.M. - PLANAS, C. - TUSET, F., (1989), "Caracterización de las producciones del horno cerámico de Navès (Lleida): resultados preliminares", *S.F.E.C.A.G., Actes du Congrès de Lezoux (Lezoux, mai 1989)*, pp. 175-179, Marseille.
- BUXEDA I GARRIGÓS, J., (1990), *Caracterització arqueomètrica de la TSH del taller d'Abella (Navès)*, Tesis de Llicenciatura, Universitat de Barcelona, Barcelona (inédita).
- BUXEDA, J. - GURT, J.M., (1991), "La TSH de l'atelier d'Abella (Navès, Catalogne). Problèmes technologiques", *S.F.E.C.A.G., Actes du Congrès de Cognac (Cognac, mai 1991)*, pp. 431-434, Marseille.
- BUXEDA, J. - GURT, J.M. - PLANAS, C. - TUSET, F. - ALCOBÉ, X., (1991), "The study of Hispanic Terra Sigillata from kilns of Pla d'Abella (Navès, Solsonès): a preliminary analysis", a P. Budd, B. Chapman, C. Jackson, R. Janaway, B. Ottaway (Eds.), *Proceedings of a Conference on the Application of Scientific Techniques to Archaeology (Bradford, September 1989)*, pp. 36-45, Oxbow Books, Oxbow Monograph, 9, Oxford.
- CASAS, A. - PINTO, V. - GURT, J.M. - RIERA, S. - BURÉS, L., (1989), "Aplicación de la prospección magnética en la localización de hornos de cerámica romana de Navès (Lleida)", *S.F.E.C.A.G., Actes du Congrès de Lezoux*, pp. 169-174, Marseille.
- GURT, J.M. - MIRET, M. - XANDRI, J., (1987), "Dades sobre la romanització a la comarca del Solsonès (Lleida)", *Pre-actes de les Jornades Internacionals d'Arqueologia Romana*, pp. 39-44, Granollers.
- MAGGETTI, M., (1981), "Composition of Roman Pottery from Lousonna (Switzerland)",

- en Hughes, M.J., *Scientific Studies in Ancient Ceramics*, British Museum Occasional Paper, nº 19, pp. 33-49, British Museum Research Laboratory, London.
- MAYET, F., (1984), *Les céramiques sigillées hispaniques. Contribution à l'histoire économique de la Péninsule Ibérique sous l'Empire Romain*, 2 vols., Publications du Centre Pierre Paris, 12, Collection de la Maison des Pays Ibériques, 21, CNRS, Paris.
- MEZQUÍRIZ DE CATALÁN, M.A., (1961), *Terra Sigillata Hispanica*, 2 vols., Monografías sobre cerámicas hispánicas, The William L. Bryant Foundation, València.
- MEZQUÍRIZ IRUJO, M.A., (1985), "Terra Sigillata Ispanica", en *Atlante delle forme ceramiche, Vol. II, Ceramica fina romana nel bacino mediterraneo (Tardo Ellenismo e Primo Impero)*, Enciclopedia dell'Arte Antica Classica e Orientale.
- PICON, M., (1984), "Appendice II. Recherches sur les compositions des sigillées hispaniques: Techniques de fabrication et groupes de production", en Mayet, F., 1984, *Les céramiques sigillées hispaniques. Contribution à l'histoire économique de la Péninsule Ibérique sous l'Empire Romain*, 2 vols., Publications du Centre Pierre Paris, 12, Collection de la Maison des Pays Ibériques, 21, pp. 303-317, CNRS, Paris.
- PICON, M. - LE MIERE, M., (1987), "Géochimie", en Minskovsky, J.-C. (Ed.), *Géologie de la Préhistoire: Méthodes, techniques, applications*, pp. 883-901, A.E.E.G.P., Paris.
- ROBERTS, J.P., (1963), "Determination of the Firing Temperature of Ancient Ceramics by Measurement of Thermal Expansion", *Archaeometry*, 6, pp.21-25.
- ROTTLÄNDER, R.C.A., (1989), *Verwitterungsercheinungen an Keramik*, Tübinger Beiträge sur Archäometrie, 2, Verlag Archaeologica Venatoria, 8.1., Institut für Urgeschichte der Universität Tübingen, Tübingen.
- SERRA VILARÓ, J., (1924), *Estación ibérica, termas romanas y taller de "terra sigillata" en Solsona*, Memoria número 44 de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades, Madrid.
- SERRA VILARÓ, J., (1925), *Cerámica en Abella. Primer taller de "Terra Sigillata", descubierto en España*, Memoria número 73 de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades, Madrid.
- TAVARES, A., (1984), "Appendice I. Caractérisation de quelques types de fabrication de sigillées hispaniques", en Mayet, F., 1984, *Les céramiques sigillées hispaniques. Contribution à l'histoire économique de la Péninsule Ibérique sous l'Empire Romain*, 2 vols., Publications du Centre Pierre Paris, 12, Collection de la Maison des Pays Ibériques, 21, pp. 299-302, CNRS, Paris.
- WHITBREAD, I.K., (1989), "A proposal for the systematic description of thin sections towards the study of ancient technology", en Maniatis, Y. (Ed.), *Archaeometry. Proceedings of the 25th International Symposium (held in Athens from 19 to 23 May 1986)*, pp. 127-138, Elsevier, Amsterdam.

Est. I

Fe ₂ O ₃	0	0.001119	0.026741	0.146127	0.001854	0.010934	0.070636	0.253894	0.043136	0.001844	0.086733	0.023822
Al ₂ O ₃	0.001119	0	0.032097	0.160032	0.003812	0.009733	0.068334	0.252875	0.044406	0.003942	0.09179	0.020804
MnO	0.026741	0.032097	0	0.129538	0.023988	0.043254	0.060929	0.318162	0.061526	0.02162	0.060504	0.07602
P ₂ O ₅	0.146127	0.160032	0.129538	0	0.138985	0.177846	0.181679	0.339802	0.189615	0.1362	0.156911	0.215854
TiO ₂	0.001854	0.003812	0.023988	0.138985	0	0.013507	0.062141	0.252312	0.046464	0.001255	0.078383	0.030705
MgO	0.010934	0.009733	0.043254	0.177846	0.013507	0	0.076474	0.233387	0.070118	0.013072	0.109288	0.033503
CaO	0.070636	0.068334	0.060929	0.181679	0.062141	0.076474	0	0.304284	0.113668	0.056869	0.068927	0.13385
Na ₂ O	0.253894	0.252875	0.318162	0.339802	0.252312	0.233387	0.304284	0	0.427224	0.250704	0.0471286	0.245899
K ₂ O	0.043136	0.044406	0.061526	0.189615	0.046464	0.070118	0.113668	0.427224	0	0.044088	0.090003	0.049789
SiO ₂	0.001844	0.003942	0.02162	0.1362	0.001255	0.013072	0.056869	0.250704	0.044088	0	0.07498	0.031856
Ba	0.086733	0.09179	0.060504	0.156911	0.078383	0.109288	0.068927	0.471286	0.090003	0.07498	0	0.162625
Rb	0.023822	0.020804	0.07602	0.215854	0.030705	0.033503	0.13385	0.245899	0.049789	0.031856	0.162625	0
Th	0.014662	0.013431	0.053815	0.164987	0.016299	0.028801	0.082601	0.239995	0.063305	0.017008	0.113934	0.032618
Nb	0.018249	0.01604	0.048214	0.167591	0.017437	0.017315	0.067245	0.226547	0.070269	0.018774	0.103284	0.038838
Pb	0.080699	0.085512	0.087968	0.191722	0.076446	0.084534	0.148144	0.377592	0.152537	0.078166	0.121494	0.141148
Zr	0.009607	0.012618	0.027484	0.124132	0.00592	0.01822	0.050783	0.230627	0.058239	0.004874	0.077648	0.046283
Y	0.004192	0.006248	0.024292	0.13219	0.002802	0.016603	0.050336	0.263399	0.042672	0.00186	0.06841	0.038936
Sr	0.265976	0.262562	0.233693	0.352787	0.251706	0.276167	0.113871	0.580633	0.264378	0.240637	0.132132	0.35397
Ce	0.007076	0.008775	0.031884	0.139167	0.007786	0.020663	0.07524	0.206648	0.041175	0.007669	0.087472	0.029276
Ga	0.008075	0.005849	0.047509	0.202311	0.013697	0.012748	0.100074	0.247989	0.056099	0.014517	0.130411	0.013505
V	0.031342	0.029839	0.068857	0.226857	0.041402	0.038737	0.158105	0.297786	0.069817	0.041188	0.158778	0.025796
Zn	0.033831	0.034734	0.064441	0.192155	0.040787	0.04562	0.126693	0.26275	0.055337	0.039037	0.159459	0.033535
Cu	0.151072	0.155349	0.164766	0.139403	0.149563	0.150365	0.22768	0.293828	0.21008	0.149159	0.22865	0.178883
Ni	0.004154	0.001643	0.036175	0.169552	0.007666	0.011254	0.064966	0.256078	0.044915	0.007377	0.093155	0.021666
Total	1.295735	1.321546	1.743477	4.175442	1.284917	1.512144	2.463796	6.887699	2.308856	1.256696	2.926259	1.979181

	Th	Nb	Pb	Zr	Y	Sr	Ce	Ga	V	Zn	Cu	Ni
Fe ₂ O ₃	0.014622	0.018249	0.080699	0.009607	0.004192	0.265976	0.007076	0.008075	0.031342	0.033831	0.151072	0.004154
Al ₂ O ₃	0.013431	0.01604	0.085512	0.012618	0.006248	0.262562	0.008775	0.005849	0.029839	0.034734	0.155349	0.001643
MnO	0.053815	0.048214	0.087968	0.027484	0.024292	0.233693	0.031884	0.047509	0.068857	0.064441	0.164766	0.036175
P ₂ O ₅	0.164987	0.167591	0.191722	0.124132	0.13219	0.352787	0.139167	0.202311	0.226857	0.192155	0.139403	0.169552
TiO ₂	0.016299	0.017437	0.076446	0.00592	0.002802	0.251706	0.007786	0.013697	0.041402	0.040787	0.149563	0.007666
MgO	0.028801	0.017315	0.084534	0.01822	0.016603	0.276167	0.020663	0.012748	0.038737	0.04562	0.150365	0.011254
CaO	0.082601	0.067245	0.148144	0.050783	0.050336	0.113871	0.07524	0.100074	0.158105	0.126963	0.22768	0.064966
Na ₂ O	0.239995	0.226547	0.377592	0.230627	0.263399	0.580633	0.260648	0.247989	0.297786	0.26275	0.293828	0.256078
K ₂ O	0.063305	0.070269	0.152537	0.058239	0.042672	0.264378	0.041175	0.056099	0.069817	0.055337	0.21008	0.044915
SiO ₂	0.017008	0.018774	0.078166	0.004874	0.00186	0.240637	0.007669	0.014517	0.041188	0.039037	0.149159	0.007377
Ba	0.113934	0.103284	0.121494	0.077648	0.06841	0.132132	0.087472	0.130411	0.158778	0.159459	0.22865	0.093155
Rb	0.032618	0.038838	0.141148	0.046283	0.038936	0.35397	0.029276	0.013505	0.025796	0.033535	0.178883	0.021666
Th	0	0.025922	0.106876	0.022406	0.017348	0.282364	0.017603	0.021419	0.055791	0.051085	0.155919	0.017072
Nb	0.025922	0	0.091007	0.016623	0.020009	0.258566	0.022532	0.0246	0.05915	0.055743	0.130434	0.016356
Pb	0.106876	0.091007	0	0.081265	0.080229	0.277648	0.081213	0.101562	0.122965	0.192038	0.245253	0.090695
Zr	0.022406	0.016623	0.081265	0	0.004358	0.237862	0.013005	0.027603	0.063907	0.049654	0.129421	0.016338
Y	0.017348	0.020009	0.080229	0.004358	0	0.228979	0.009562	0.020147	0.051074	0.043292	0.145156	0.009358
Sr	0.282364	0.258566	0.277648	0.237862	0.228979	0	0.260226	0.322728	0.386869	0.381107	0.467676	0.253668
Ce	0.017603	0.022532	0.081213	0.013005	0.009562	0.260226	0	0.019144	0.045144	0.043577	0.158698	0.010919
Ga	0.021419	0.0246	0.101562	0.027603	0.020147	0.322728	0.019144	0	0.017458	0.030079	0.169384	0.007477
V	0.055791	0.05915	0.122965	0.063907	0.051074	0.386869	0.045144	0.017458	0	0.042688	0.198622	0.031322
Zn	0.051085	0.055743	0.192038	0.049654	0.043292	0.381107	0.043577	0.030079	0.042688	0	0.149185	0.036718
Cu	0.155919	0.130434	0.245253	0.129421	0.145156	0.467676	0.158698	0.169384	0.198622	0.149185	0	0.162295
Ni	0.017072	0.016356	0.090695	0.016338	0.009358	0.253668	0.010919	0.007477	0.031322	0.036718	0.162295	0
Total	1.615219	1.530747	3.096714	1.328876	1.281451	6.686206	1.398454	1.614385	2.263494	2.163814	4.310842	1.370821

Variació total: 28.908386

Tabla 1 — Matriz de variación. La variación total es la suma de las 1/2d entradas.

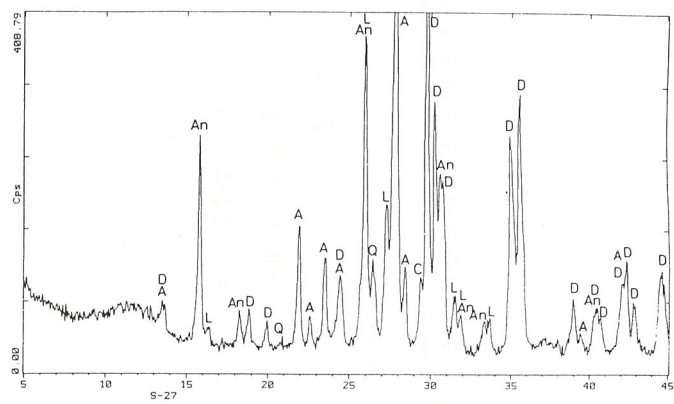
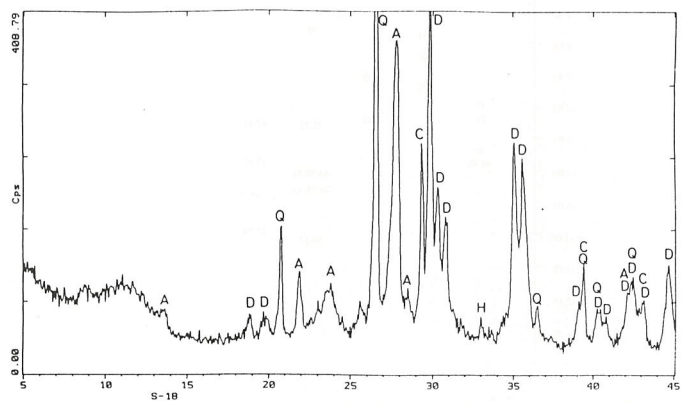
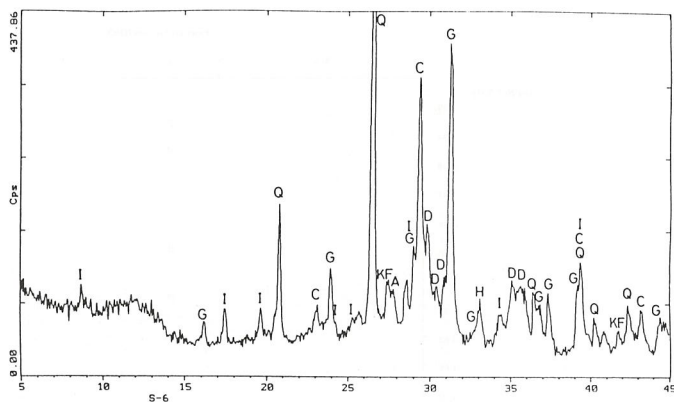
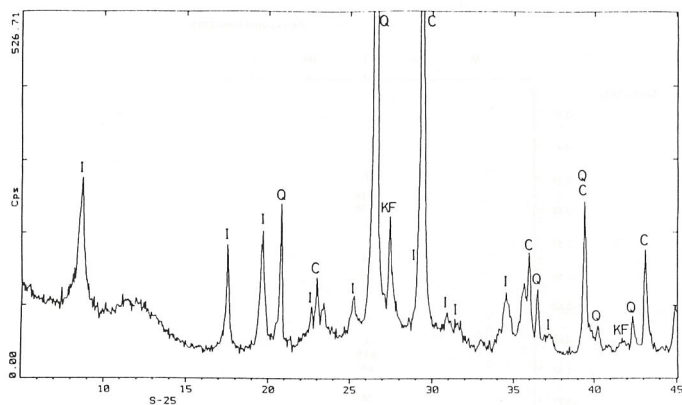


Fig. 1 — Difractogramas de las muestras, de izquierda a derecha y de arriba a abajo, S-25, S-6, S-18 y S-27, que representan diversas categorías de rangos de temperatura, en sentido creciente según su disposición.

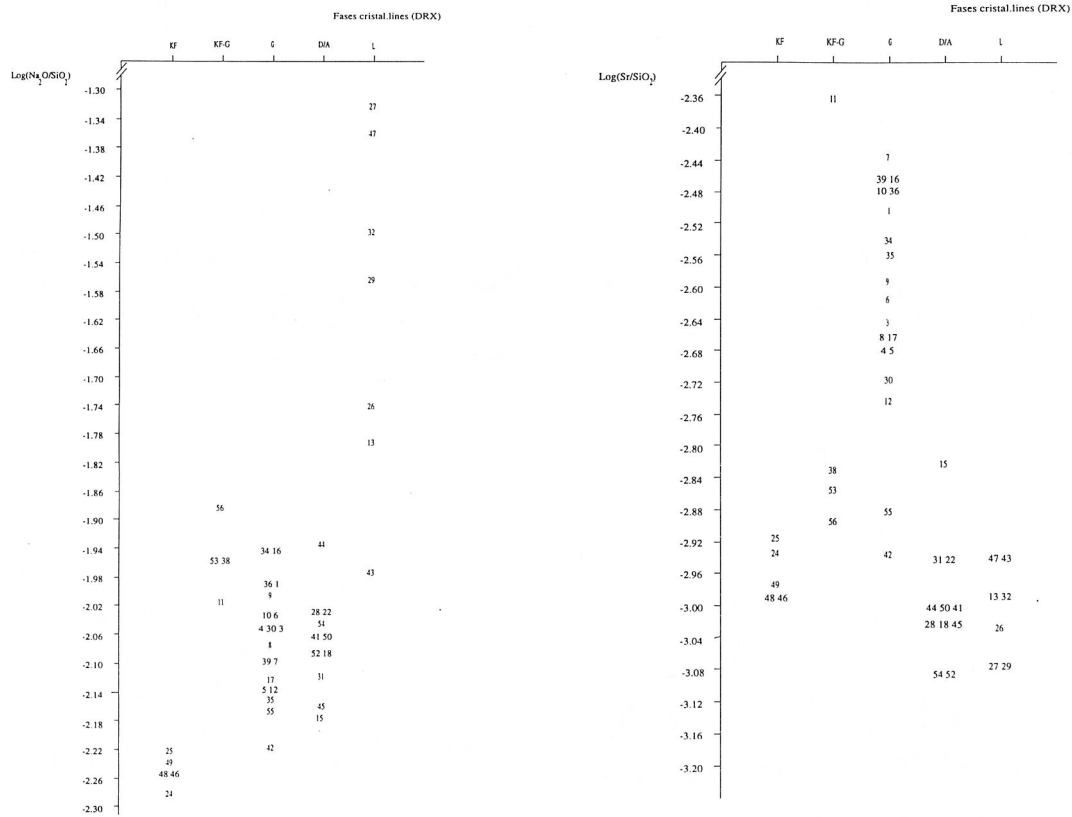


Fig. 2 — Situación de los diversos individuos analizados según sus valores en los logaritmos de razón y Na₂O/SiO₂ y Sr/SiO₂, dentro de la categoría de rango de temperatura establecida a partir del análisis de Difracción de Rayos X.

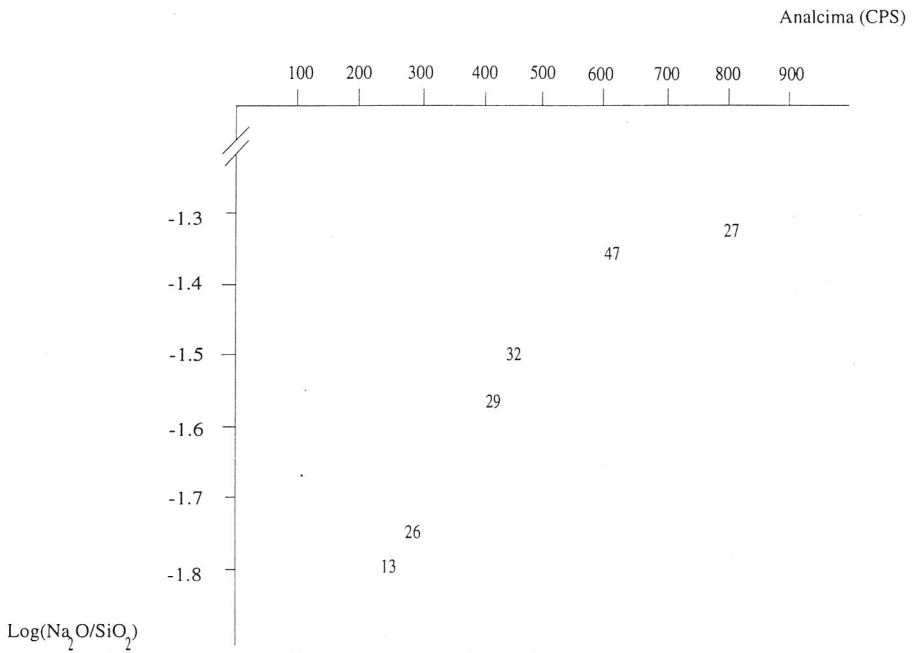


Fig. 3 — Gráfico de doble entrada analcima, en cuentas por segundo (CPS) de la línea de 5.60 Å, ángulo 15.8 2θ, y logaritmo de razón y Na₂O/SiO₂ de las muestras que presentan la categoría L, excepto la S-43.