

## **EMPLEO DE LA TECNICA DE DIFRACCION POR RAYOS X, EN EL ESTUDIO DE TERRACOTAS ARQUITECTONICAS ROMANAS DE AMPURIAS Y TARRACO**

M<sup>a</sup> LUISA RAMOS SAINZ  
DPTO. PREHISTORIA Y ARQUEOLOGIA, U.A.M  
RAQUEL VIGIL DE LA VILLA  
ROSARIO GARCIA JIMÉNEZ  
DPTO. QUIMICA AGRICOLA Y GEOQUIMICA, U.A.M

### **Resumen**

El presente trabajo, es el resultado de la aplicación de técnicas de análisis geológicos al estudio de terracotas arquitectónicas procedentes de Ampurias y Tarraco. Se describe brevemente el empleo de la técnica de difracción por rayos X. Y finalmente se presentan los resultados obtenidos, con una explicación técnica de los mismos.

### **Summary**

This paper is the result of the application of geological analysis techniques to the study of architectonic terracottas from Ampurias and Tarraco. It describes briefly the use of the diffraction technique through X-rays. And finally it shows the results obtained, including a technical explanation of results.

### **INTRODUCCION**

Como se viene comprobando en investigaciones modernas, el uso de técnicas geológicas empleadas para analizar el material cerámico arcaico, ofrecen al arqueólogo la posibilidad de profundizar en su composición mineralógica para obtener útiles conclusiones (Rincon.J.M, Fuentes.F.J, 1983). Si, además, como es el caso que nos ocupa con las terracotas arquitectónicas objeto de estudio, éste procede de antiguas excavaciones en las que las informaciones en torno a su descubrimiento, a veces son vagas e imprecisas y ello sumado al hecho frecuente de que estas piezas hallan sido localizadas fuera de su contexto originario, añade si cabe aún, más interés al empleo de dicha tecnología.

En líneas generales la composición mineralógica de las muestras puede servir: para tipificar el material de origen, observando la coincidencia o discrepancia con el material originario; la existencia de determinados minerales puede establecer posibles relaciones comerciales, e identificar su procedencia, ya sea autóctona o alóctona. Al mismo tiempo se pueden obtener datos técnicos sobre la fabricación de las terracotas: calidad, componentes, tamaño e identificación de los desgrasantes, etc (Galván.J.R, Galván Martínez, 1987, 270)

En algunos casos también será posible clasificar las muestras por su grado de cocción, indicando la potencia calorífica de los hornos empleados (Bermudez Medel, 1985, 929).

Han sido analizadas un total de 132 terracotas, procedentes de las antiguas ciudades romanas de Ampurias y Tarraco. Hemos observado que en su mayoría provienen de edificios de carácter público.

En Ampurias de las 37 piezas analizadas, sólo 7 corresponden a edificios privados (2 a la casa nº1, 2 a la casa nº2, y 3 a la casa nº 3), el resto procedían del Foro, por lo que es lógico suponer que en gran parte provenían de los templos allí existentes, excepto 2 descubiertas en el interior de un silo y 5 excavadas por Gandía en 1917 y de las que se desconoce su procedencia.

En Tarraco de las 52 terracotas analizadas, 4 procedían de villas de recreo (3 de Els Muns y 1 del Vilarenc), 25 fueron halladas en antiguas excavaciones y se desconoce su procedencia, 13 se descubrieron en el Foro Municipal, 1 en el teatro, y las 10 restantes aparecieron en la zona residencial ( 5 en las excavaciones de la plaza de La Font, 4 en la c/ San Lorenzo y 1 en el pasaje Cobos).

La técnica empleada en la difracción por rayos X, consistió en tomar una pequeña muestra (cien miligramos) que se pulverizó y se colocó en el goníometro del difractor; en este caso hemos utilizado un Philips Pw 1035, empleando como radiación incidente la K del cobre. El tratamiento estadístico de los datos se efectuó mediante un análisis factorial multivariante, aplicando el programa de cálculo BMDP (4M) (1983).

De las terracotas analizadas se han estudiado diversos elementos:

**1.- Antefijas:** estas sirvieron para decorar el final de una teja curva ("imbrex"), por lo que solían presentar una forma semicircular, de modo que sus contornos coincidieran con el perfil de aquella.

**1.1.- Engobe:** Es la base necesaria dada a cada una de las antefijas para tapar los poros de la arcilla y permitir de este modo que los colores se pudieran fijar mejor. Podía tratarse de una simple lechada de cal, como es nuestro caso, o de una arcilla muy fina suspendida en el agua, y que a menudo tenía un tono diferente al de la pieza.

**2.- Tejas curvas:** estos elementos casi nunca se han conservado íntegros, las tejas analizadas son del tipo curvo, denominadas "imbrex" en el mundo romano, servían para cubrir las juntas de las tejas planas o "tegulae" que revestían la techumbre.

**2.1.- Argamasa:** Es un mortero hecho de cal, arena y agua, empleado para fijar los elementos constructivos a la techumbre.

**3.- Lastras campana:** Son placas de revestimiento de barro cocido que cubren la zona comprendida en la techumbre, bajo la sima y el alero. Se las conoce como lastras Campana, llamadas así por la colección, reunida en el s.XIX, del marqués de G.Campana, en la que abundaban estas piezas (Campana.G.P, 1842), en las que la decoración figurada intenta imponerse sobre la geométrica y floral (Dupré.X, 1982).

Del número total de muestras analizadas se desprenden las siguientes informaciones: la mayoría corresponden a las antefijas (90), otra gran parte a las tejas curvas (29), y una menor a los engobes (9), argamasas (2), desgrasantes (1) y lastras campana (1).

## PROCESO DE FABRICACION DE LAS ANTEFIJAS:

Las antefijas eran elaboradas con moldes de terracota, una vez que el molde se rellenaba con la arcilla fina y bien amasada, se dejaba secar al sol antes de meterla en el horno. Al desmoldarla, si la producción no estaba muy estandarizada, un artesano, retocaba, corregía y completaba las piezas. Estos retoques y perfilados dan como resultado diferencias curiosas de examinar en los ejemplares salidos de un mismo molde.

Después de ser retocadas las piezas, era necesario preparar una base que cubriendo los poros de la arcilla sirviera para que se fijasen mejor los colores, con los que posteriormente se policromaban. En las antefijas analizadas no hemos hallado restos de pintura.

## RESULTADOS

De la interpretación de los diagramas se deduce que todas las muestras aquí consideradas son muy semejantes, presentando como componentes fundamentales: cuarzo, feldespatos tanto ortoclasas como plagioclasas, micas del tipo *ilita*, carbonatos, anhidritas, y yesos.

*El cuarzo* es en general un mineral abundante y mayoritario.

*Los feldespatos* se encuentran en porcentajes variables. En unas muestras sólo se identifican plagioclasas, en otras ortoclasas, y en un tercer grupo de muestras los dos tipos de feldespatos.

*La mica tipo ilita* no aparece en todas las muestras y su presencia es minoritaria.

*La anhidrita y el yeso* se hallan solamente en dos muestras.

*Los carbonatos*, en todas las muestras se identifican Calcita y Dolomita, aunque esta última siempre en menor proporción.

Con el fin de poder agrupar un número tan elevado de muestras atendiendo a su composición, se aplicó al conjunto de datos un análisis factorial multivariante utilizando el programa BMDP 4M por medio de matrices de correlación y factores de carga.

Del estudio de la matriz de correlación entre las distintas variables, se observa que para un nivel de significación  $P=0,001$ , el cuarzo está bien correlacionado con la arcilla, y el yeso con la anhidrita. El resto de las variables están mal correlacionadas.

Como resultado de la aplicación del programa se obtuvieron tres factores de carga que explican en conjunto un 72% de la varianza total.

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
cuarzo	0,931	0,000	0,000
carbonato	-0,927	0,000	0,000
yeso	0,000	0,923	0,000
anhidrita	0,000	0,919	0,000
ortoclasa	0,000	0,000	0,835
plagioclasa	0,000	0,000	-0,809
ilita	0,432	0,000	0,000

El Factor 1 explica el 27,6 % de la varianza total. Viene representado por cuarzo y mica de tipo *ilita* frente a carbonatos. Este Factor puede considerarse como un indicativo de la tecnolo-

gía de fabricación, ya que el cuarzo presente en las muestras puede proceder de dos fuentes distintas: una, la materia prima utilizada y otra el desgrasante añadido (Gallart Martí, p 74, 1980).

El Factor 2 explica el 24,7 % de la varianza total correspondiendo la mayor carga a yeso y anhidrita. Este Factor se puede considerar como indicativo del material originario ya que señala la presencia o ausencia de sulfatos en las muestras.

El Factor 3 explica el 19,9 % de la varianza total, correspondiendo su mayor carga al feldespato-K (ortoclasa) frente al feldespato-Ca, -Na (plagioclasa). Este Factor, análogamente al anterior, puede considerarse como diferenciador de los materiales originarios utilizados en la fabricación de las terracotas, al indicar la existencia de uno u otro feldespato.

Del conjunto de las representaciones gráficas obtenidas por la proyección bidimensional de los factores de carga analizados anteriormente, tomados de dos en dos, se ha seleccionado el más representativo (Fig.1), que vincula a los factores 1 y 3 (explican en total un 47,5 % de la varianza total).

En la **Fig. 1A**, se representa la distribución de las muestras de antefijas estudiadas, atendiendo a los factores anteriormente dichos. En ella se puede observar una distribución en tres grupos: El primero incluye las antefijas de las Tablas 1 y 2. Se caracterizan estas muestras por estar localizadas en la parte negativa respecto al Factor 3 y en la parte positiva del Factor 1, indicando que en su composición domina cuarzo y feldespato-Ca, Na. Hay que destacar las muestras 11, 23, 29 y 32 de Ampurias, y las 1, 7 y 35 de Tarraco por su elevada proporción en feldespato-Ca, Na (Fig. 1A, I y II). Cabe destacar también por su alto contenido en carbonatos, superior al del cuarzo, la muestra 37 de Tarraco (I). En muchas de estas muestras se observa la presencia de ilita, que llega a alcanzar valores del 11,5 % en la muestra 53 B de Tarraco, y un 20,43 %, en la nº 24 de Ampurias.

El segundo grupo, menos numeroso, incluye las antefijas de las Tablas 3 y 4. Estas muestras están localizadas en la parte positiva del Factor 3 y del Factor 1. En su composición domina cuarzo y feldespato-K. Dentro de este grupo destacan las muestras de Tarraco 7, 10, 13, 19, 24, 33, 41 y la 27 de Ampurias por su elevado contenido en feldespato K (Fig. 1A, II). En algunas muestras de este grupo, hay presencia de ilita, nunca en proporciones superiores al 15,05 %. Los carbonatos están presentes en todos los casos en cantidades variables, destacando las muestras 11, 17, 22, 31, 40, 49, 50 y 53 C con proporciones superiores al 28 % de carbonatos (Fig. 1A, III).

El tercer grupo de muestras, recogidas en la Tabla 5, se caracterizan por entrar a formar parte de su composición los dos tipos de feldespatos. En la Fig. 1A están localizadas a lo largo de los ejes en las zonas próximas al origen de coordenadas.

La **Fig. 1B** representa la distribución de las muestras de teja estudiadas, respecto a los factores anteriormente considerados. Se observa en ellas una ordenación similar a la presentada por las antefijas. La mayor parte de ellas se localiza en el cuadrante inferior derecho, dominando en su composición cuarzo y feldespato-Ca, Na (Tablas 6, 7 y 8). En este grupo destaca la muestra 3 de Ampurias por su elevado contenido en feldespato-Ca, Na (Fig. 1B; I). La presencia de ilita nunca sobrepasa el 10 %

Hay que hacer notar que en este grupo de tejas solamente las de Tarraco (8, 43, 46, 52) y las de Ampurias (15, 19), coinciden en composición con sus antefijas correspondientes.

En las Tablas 9 y 10 se agrupan las tejas que se sitúan en la parte positiva respecto al Factor 3. Tienen una composición con predominio de feldespato-K y cuarzo.

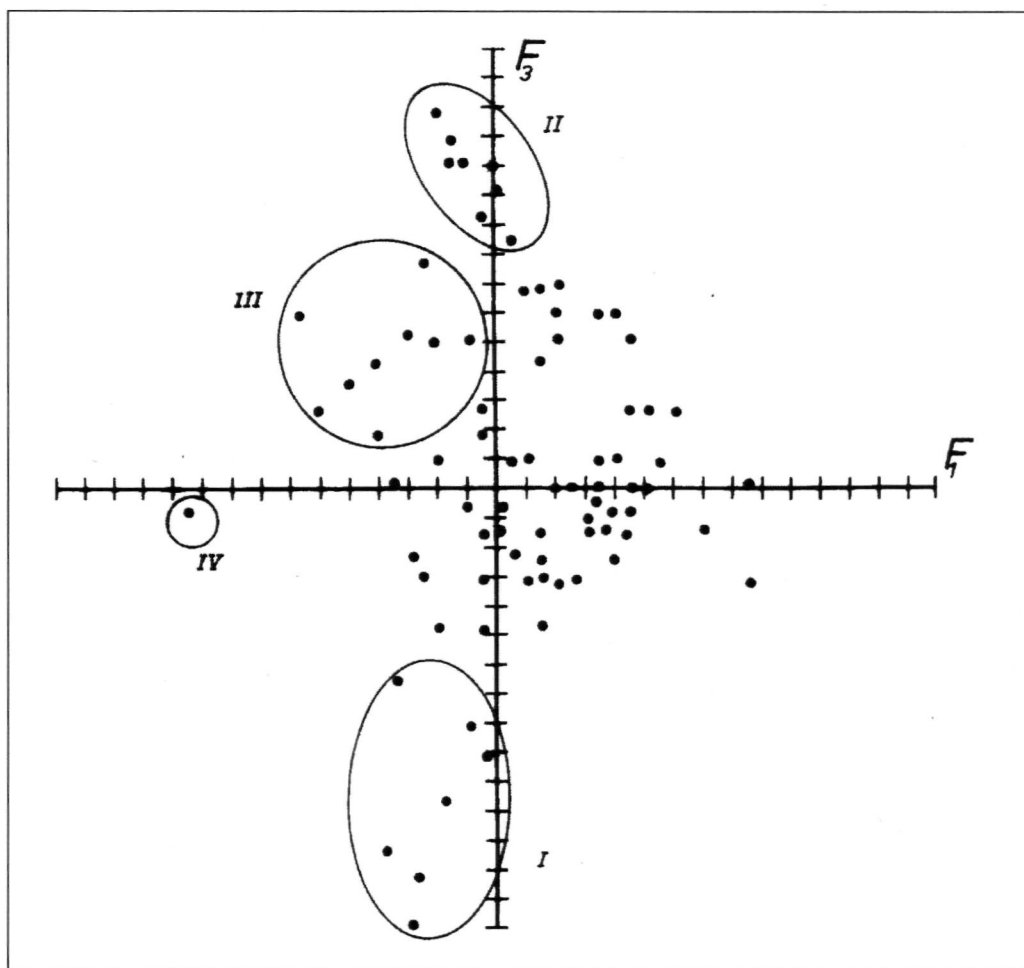


Figura 1A.- Distribución de antefijas según los factores F1 y F3.

La muestra 1 de Gerona (1) presenta un alto contenido en feldespato-K (Fig. 1B; II). En este grupo las tejas 15 y 16 de Tarraco coinciden en composición con sus respectivas antefijas. Las muestras 16 y 53 B de Tarraco destacan por su alto contenido en carbonatos (Fig. 1B; III).

La teja 12 de Tarraco está formada por 83,68 % de cuarzo y 16,32 % de carbonatos.

En la teja 2 de Ampurias cuya composición es de 82,09 % de cuarzo, 2,05 % de feldespato-

---

(1) Aunque hemos recogido diversas muestras provenientes del Museo Arqueológico de Gerona, y en los listados figuran con dicha denominación, hay que tener en cuenta que dichas piezas proceden todas de la ciudad romana de Ampurias.

K, 2,70 % de feldespato-Ca, -Na, 4,62 % de ilita y 8,53 % de carbonatos, se presentan los dos tipos de feldespatos.

Las dos muestras de argamasa de Tarragona (1 y 8, fig.1C), son similares respecto al Factor 1, dominando el carbonato; se separan respecto al Factor 3, ya que la muestra 8 estaría formada por feldespato-Ca,-Na y la 1, por feldespato-K. Cabe destacar que mientras la muestra 8 tiene una composición similar a sus correspondientes teja y antefija varía la proporción de los componentes de una a otra. En el caso de la argamasa, los componentes son distintos a los de su correspondiente antefija 1 (Fig. 1A, I).

En cuanto a los engobes (Fig. 1C), todos se agrupan respecto al Factor 1 en su parte negativa, con claro predominio de carbonatos en su composición. Se tiene que destacar la presencia de sulfatos, yeso y anhidrita en los engobes de Tarraco 2 y 45.

## CONCLUSIONES

Se pueden agrupar las muestras estudiadas atendiendo a su composición de feldespatos, en tres grupos, dependiendo de que presenten sólo feldespato-K (ortoclasa), feldespato -Ca,-Na (plagioclasa), o ambos tipos a la vez, indicando este hecho un material originario diferente. Dichos grupos incluyen tanto muestras de distinta localización geográfica, como de diferente ubicación dentro de la misma pieza.

Cabe destacar el hecho de que no siempre la antefija y su teja tienen el mismo material de origen. En Ampurias de 7 terracotas completas (con antefija y teja) analizadas, se observa que 4 fueron realizadas con el mismo material de origen, presentando en su composición feldespatos del tipo de las plagioclasas, mientras que en las 3 muestras restantes se utilizaron indistintamente plagioclasas y ortoclasas, en la antefija o la teja.

En Tarragona de 12 terracotas completas, en 6 de ellas (8, 15, 19, 43, 46 y 52) tanto la antefija como la teja procedían del mismo material de origen, se componían de feldespato-Ca,-Na, y en las otras 6 (11, 12, 14, 16, 49 y 53), de materiales diversos, plagioclasas (feldespato-Ca, -Na) y ortoclasas (feldespato-K).

Así pues de todas las antefijas analizadas en Ampurias (32), 11 tienen ortoclase en su composición y 21 tienen plagioclase, mientras que de las 17 tejas, sólo 3 tienen ortoclase y el resto plagioclase. En Tarragona de las 54 antefijas estudiadas 27 tienen ortoclase y 27 tienen plagioclase; de las 11 tejas analizadas, 4 tienen ortoclase en su composición y 7 plagioclase.

Por todo ello no puede confirmarse la hipótesis de que siempre se utilizaran las mismas composiciones mineralógicas en las antefijas o en las tejas de una misma terracota arquitectónica.

La mayor o menor abundancia de cuarzo, sobre todo en distintas partes de una misma pieza, podría ser indicativo de este mineral como desgrasante.

Esto se comprueba en la muestra 43 de Tarraco, formada por 64,06 % de cuarzo y 35,94 % de carbonatos.

De 8 engobes analizados, todos excepto 2 presentan en su composición carbonatos, lo que demuestra que el engobe dado a la pieza consistía en una simple lechada de cal. Las 2 excepciones (Tarraco, 2 y 45) presentaron además de carbonatos, sulfatos, es decir yeso y anhidrita, por lo que cabe suponer que el 2 con un -67,14 % de anhidrita y tan sólo 0,98 de yeso, extraído de la cara interna de la antefija, debió de haber estado fuera del contacto con la atmósfera pues no ha podido hidratarse, sin embargo el 45 con presencia de yeso (35,41 %) y sin anhidrita, sí debió de estar en contacto con el aire ya que pudo hidratarse.

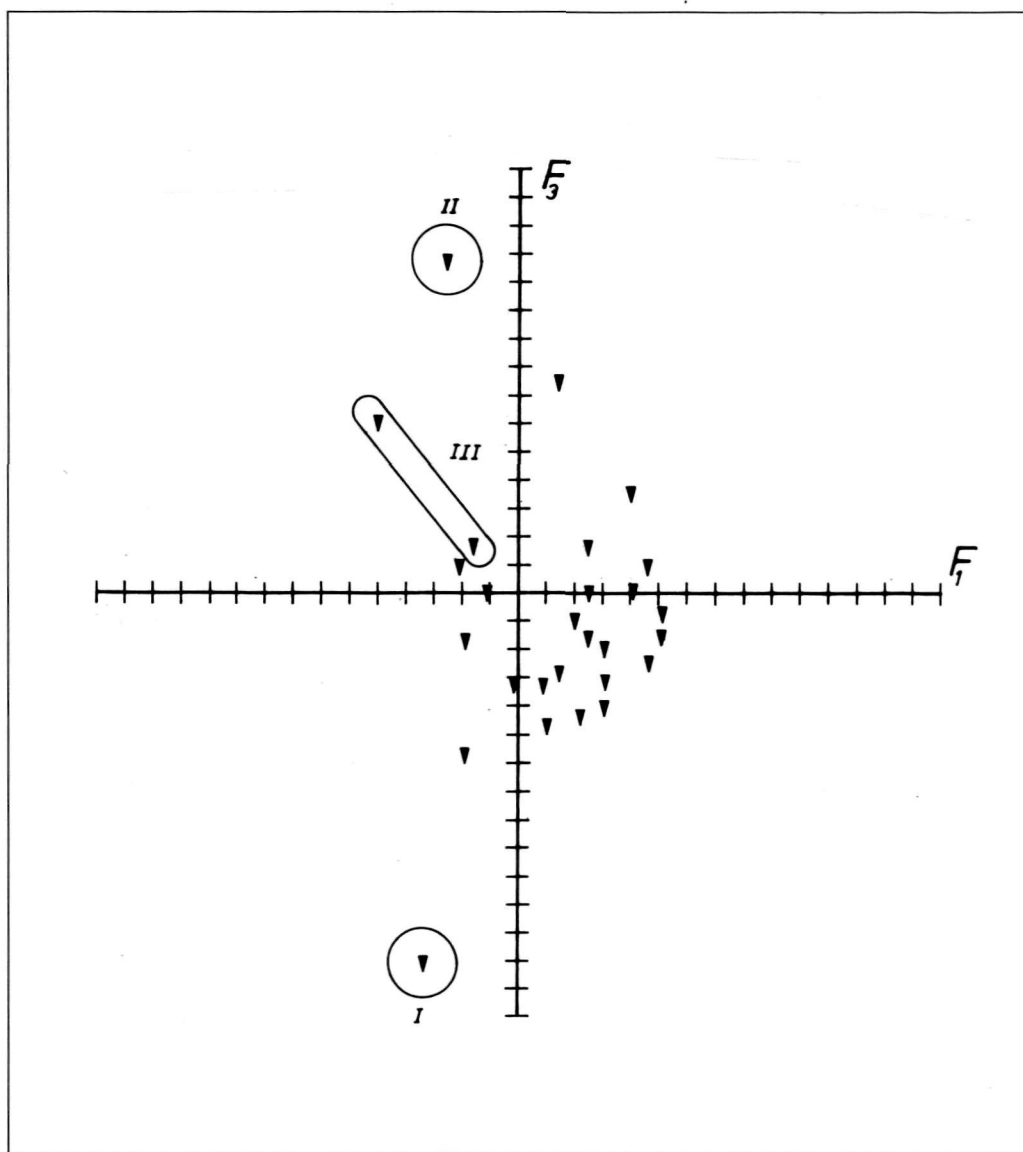


Figura 1B.- Distribución de tejas en función de los factores F1 y F3.

La presencia de carbonatos en las muestras, indica que la temperatura de cocción de estas piezas, en ningún caso superó los 905° C, que es la temperatura de destrucción de los mismos. Sin embargo la presencia de ilita en algunas muestras indica, que en ellas, el tratamiento de cocción no superó los 1000° C. Finalmente si coexisten ambos elementos en una misma pieza, ello indicaría que esta no ha superado la temperatura más baja.

## AMPURIAS

### **No superaron los 1000° C:**

Antefijas, 21

Lastras, 1

Tejas, 7

### **No llegaron a los 905° C:**

Antefijas, 12

Tejas, 9

## TARRACO

### **No superaron los 1000° C:**

Antefijas, 21

Tejas, 7

Engobes, 0

### **No llegaron a los 905° C:**

Antefijas, 33

Tejas, 5

Engobes, 9

Argamasas, 2

Desgrasante, 1

En la actualidad estamos haciendo una serie de análisis químicos a cada familia de piezas que tienen la misma composición mineralógica , para obtener los oligoelementos propios de cada grupo y así poder determinar los elementos traza, que serán los que nos ofrezcan las diferencias más visibles entre unas piezas y otras.



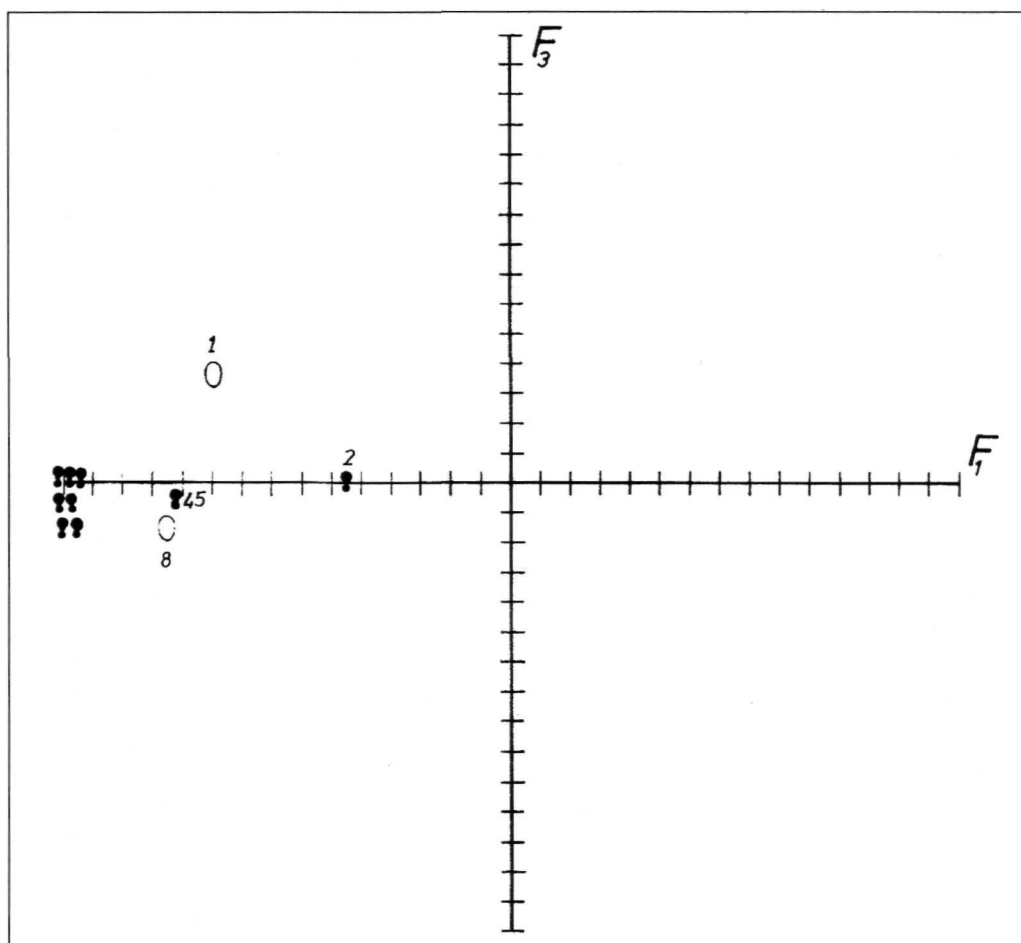


Figura 1C.- Distribución de Argamasa (0) y engobe (●), según los factores  $F_1$  y  $F_3$ .

<b>Nº MUESTRA CARBONATOS</b>	<b>CUARZO</b>	<b>FEDP-Ca, Na</b>	<b>ILITA</b>	
1	50,47	37,27	—	12,26
2	51,01	10,34	7,01	31,64
3	75,87	8,82	—	15,31
5	43,85	29,90	—	26,25
6	57,72	15,13	—	31,16
8	69,07	18,19	3,08	8,94
9	60,24	23,80	—	15,96
16	64,68	21,71	—	10,61
21	53,73	15,04	—	31,23
23	64,54	17,69	—	17,77
25	65,30	6,36	—	28,34
26	75,40	8,34	6,16	10,10
27	89,82	6,53	—	6,65
29	73,45	20,16	—	6,39
30	80,13	5,77	—	14,10
32	80,48	10,22	2,84	6,46
34	68,90	13,64	—	17,46
35	42,23	34,00	6,21	17,56
37	26,62	3,05	0,57	69,76
38	82,12	13,75	1,98	2,15
42	88,93	4,87	1,93	4,27
43	53,50	13,16	—	33,34
46	65,45	11,21	6,59	16,75
48	77,38	13,74	2,78	6,10
52	64,18	4,96	3,51	27,35
53-A	56,64	4,08	5,85	33,47
53-B	62,41	8,47	11,50	23,62
54	72,20	5,27	6,64	15,89

**TABLA -1.** Antefijas de Tarragona con Cuarzo y Feldespato-Ca, Na

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-Ca, Na	ILITA	CARBONATOS
2	77,88	4,31	5,74	19,53
6	74,00	8,24	4,59	13,17
7	78,37	4,02	7,18	10,43
8	67,57	9,92	—	23,51
9	78,77	6,04	5,04	10,13
11	31,75	51,45	—	16,80
13	80,84	6,75	3,80	8,61
15	88,73	10,06	—	1,21
18	74,96	20,09	—	4,95
19	65,02	11,40	4,03	19,55
20	70,62	16,15	2,21	11,02
22	72,17	16,74	3,10	7,99
23	34,01	56,06	—	9,93
24	69,64	3,62	20,43	6,31
29	38,01	45,05	3,16	13,78
30	71,62	5,35	6,49	16,54
31	70,95	23,42	—	5,63
32	22,95	66,05	2,77	8,23
33	54,02	21,67	—	24,31
36	72,89	4,47	5,64	17,00
37	83,24	4,05	4,22	8,49

**TABLA-2.** Antefijas de Ampurias con Cuarzo y Feldespato-Ca, Na

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-K	ILITA	CARBONATOS
4	78,82	4,18	15,05	1,95
7	55,16	34,58	—	10,26
10	53,65	31,92	—	14,43
11	46,55	15,18	—	38,27
12	82,90	5,80	3,73	7,57
13	50,40	36,90	—	12,70
14	59,88	15,81	—	24,31
15	80,56	14,44	—	5,00
17	32,12	22,27	—	45,61
18	49,05	26,00	—	24,95
19	38,05	45,44	1,08	15,43
20	89,32	5,40	—	5,28
22	33,21	23,31	—	43,48
24	46,51	39,35	—	14,14
28	69,52	2,04	1,88	26,56
31	51,68	3,82	—	44,50
33	60,00	27,27	—	12,73
36	84,10	13,75	—	2,15
40	56,37	15,73	—	27,90
41	35,88	44,48	4,20	15,44
44	73,44	10,36	—	16,20
45	66,05	21,99	—	11,96
47	66,70	7,26	—	26,04
49	52,23	15,46	—	32,31
50	41,04	8,43	—	50,53
51	66,58	6,79	—	26,63
53-C	57,43	6,96	4,71	30,90

**TABLA-3.** Antefijas de Tarragona con Cuarzo y Feldespato-k

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-K	ILITA	CARBONATOS
12	82,69	14,56	—	2,75
14	89,61	4,44	2,83	3,12
16	71,48	19,18	3,62	5,72
26	69,32	20,79	—	9,89
27	53,28	36,65	—	10,07
28	69,77	14,79	2,60	12,84
35-4-ASTRA	64,88	22,97	2,42	9,73

**TABLA-4.** Antefijas de Ampurias con Cuarzo y Feldespato-K

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-K	FEDP-Ca, Na	ILITA	CARBONATOS
5	69,90	7,41	6,94	6,87	8,88
10	84,09	3,48	4,82	—	7,61
17	71,56	5,73	6,87	—	15,84
21	73,7	4,03	4,62	5,06	13,02
34	67,48	3,74	4,63	4,77	19,38

**TABLA-5.** Antefijas de Ampurias con Feldespato-k y Feldespato-Ca, Na.

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-Ca, Na	ILITA	CARBONATOS
1	70,04	4,71	5,74	19,53
3	29,60	57,55	—	12,79
4	79,51	12,16	—	8,33
6	69,28	7,71	6,19	16,82
13	63,87	20,61	3,45	12,07
14	72,62	4,99	9,08	13,31
15	88,23	8,00	—	3,77
19	70,06	18,36	3,60	7,98
25	71,79	7,61	8,68	11,92
28	67,45	17,13	—	15,42

**TABLA-7.** Tejas de Ampurias con Cuarzo y Feldespato-Ca,Na.

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-Ca, Na	ILITA	CARBONATOS
2	52,03	26,69	—	21,28
3	70,89	16,16	2,69	10,26
4	72,40	19,55	—	8,05
6	51,58	23,52	—	24,90

**TABLA-8.** Tejas de Gerona con Cuarzo y Feldespato-Ca, Na.

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-K	ILITA	CARBONATOS
15	68,26	23,75	–	7,99
16	39,92	21,56	–	38,52
19	79,49	8,47	2,82	9,22
53-B	52,28	7,50	5,35	34,87

**TABLA-9.** Tejas de Tarragona con Cuarzo y Feldespato-k.

Nº MUESTRA	CUARZO	FEDP-K	CARBONATOS
1	40,53	42,42	17,05
5	73,79	16,53	9,68

**TABLA-10.** Tejas de Gerona con Cuarzo y Feldespato-k.

## BIBLIOGRAFIA

- BERMUDEZ MEDEL A., 1987. "Interés, problemática y metodología del estudio del material de construcción de tipo cerámico en la arquitectura romana de Tarraco". *Congreso Nacional de Arqueología* (Islas Canarias, 1985) Zaragoza, 923-932.
- BMDP, 1983: *Statistical Software printing with Additions*, University of California Press.
- CAMPANA.G.P, 1842: *Antiche opere in Plastica scoperte, raccolte e dichiarate*, Roma.
- DUPRE, X., 1982: "Terracotas arquitectónicas", *Bibliotheca Italica*, 17 (Monografías de la Escuela Española de Historia y Arqueología de Roma), 131-195.
- GALLART MARTI, M. D, 1977: "Las cerámicas de Sagunto y su relación con la geología de la zona", *Saguntum*, 12, 73- 83.
- GALVAN GARCIA, J.R Y GALVAN MARTINEZ. R, 1987: "Estudio mineralógico de cerámicas procedentes del llanete de los moros (Montoro, Córdoba)", *Excavaciones Arqueológicas en España*, 151, 270- 278.