ESTUDIO ARQUEOMETRICO DE CERAMICAS ARQUEOLOGICAS DEL TORRELLO DEL BOVEROT (ALMASSORA, CASTELLON)

*G. Clausell *, F. Fernandez **, M.M.Jordan **, T. Sanfeliu***

RESUMEN

En este trabajo se ha estudiado la composición química y mineralógica de una serie de fragmentos cerámicos procedentes del yacimiento del Torrelló de Almassora, con la intención de formar grupos arqueológicamente homogéneos mediante el empleo de técnicas estadísticas multivariantes.

Así pues, se pretende analizar la relación entre la composición química y mineralógica de los fragmentos y su pertenencia a un período histórico determinado.

Finalmente cabe decir, con vistas a determinar el posible origen local de algunos de los fragmentos estudiados, que se analizaron muestras de arcilla extraídas de un lugar próximo al poblado de Torrelló. De esta forma se pudo llegar a diferenciar de forma estadística los fragmentos que con mayor probabilidad tenían un origen autóctono.

Abstract

In this work we have studied the chemical and mineralogical composition of a serios of fragments of pottery from the deposit of the Torrelló of Almassora, with the finality of forming archaeologically homogenic groups by means of using multivariant statistic techniques.

So, we pretend to analyze the relationship between the chemical and mineralogical composition of the fragments and their belonging to a determined historical period.

Finally, we have to say, in order to determine the possible local origen of some the studied fragments, that we have analyzed samples of clay taken from a place near the Torelló built-up area. So we could different in a statistic way the fragments which, with major probability have an authochton origin.

* Museo Municipal d´Almassora.

** Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Jaume I de Castellón.

1. INTRODUCCIÓN

La historia de la investigación arqueológica, con medios científicos se remonta al siglo XIX, donde químicos de gran prestigio como Faraday, Berzelius y Davy realizaron estudios químicos sobre objetos arqueológicos. Los primeros análisis cuantitativos se deben a M.H. Klaprotz, que analizó monedas, objetos de latón y vidrios antiguos. Una aportación al estudio de pigmentos antiguos y pinturas murales romanas fue realizada por Sir H. Davy, quien también trabajó en los problemas de conservación de papiros.

Es sin embargo, en el primer cuarto de siglo XX, cuando tuvo lugar el verdadero empuje de las técnicas arqueométricas, desarrollándose los principios, ideas y conceptos pioneros en este campo. Debido a la gran evolución que han sufrido las técnicas analíticas en los últimos años, la química arqueológica ha experimentado un gran desarrollo, habiéndose aplicado prácticamente todas las técnicas de análisis (García Heras 1994, 26-35) en la resolución de problemas arqueológicos.

En el presente trabajo se ha efectuado un estudio mineralógico y químico, de una serie de fragmentos cerámicos arqueológicos, procedentes del poblado protohistórico del Torrelló del Boverot, Almassora (Castellón).

En el análisis mineralógico se empleó la técnica de rayos X, obteniendo interesantes conclusiones sobre la procedencia de ciertas muestras.

El análisis químico de los fragmentos cerámicos se realizó mediante espectroscopía de absorción atómica y FRX, al mismo tiempo que se analizaron muestras de arcilla cocida, tomada de un yacimiento cercano, para estudiar la posible procedencia de las muestras arqueológicas.

Dado que resulta muy complejo, sino imposible, establecer relaciones teóricas entre la composición original de una arcilla y la del objeto final obtenido, hubo que recurrir a técnicas estadísticas de análisis multivariante, (Cuadras, 1982) que permitieran tratar el problema en términos de probabilidad.

Así pues, con el uso de estas técnicas, se confirmaron algunas de las observaciones realizadas mediante DRX, además de permitir la comparación entre los fragmentos arqueológicos y las muestras de arcilla cocida, en el estudio de la procedencia de dichos fragmentos. Finalmente se pudieron agrupar las muestras en

grupos arqueológicamente homogéneos con un elevado porcentaje de probabilidad. El estudio se realizó en dos fases, en la primera se seleccionaron 28 muestras de origen variado procedentes del Torrelló de Almassora (Muestras G), intentando abarcar el mayor número de pastas y grupos arqueológicos, con el menor número de muestras, para que en un primer acercamiento a estas técnicas estadísticas se esbozaran los grupos presentes.

De estas tan sólo un total de 11 fueron analizadas por absorción atómica, con las cuales se obtuvieron unos resultados, a los que se aplicó un análisis de reducción de variables conformándose varios grupos. Para comprobar que estos resultados eran correctos se realizó un análisis cluster que confirmase los grupos formados.

De estas forma se obtuvieron las muestras que formaban los núcleos de los grupos que posteriormente se verían ampliados en la 2º fase del estudio. Hay que decir que en esta primera fase no se obtuvo ninguna muestra que se clasificase junto a las muestras de arcilla cocida extraídas de un yacimiento próximo a la excavación, por lo que en principio hubo de suponerse que todas las muestras seleccionadas en esta 1ª fase eran de exportación, enlazando algunas (fenicias a torno) con las muestras publicadas de Guadalorce (Ruiz et allíi, 1988-89, 205-219).

Una vez se vieron los grupos formados se escogieron otras 41 muestras (F), que pertenecían según criterio arqueológico, a cerámicas a mano y a torno, entre estas últimas destacaban, según las pastas, las cerámicas fenicias, a fin de poder perfilar mejor los grupos formados en la primera fase de estudio estadístico y que este fuese más fiable.

Seguidamente, se procedió al estudio de las muestras de forma análoga a como se había realizado en la 1ª fase, pero con una cierta seguridad en los resultados que se iban a obtener. A pesar de esto, tras el análisis estadístico preliminar de los resultados hubieron de eliminarse algunas muestras por no adaptarse a los grupos mayoritarios formados, aunque el número de muestras eliminadas hubiese sido mucho mayor de no haberse realizado la primera fase del estudio, que permitió seleccionar de manera más certera las muestras para la 2ª fase.

En esta 2ª fase si se obtuvieron algunas muestras que fueron clasificadas en el análisis cluster y de reducción de variables como muy próximas a la muestras de arcilla cocida, por lo que hubo que añadirse un grupo supuestamente local, dada la similitud de composición de las pastas.

En la exposición del trabajo experimental que se hace a continuación se ha optado por presentar las dos fases del estudio separadas en cuanto al DRX y en el análisis químico y unido en la parte estadística, a fin que resulte más sencillo y se reflejen con mayor claridad los grupos formados.

2. DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

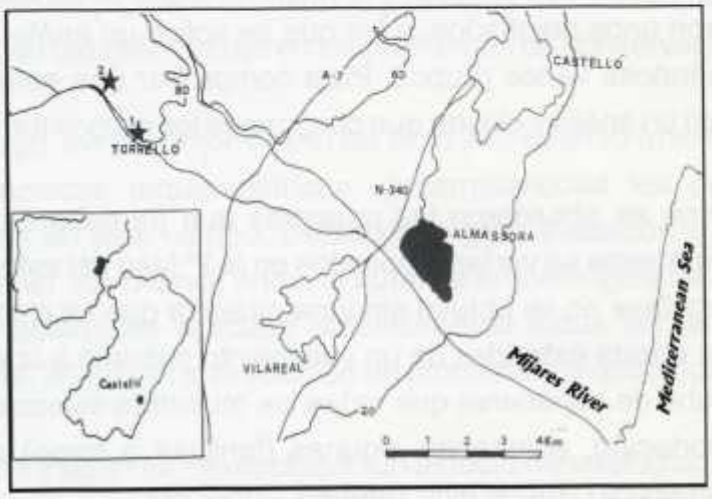


Fig. 1. Situación geográfica del Torrelló de Almassora, en la provincia de Castellón. (1) marca la localización del yacimiento del Torrelló y (2) marca la localización del yacimiento arcilloso.

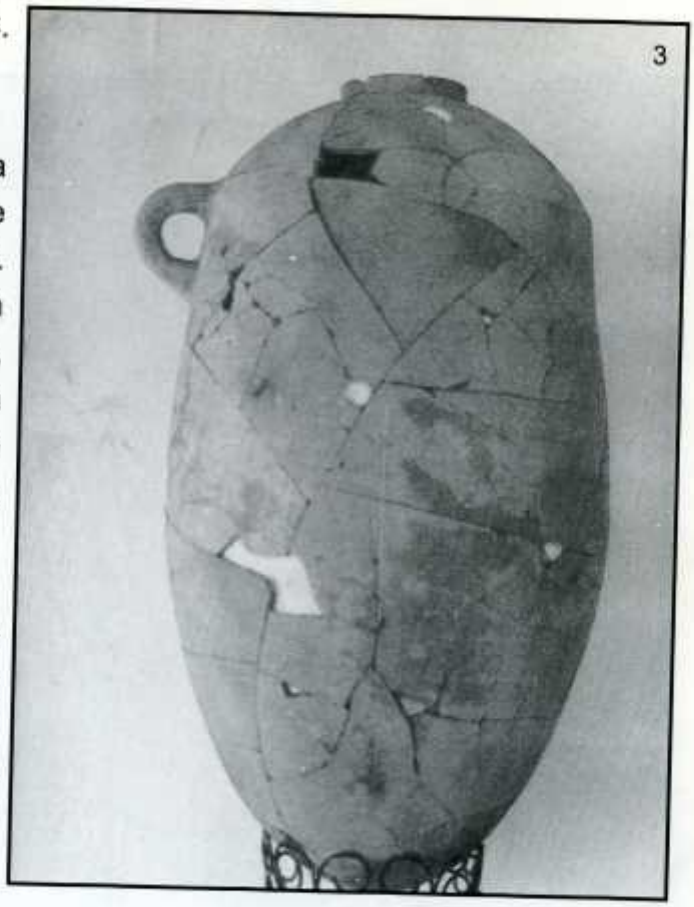
La descripción que se efectúo es totalmente visual y su datación está basada en un criterio arqueológico establecido a priori.

Muestra G1: Fragmento a mano de una pieza polípoda, decorada con incisiones y bruñida. Presenta una pared exterior gris oscura, con una pasta rojiza con pequeños núcleos de desgrasante. Bronce final, mediados o finales del s. VIII a.C. Foto 1.

Muestra G2: Fragmento a mano de una pieza carenada, siendo esta redondeada, de borde exvasado y base con umbo central. Presenta paredes bruñidas y pasta rojiza con finísimo desgrasante. Bronce final, mediados del s. VIII a.C. Foto 2.

Muestra G3: Fragmento a mano de una pieza carenada, con esta pronunciada a media altura y borde exvasado. Paredes interiores bruñidas y color negro y marrón claro. Periodo del Bronce Medio evolucionado, hacia el 1300 - 1200 A.C. (Clausell,1997, 22-24).

Muestra G4: Fragmento a mano de una cazuela de boca abierta y borde inciso. Tiene la pasta compacta con desgrasante blanco de mediano y gran tamaño. Periodo del Bronce Medio, hacia el 1300 - 1200 a.C. (Clausell, 1997, 22-24).



Muestra G5: Fragmento de una pieza de borde vuelto o bastante exvasado y forma redondeada. Paredes alisadas de tonos marrón claro. Tiene desgrasante mediano, posiblemente cuarzo y pasta compacta negra. Periodo del Bronce Medio, hacia el 1300 - 1200 a.C.(Clausell, 1997, 22-24).

Muestra G6: Fragmento a torno de un ánfora fenicia entera. Ofrece color claro exterior con pasta gris y puntos blancos de desgrasante. Primer tercio del siglo VII a.C.(Clausell, 1995, 94, fig. 2). Foto 3.

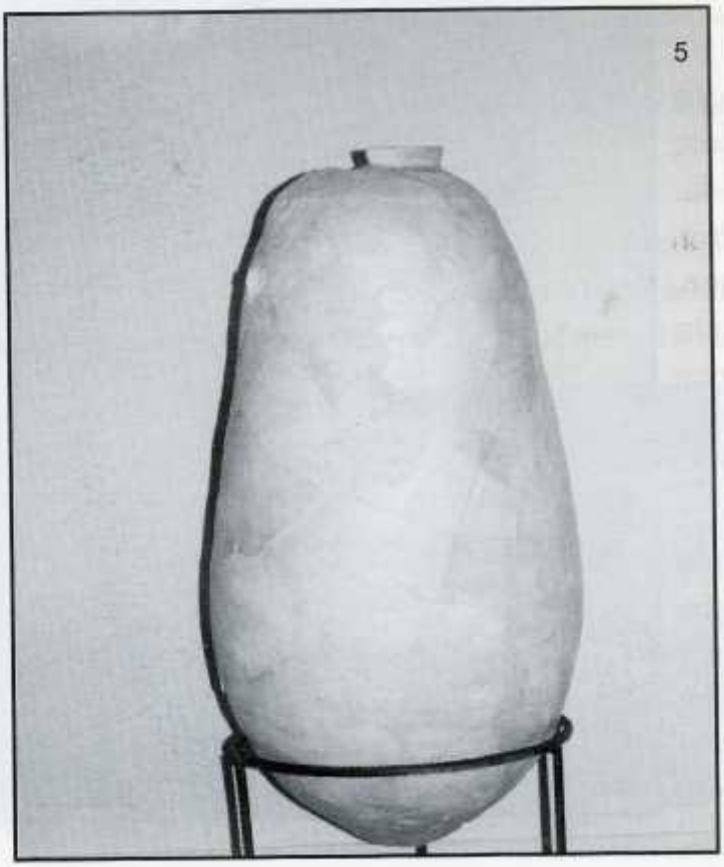
Muestra G7: Fragmento a torno de ánfora fenicia, con tonalidades marrón claras e interior grisáceas. Desgrasante mediano blanco (cuarzos y calcitas) y puntos negros (esquistos). Primer tercio del siglo VII a.C. (Clausell, en prensa), foto 4.

Muestra G8: Fragmento a torno de ánfora, quizá de Andalucía. Pasta marrón - rojiza y exterior acaramelado. Inicios del s. VI a.C. Nº inv. 9704. Foto 5.

4

Muestra G9: Cerámica a mano del Hierro I, último cuarto del siglo VII a.C. Presenta cara exterior rugosa, con pasta gris oscuro y desgrasante blanco.

Muestra G10: Fragmento a torno fenicio, corresponde a lo que se conoce como "Cruz del Negro". Aparecida en la Necrópolis del Torrelló. Pasta de tipo "Sandwich", gris interior y ocres o anaranjados en los exteriores, con abundante desgrasante esqistoso. Finales s. VII a.C.Inicios s. VI a.C. Foto 6.


5

Muestra G11: Fragmento a torno fenicio, de una *Pithoide*, de la Necrópolis del Torrelló. Ofrece decoración de bandas y filetes. Finales del s. VII a.C. Inicios s. VI a.C. Foto 7.

Muestra G12: Fragmento a torno Ibérico, perteneciente a una urna decorada de la necrópolis. Pasta compacta de color marrón clara que se convierte en grisá cea en el interior, con apenas desgrasante. Finales siglo III a.

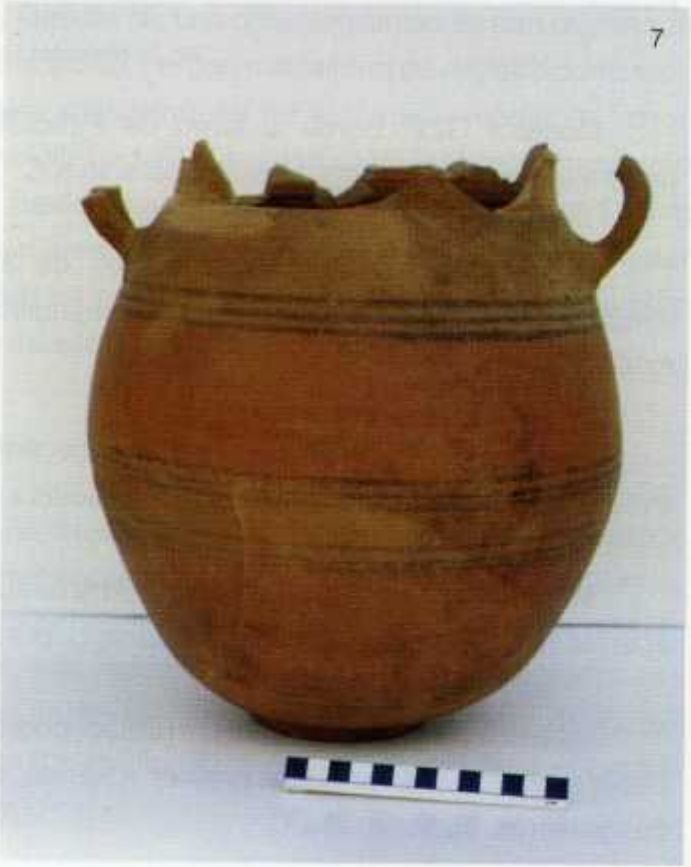
de C. o inicios siglo II a.C.

Muestra G13: Fragmento a torno Ibérico, perteneciente a una urna decorada de la necrópolis. Pasta compacta gris clara, donde el desgrasante es apenas perceptible. Finales siglo III a. de C., inicios siglo II a.C.

Muestra G14: Escoria, que finalmente no fue estudiada.

Muestra G15: Fragmento a torno de plato trípode fenicio. Pasta gris oscura con desgrasante de cuarzo y micas. Tiene las caras exteriores con un engobe verde aceituna.

Muestra G16: Borde a torno de *Pithoide*, con pasta clara acaramelada en el interior y rojiza en el exterior. Desgrasante calcáreo y esquistos, así como micas. Inicios del s. VI a.C.



Muestra G17: Fragmento a torno de borde de *Pithoide*, con pasta rojiza exterior y grisácea interior. Desgrasante blanco con puntos negros y también brillantes. Inicios del s. VI a.C.

Muestra G18: Fragmento a torno de ánfora. Pasta de *Sandwich*, rojizo en las caras externas y gris en el núcleo. Visiblemente se observa mica dorada, y tiene un engobe exterior amarillento. Inicios del s. VI a.C.

Muestra G19: Fragmento de ánfora fenicia. Pasta acaramelada con núcleo gris. Desgrasante muy visible a base de puntos blancos, esquistos y micas. Inicios s. VI a.C.

Muestra G20: Fragmento de ánfora fenicia, de pasta roja. El desgrasante es blanco con puntos brillantes de micas. Engobe exterior amarillento. Inicios del s. VI a.C.

Muestra G21: Fragmento a torno de ánfora fenicia. Exteriormente acaramelada y el interior rojizo con mucho desgrasante, blanco (cuarzo) y negro (esquistos), así como muchos puntos dorados (micas). Inicios del s. VI a.C. (Fig 2).

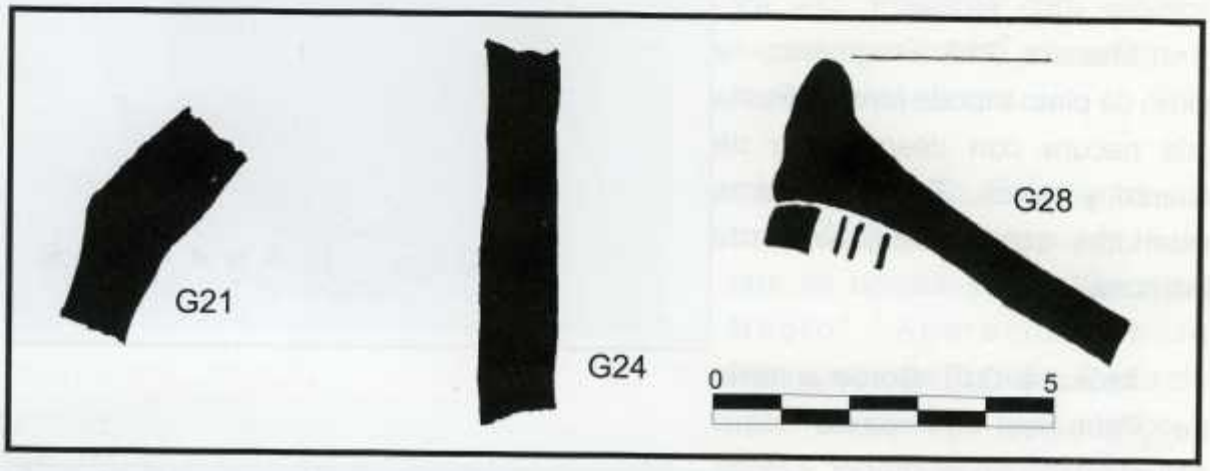


Fig. 2 - Materiales Fenicios

Muestra G22: Borde a torno de *Pithoide* fenicia. Pasta marrón oscura con desgrasante blanco y negro. Inicios del s. VI a.C.

Muestra G23: Fragmento a torno de ánfora fenicia. Pasta amarillenta con desgrasante blanco (cuarzo) y negro (esquistos), así como mica dorada. Paredes exteriores amarillentas. Inicios s. VI a.C.

Muestra G24: Fragmento a torno de ánfora fenicia. Pasta gris-verdosa, con exterior acaramelado e interior rosáceo. Inicios s. VI a.C. (Fig2)

Muestra G25: Borde a torno de ánfora fenicia. Pasta toda ella gris-verdosa, donde apenas se observa desgrasante, bastante depurada. Inicios s. VI a.C.

Muestra G26: Base a torno con umbo, podría ser fenicia e incluso ibérica del sur de España. Pasta interior gris y exterior rosáceo, con engobe amarillo, apenas aparece desgrasante. Inicios s. VI a.C.

Muestra G27: A torno, seguramente ibérica. Exterior marrón claro o acaramelada, e interior verdosa. Pasta verdosa muy depurada con algunas micas doradas. Posiblemente del sur-este. Siglo VI a.C.

Muestra G28: A torno Ibérica del sur, imitando plato trípode fenicio. Pasta "sandwich" roja con núcleo gris oscuro. Engobe exterior gris e interior negro. Pasta muy depurada. Inicios s. VI a.C. (Fig. 2).

3. ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X

3. 1. *Metodología*

A las piezas cerámicas procedentes del Torrelló de Almassora se las ha estudiado primeramente mediante un análisis mineralógico por difracción de rayos X (Boix et allii,1995). Para ello, se procedió a la trituración de las muestras y a su molienda manual en un mortero de ágata, reduciendo los fragmentos cerámicos a un polvo muy fino.

El registro de los diagramas de rayos X se ha efectuado en un difractómetro SIEMENS D-5000 usando radiación de Cu (40 KV, 20 mA, rendija de incidencia de 1mm, rendija de divergencia de 1mm y filtro de Ni. Los difractogramas se han registrado entre 5º y 70º, usando pasos de 0.05, tiempo de 1 s, con modalidad de registro continuo. La identificación de las fases minerales presentes se ha efectuado mediante fichas JCPDS, usando el paquete de softwarw Difrfract-AT. También se ha realizado un estudio semicuantitativo de cada una de las fases según los criterios expuestos por Chung (1976). Se trata, en realidad de un análisis semicuantitativo, que tiene un carácter orientativo para minerales que se hallan en porcentajes inferiores al 5%, pero de gran utilidad para el estudio comparativo de muestras de la misma procedencia.

3.2. Resultados y discusión

Se han estudiado un total de 28 muestras, que presentan una composición cualitativa bastante similar pero con importantes diferencias en el análisis cuantitativo. Las muestras poseen cuarzo como componente principal, fases micaceas con distinto grado de alteración en su red cristalina, feldespatos (potásicos y plagioclasas), hematites, calcita y en algunas de ellas, fases de alta temperatura (Párraga, 1996, 35) como pseudowollastonita y/o wollastonita, gehlenita o anórtita como fase originada durante el enfriamiento de la fase vítrea.

En la siguiente tabla se presentan de forma resumida los datos cualitativos de las fases minerales encontradas en las muestras analizadas, para establecer un cierto carácter cuantitativo se han establecido cuatro grados de abundancia, representando con cuatro estrellas las fases minerales de mayor abundancia y con una estrella las menos abundantes.

Muestra	Q	M	An	Plg	Hm	Cc	W
G1	***	-	**	*	*	*	-
G2	**	*	**	**	-	-	-
G3	****	-	-	-	-	***	-
G4	****	-	-	-	-	**	-
G5	**	*	-	-	-	***	-
G6	****	*	-	-	*	**	-
G7	****	*	**	-	*	*	-
G8	****	**	*	-	*	-	-
G9	***	-	-	-	-	***	-
G10	****	*	-	-	-	-	-
G11	****	-	*	-	*	*	-
G12	****	-	*	-	-	-	-
G13	***	*	*	-	-	-	-
G15	****	*	-	-	-	*	-
G16	****	*	***	-	-	*	-
G17	****	*	-	*	-	*	-
G18	***	*	**	-	-	-	***
G19	****	*	*	-	-	-	**
G20	***	-	**	**	*	-	-
G21[1]	****	*	*	-	-	-	-
G22	****	-	-	*	-	**	-
G23	**	-	-	-	-	*	-
G24[2]	**	-	*	-	-	-	-
G25	**	-	-	*	-	-	*
G26	****	-	*	*	-	-	**
G27	**	*	-	-	-	***	***
G28[3]	***	*	*	-	-	*	*

Tabla 1

Leyenda: Q = Cuarzo; M = Micas (Moscovita); An = Anortita; Plg = Plagioclasas; Hm = Hematites; Cc = Calcita; W = Wollastonita.

(1) Aparece Andalucita y Magnesita
(2) Aparece Sericita y Enstatita
(3) Aparece Gehlenita

Se ha realizado un estudio semicuantitativo por el método de las intensidades relativas, que nos ha permitido cuantificar los componentes principales. Otras fases características de muestras concretas no han podido ser cuantificadas debido a los solapamientos de picos que dificultan mucho el análisis cuantitativo y reducen sensiblemente su fiabilidad por lo que se ha optado por omitir datos numéricos porcentuales.

A continuación se representa una tabla con los porcentajes relativos de cada fase mineral correspondientes a una parte de las muestras analizadas:

Muestra	Q	M	An	Plg	Hm	Cc	W
G1	42	0	30	15	5	6	2
G2	25	22	8	38	1	0	6
G3	51	0,5	1,5	0	1	46	0
G4	67	2	1	1	4	25	0
G5	30	8	7	6	0	49	0
G7	72	2	9	1	7	2	7
G8	69	15	4	3	0	8	1
G9	41	0	1	2	3	53	0
G13	59	0	18	4	6	0	13
G16	38	3	41	0	2	15	1
G20	54	10	8	16	4	2	6
G22	74	6	0	2	0	17	1
G23	64	0,5	9	6,5	0	18	2

Tabla 2
Leyenda: Q = Cuarzo; M = Micas (Moscovita); An = Anortita; Plg = Plagioclasas; Hm = Hematites; Cc = Calcita; W = Wollastonita.

A la luz de los datos que se exponen en la tabla 2 se pueden extraer algunos comentarios relevantes. Así las muestras G3, G5 y G9 poseen contenidos en calcita superiores al 40%. Este hecho nos hace pensar que la materia prima empleada en la fabricación de estas cerámicas debía ser muy rica en carbonatos (margas, denominación dada para las arcillas con contenidos en carbonatos superiores al 35 %). Del mismo modo la muestra G4, posee un contenido en Calcita de alrededor del 25%, lo que indica que la materia prima fue una arcilla margosa (denominación dada para las arcillas con contenidos en carbonatos comprendidos entre el 20 - 35 %). Se ha

determinado, por el método Bernard el contenido en carbonatos de unas muestras de arcilla de un afloramiento situado muy próximo al río Mijares (39º 59´ 0´´ latitud, 3º 30´ 10´´ longitud), obteniéndose contenidos en $CaCO_3$ comprendidos entre el 30 - 60 %, esto podría hacer pensar que las muestras G3, G5 y G9 fueran fabricadas con arcillas cercanas al Torrelló.

El análisis mineralógico de estas arcillas por DRX dio contenidos importantes en Calcita, Cuarzo e Illitas.

Estas cerámicas, debieron ser sometidas a un sistema de cocción bastante rudimentario, en el cual, probablemente no superaron en ningún caso los 800ºC, ya que los carbonatos se mantienen intactos en los fragmentos analizados. La reacción de descomposición del carbonato cálcico se produce de manera decisiva hacia los 800ºC y no se completa hasta unos 950ºC o 1000ºC. Además, se producen las reacciones de formación de compuestos (férricos, silicatos, silicoaluminatos, etc) por acción de los constituyentes básicos más fusibles tales como álcalis y los óxidos de hierro que se encuentran más finos y mejor distribuidos alrededor de las partículas de sílice y alúmina. A estas reacciones concurren las cantidades siempre crecientes de calcio y de magnesio procedentes de los carbonatos. La intensidad de las reacciones que tienen lugar a temperaturas bajas es débil, pero está favorecida por el mayor número de óxidos básicos que componen la mezcla. A medida que aumenta la temperatura estas reacciones se intensifican y comienza la cementación de los granos. Al sobrepasar los 1000ºC, las pastas que contienen cantidades respetables de CaO y FeO funden rápidamente. Aunque puede, tratarse de cocciones rudimentarias en atmósfera reductora, la presencia de Hematites pone de manifiesto la existencia de corrientes de aire en el horno durante la cocción.

Otro hecho a tener en cuenta es el elevado contenido en cuarzo (> 70%) presente en las muestras G6, G7, G10, G11, G12, G15, G17, G19 y G22. La presencia de este alto porcentaje en cuarzo, no es usual en las arcillas naturales, por lo que nos hace pensar que existió una adición de arenas silíceas en la composición de pastas. Esta adición de desgrasante no puede considerarse como casual y tal vez era debido a la fabricación de recipientes cerámicos resistentes al fuego. La arena de Cuarzo realizaría un papel esencial en la resistencia de dichos recipientes al choque térmico evitando roturas indeseadas por calentamiento y enfriamiento continuado.

Si representamos en un diagrama de barras las muestras ordenadas según su

proporción de Anortita + Wollastonita, se podrá tener una idea de la temperatura de cocción a la que fueron cocidas dichas muestras, puesto que tanto la anortita como la wollastonita son fases que se forman a altas temperaturas.

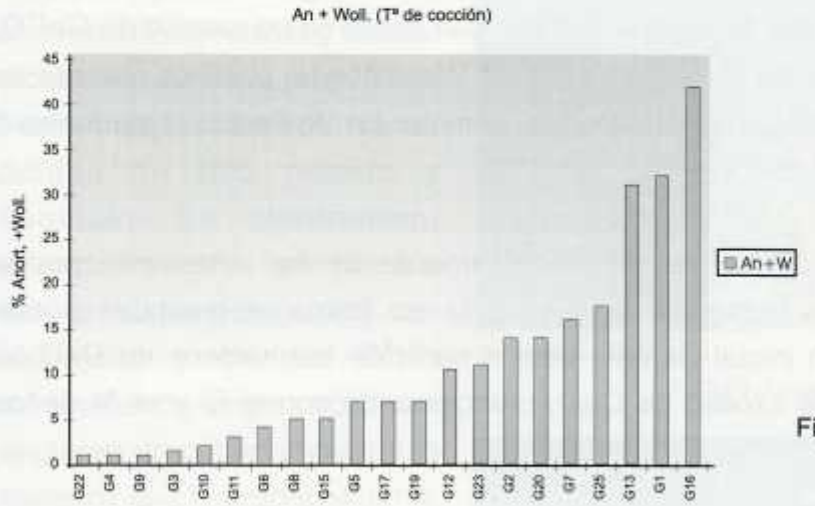


Fig. 3. Comparación de las Temperaturas de cocción.

Para finalizar hay que citar la existencia de unas muestras, cuyo análisis de pastas por DRX, nos ha llevado a considerarlas como especiales, por poseer una composición muy distinta de las anteriormente comentadas y además por existir fases minerales muy características y específicas de cada una de ellas.

La muestra G21 se caracteriza por la presencia de Andalucita (Al_2SiO_5), mineral que se forma típicamente en aureolas de contacto de intrusiones ígneas en rocas arcillosas.

La presencia de Andalucita indica que la cerámica estudiada es de importación (González Prats y Pina,1983,120-1,131), muy probablemente del sur de la península, área de producción cerámica. Además, esta muestra posee carbonatos no cálcicos en su composición, concretamente se ha detectado la presencia de Magnesita $(Fe,Mg)CO_3$. El resto de componentes es el habitual (Cuarzo, Illitas, Anortita).

La muestra G24, corresponde a una cerámica más evolucionada desde el punto de vista tecnológico. Este hecho, se pone de manifiesto por la presencia de Enstatita ($MgSiO_3$), que se forma hacia los 1000ºC. La presencia de MgO en las muestras hace que consideremos la presencia de Enstatita en la muestra G24. Otro hecho característico de esta composición es la destrucción total de la red cristalina de las micas para dar Sericitas (mineral de alteración resultado de la descomposición de las

moscovitas).

La muestra G27, corresponde a una cerámica de alta resistencia mecánica debido a su alto contenido de Wollastonita, fase de alta temperatura. La presencia de Calcita se puede explicar suponiendo que la materia prima inicial contenía un exceso de $CaCO_3$ parte de la cual se descompuso en la formación de Wollastonita, pero los núcleos de CaO que no reaccionaron se carbonataron nuevamente. La Wollastonita se forma a partir de una Tª superior a los 950 °C.

La muestra G28 se diferencia mineralógicamente de las anteriores por la presencia de Gehlenita. La presencia de Gehlenita en forma metaestable puede justificarse por la formación inicial de esta fase a partir de los núcleos de CaO, al encontrarse en una zona de exceso de CaO, reaccionando con el Si y el Al de los filosilicatos.

Para confirmar estas conclusiones se creyó conveniente realizar un análisis petrográfico de lámina delgada de estas muestras: G21, G24, G27 y G28.

En la muestra G21 se observó abundante desgrasante de pequeño y gran tamaño. La pasta estaba muy carbonatada y contenía mucha mica y carbonato residual. También se observaron fragmentos de rocas ácidas como granito y esquistos con andalucita. Foto 8.

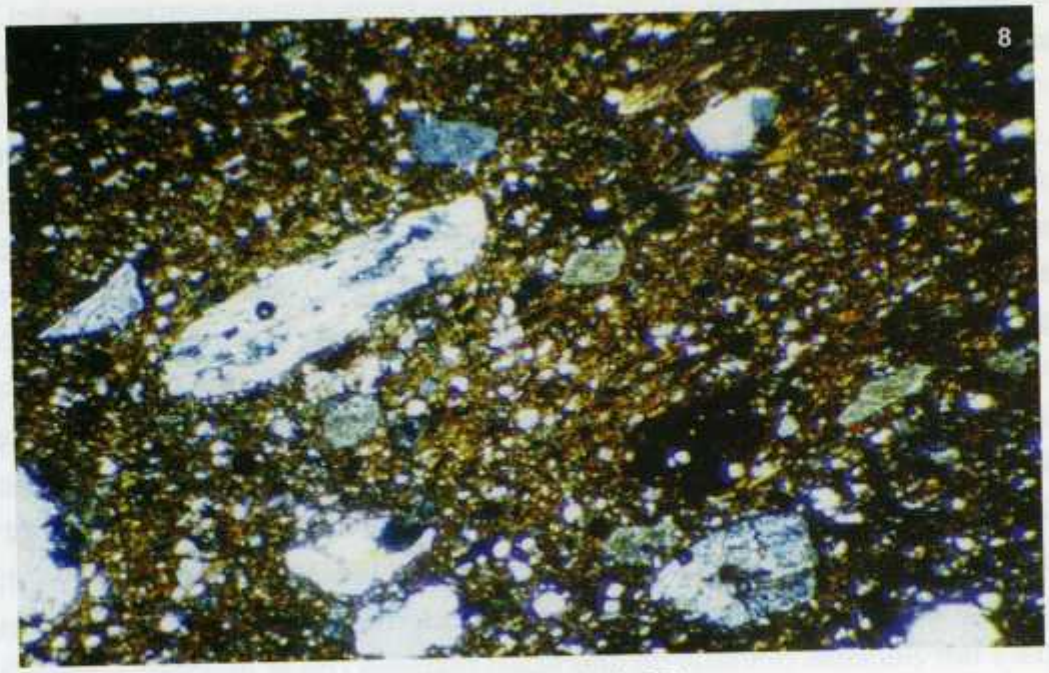


FOTO 8 - Lámina delgada G21

La muestra G24 también apareció muy carbonatada y con partículas orientadas. Registró poco desgrasante, con mucha moscovita y biotita-clorita en láminas muy finas. Tenia fragmentos de rocas ácidas de tipo granito y esquisto. Se observaron, además, cristales que pueden ser de augita (diopsido), con iddingsita y olivino. Estos minerales de origen volcánico sugieren un origen común a la muestra G-21, probablemente el Sur de la Península Ibérica. Foto 9.

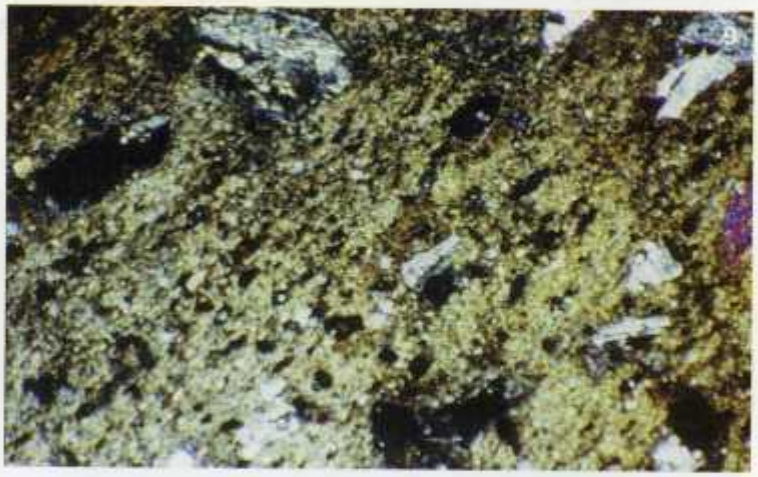


FOTO 9 - Lámina delgada G24

La muestra G27 contenía desgrasante muy fino y angulosos de cuarzo con fragmentos de calcarenita (con cuarcita y cuarzo), de gran tamaño. Se observa carbonato residual con restos fósiles de difícil clasificación. Mucha moscovita. Foto 10.

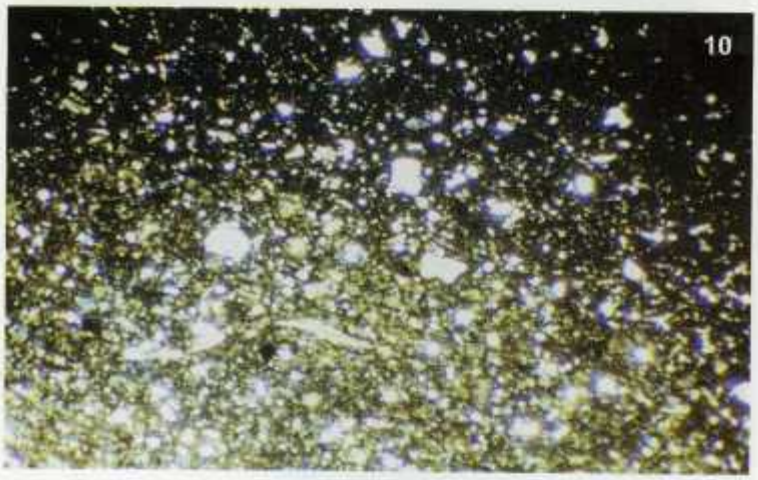


FOTO 10 - Lámina delgada G27

La muestra G28 es una pasta fina y con poco desgrasante de tamaño variable. Como en las otras muestras hay carbonato residual aunque también hay rellenado vacuolas. Foto 11.

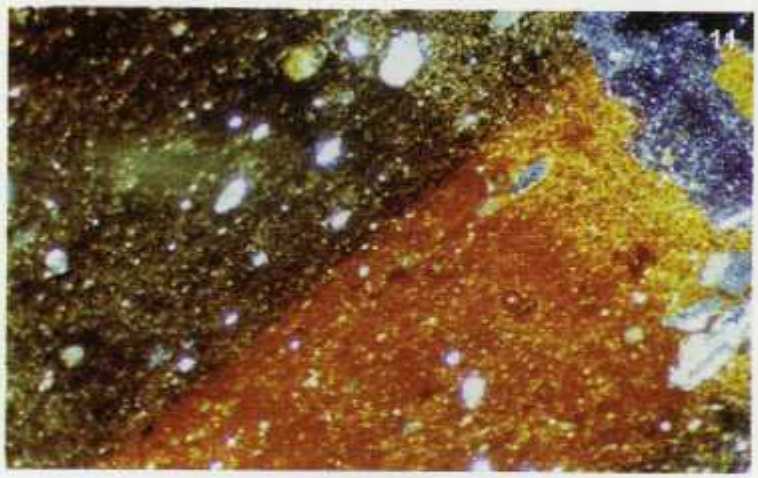
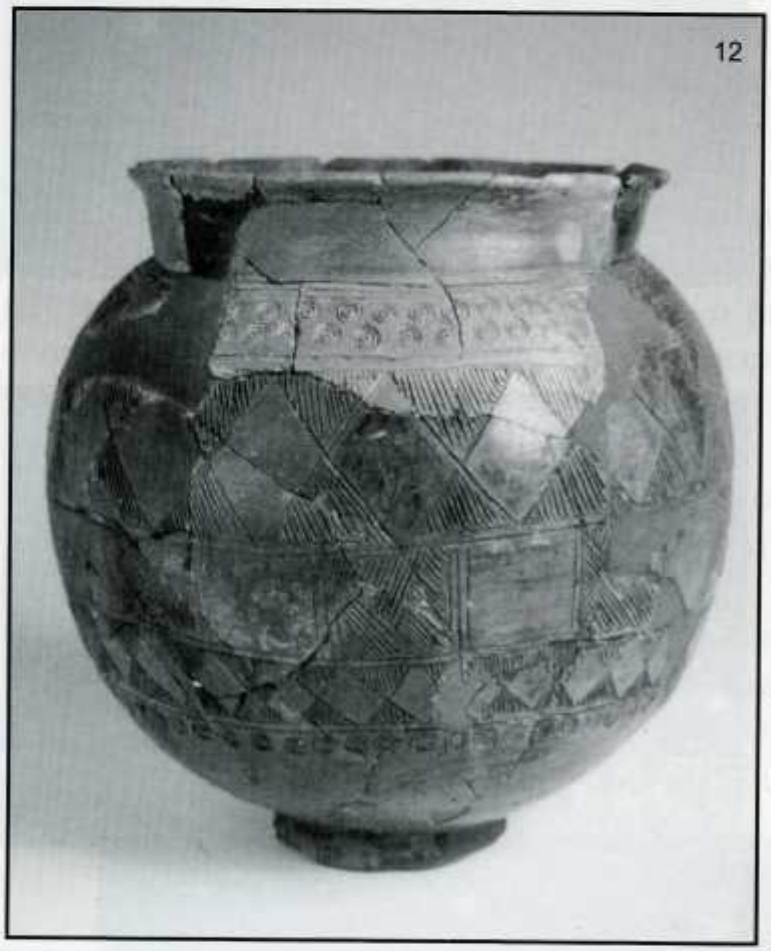


FOTO 11 - Lámina delgada G28

La proximidad de afloramientos de arcillas, al Torrelló de Almazora, hizo pensar en la probable utilización de esta materia prima en la manufactura de las piezas cerámicas estudiadas (Sanfeliu, 1991).

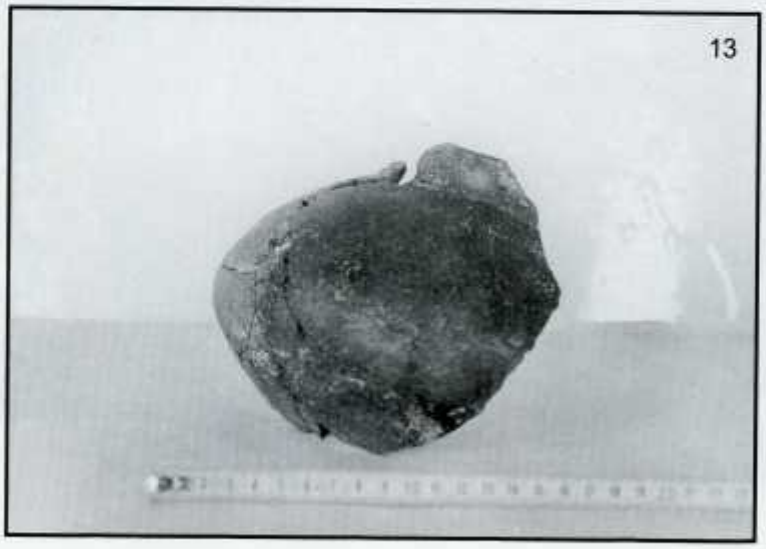

12

3.3. Segundo estudio.

Las siguientes muestras cerámicas, un total de 41, sirvieron como segundo estudio, lo cual llevó a matizar los primeros resultados y a visualizar grupos homogéneos y estables, así como a unificar todo como conjunto.

Muestra F1.- Cerámica a mano; Forma globular, bruñida toda ella y decorada con incisiones en su parte exterior así como impresiones. Hierro I. Inicios s. VII a.C. Nº 15581 (Clausell, en prensa). Foto 12.

Muestra F2.- Cerámica a mano, de forma troncocónica; paredes bruñidas y con un desgrasante muy fino. Hierro I. Mediados s. VII a.C. Foto 13.


13

Muestra F3.- A mano. Exteriormente está pulida y decorada con acanaladuras suaves y con el interior rugoso. Presenta abundante desgrasante blanco (cuarzos). Bronce Final. Mediados s. VIII a.C. Nº 31299. (Fig. 4).

Muestra F4.- Fragmento informe de cerámica a mano con mucho desgrasante y de gran tamaño. Bronce Final. Mediados s. VIII a. C. U.E. 228.

Muestra F5. A mano. Borde marrón claro, espatulado exteriormente y alisado interiormente. Pasta marrón con finísimo desgrasante blanco y puntos dorados (micas). Hierro I, inicios del s.VII. Nº 11783 (Clausell, en prensa). (Fig. 4).

Muestra F6.- A mano. Exterior marrón claro alisado y con incisiones recubiertas de pasta blanca. Interior marrón grisáceo, pasta porosa con finísimo desgrasante blanco y alguno dorado (micas). Hierro I, inicios del s. VII a.C. Nº 11788. (Fig. 4).

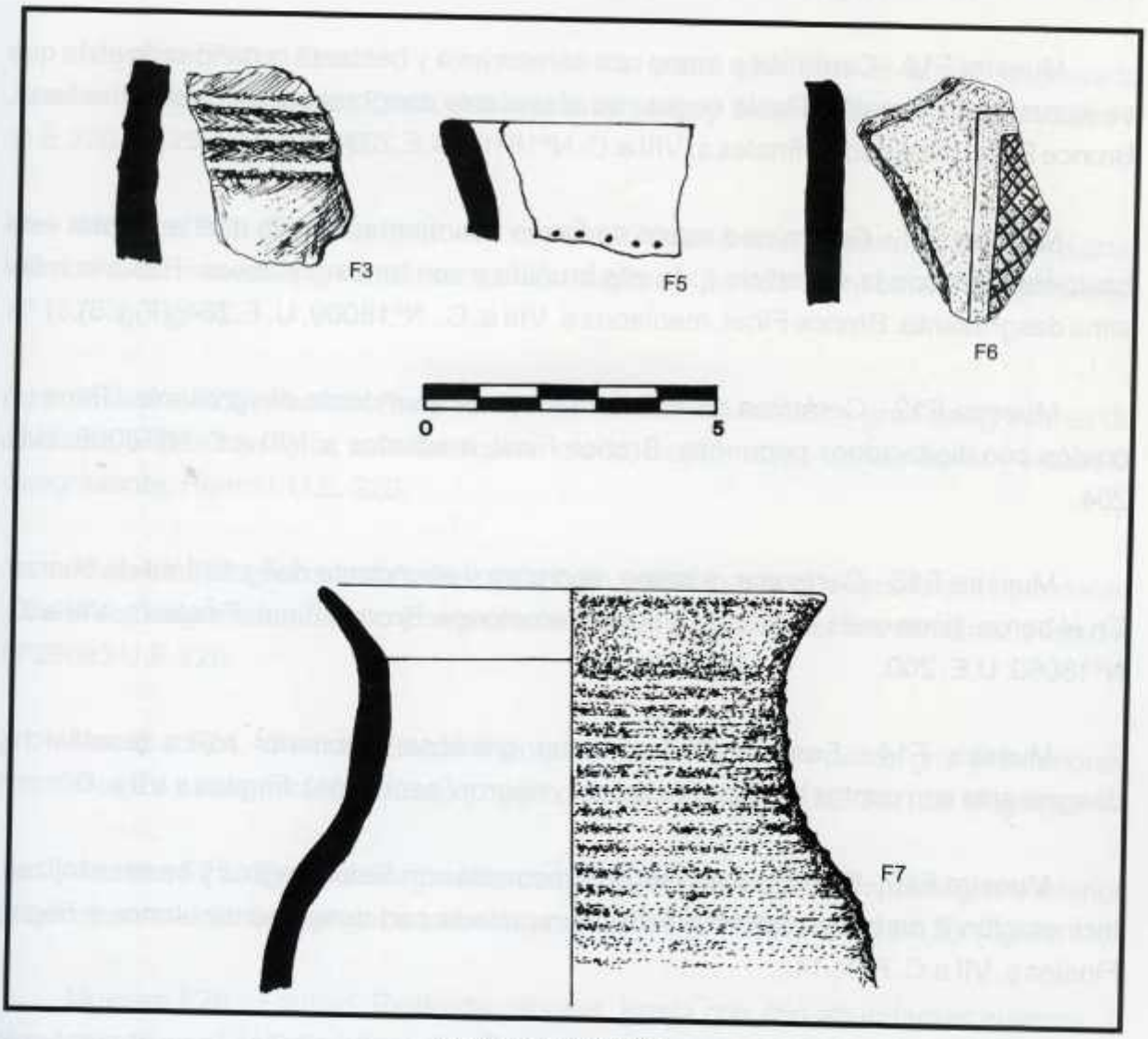


FIG. 4 - Materiales a mano.

Muestra F7.- Fragmento a mano. Bruñido exteriormente y con acanaladuras suaves, mientras que por su interior se encuentra espatulado. Desgrasante grande de cuarzo. Bronce Final. Mediados del siglo VIII a.C. Nº Inv.30662. U.E. 228. (Fig. 4).

Muestra F8 .- Cerámica a mano pulida, ofrece una carena decorada con incisiones muy finas. Pasta con desgrasante blanco y fino. Bronce Final, mediados siglo VIII a.C. Nº. 30.849 U.E.229. (Fig. 5).

Muestra F9.- Cazuela a mano decorada con incisiones y pseudo-excisiones. Pasta negra con finísimo desgrasante blanco. Exterior rojizo marrón (cocción reductora) y bruñido. El interior espatulado. Típica de Campos de Urnas. Inicios del s.VII. Nº11797. (Clausell, en prensa). (Fig. 5).

Muestra F10.- Cerámica a mano con carena baja y bastante redondeada en la que se incrusta un mamelón. Pasta negra con abundante desgrasante de cuarzo mediano. Bronce Final, mediados o finales s. VIII a.C. Nº18104 U.E.203. (Fig. 5).

Muestra F11.- Cerámica a mano de forma acampanada en la que la carena esta bastante baja, con la superficie toda ella bruñida y con tonos grisáceos. Pasta con finí simo desgrasante. Bronce Final, mediados s. VIII a. C. Nº18009. U. E.204. (Fig. 5).

Muestra F12.- Cerámica grosera a mano, con abundante desgrasante. Tiene un cordón con digitaciones pequeñas. Bronce Final, mediados s. VIII a.C. Nº18005. U.E. 204.

Muestra F13.- Cerámica a mano, con gran y abundante desgrasante de cuarzo. En el borde tiene unas incisiones y lleva mamelones. Bronce Final. Finales s. VIII a .C. Nº18060. U.E. 200.

Muestra F14.- Fenicia. Pasta interior grisácea y exterior rojiza (sandwich), desgrasante con puntos blancos (cuarzos) y negros(esquistos). Finales s.VII a. C.

Muestra F15.- Fenicia. *Cruz Negro*. Decorada con filetes negros y bandas rojizas. Incineración 2 de la necrópolis. Pasta acaramelada con desgrasante blanco y negro. Finales s. VII a.C. Foto 14.

Muestra F16.- Fenicia. Boca de ánfora. Pasta marrón rojiza, con desgrasante blanco y algunos puntos negros, exterior marrón claro e interior marrón rojizo. Inicios del

S.VI A.C. Nº 9688. (Clausell, 1995, 94, Fig.1)

Muestra F17.- Fenicia. Resto de ánfora casi entera, pasta totalmente gris, exterior con engobe verdoso e interior en color gris marrón, desgrasante blanco y negro, no muy abundantes. Hierro I, s.VII a. C. Nº9918

Muestra F18.- Fenicio. Borde de una *Pithoide* decorado en rojo. Pasta gris con abundante desgrasante blanco y negro. Pared exterior marrón claro, interior marrón oscuro. Hierro I. Nº9986.

Muestra F19.- Fenicio. Fragmento de plato gris refinado exteriormente, no se observa desgrasante. Hierro I, mediados s. VII a. C. Nº8000. (Fig. 6).

Muestra F20.- Fenicio. Fragmento de plato gris con el borde engrosado interiormente y decorado. Pasta gris con muy poco y finísimo desgrasante.. Hierro I. U.E.220. Nº 29705. (Fig. 6).

Muestra F21.- Fenicio- Ibérico? Fragmento de un borde de plato de cerámica gris, muy alisada interior y exteriormente, con algunos puntos blancos de desgrasante. Nº13753. (Fig. 6).

Muestra F22.- Fenicio. Fragmento informe con abundante y gran desgrasante de esquisto. Pasta roja -gris, exterior acaramelado, interior rojizo donde es muy visible el desgrasante. Hierro I. U.E. 220.

Muestra F23.- Fenicio. Informe pintado de *pithoi*, pasta gris oscura con abundante y finísimo desgrasante blanco y negro, interior marrón y exterior marrón claro. Hierro I. Nº29693 U.E.220.

Muestra F24.- Fenicio. Borde triangular de ánfora, con pasta gris y exteriores marrón rojizo y desgrasante blanco y negro. Hierro I. Nº13748 U.E.28-128. (Fig. 6).

Muestra F25.- Fenicio. Fragmento de borde alto de ánfora con pasta gris e interior gris. Exteriormente lleva engobe amarillento. Hierro I. Nº13747. U.E.28-128. (fig. 6).

Muestra F26.- Fenicio. Resto de *pithoide*. Pasta gris con abundantes cuarzos y esquistos. Hierro I. U.E.28-128.

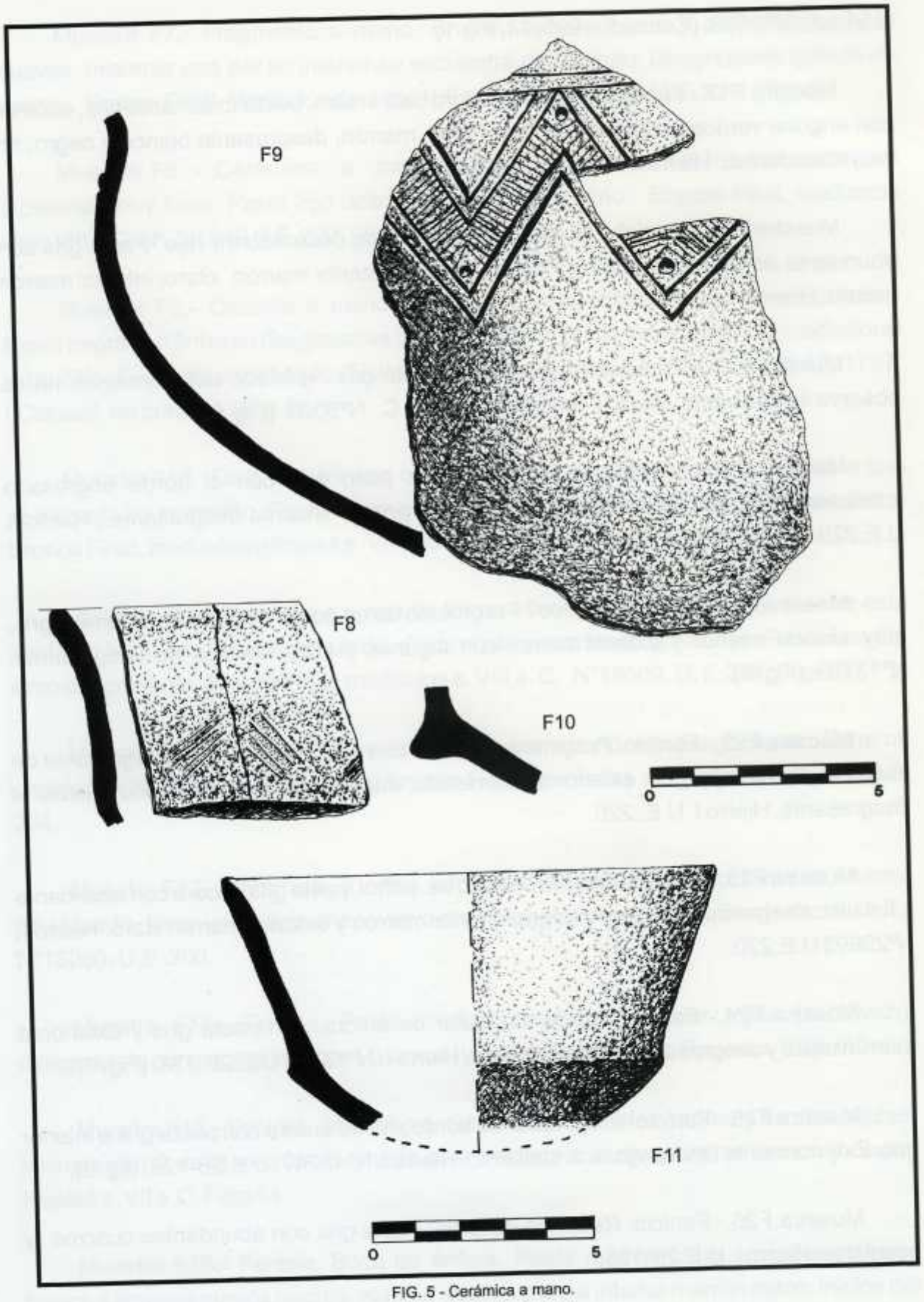


FIG. 5 - Cerámica a mano.

Muestra F27.- Fenicio. Fragmento de ánfora con pasta gris violácea con desgrasante de esquisto y calcita. En el exterior se le aplicado un engobe amarillento y en el interior marronaceo. Hierro I. Nº 29699. U.E.220.

Muestra F28.- Fenicio. Arranque del borde del ánfora. Pasta gris oscura, con el interior gris y el exterior presenta engobe amarillo. Hierro I. Nº31533 U.E.235.

Muestra F29.- Fenicio. Hombro de un ánfora con pasta gris verdosa con puntos blancos y alguno negro. S. VI a. de C.

Muestra F30.- Fenicio. *Pithoide* con pasta de sandwich, interior grisáceo y exteriores rojizos. La parte externa lleva engobe amarillento y sobre éste unos filetes. S.VI a. C. Nº 48871.

Muestra F31.- Fragmento fenicio o ibérico del sur? Pasta gris verdosa clara, interior amarillento y exterior rosado, desgrasante muy fino, casi inapreciable, lleva filete rojizo- marrón. Hierro I. Nº 9649.U.E.20.

Muestra F32.- Fenicio. *Pithoide* decorada de pasta gris oscura con desgrasante blanco y negro. Hierro I. U.E.28-128. Nº 13731.

Muestra F33.- Fenicio. *Pithoide* con resalte. Pasta gris con interiores y exteriores

marrón rojizo, abundante desgrasante blanco y negro. Hierro I. Nº 28046. U.E.216.

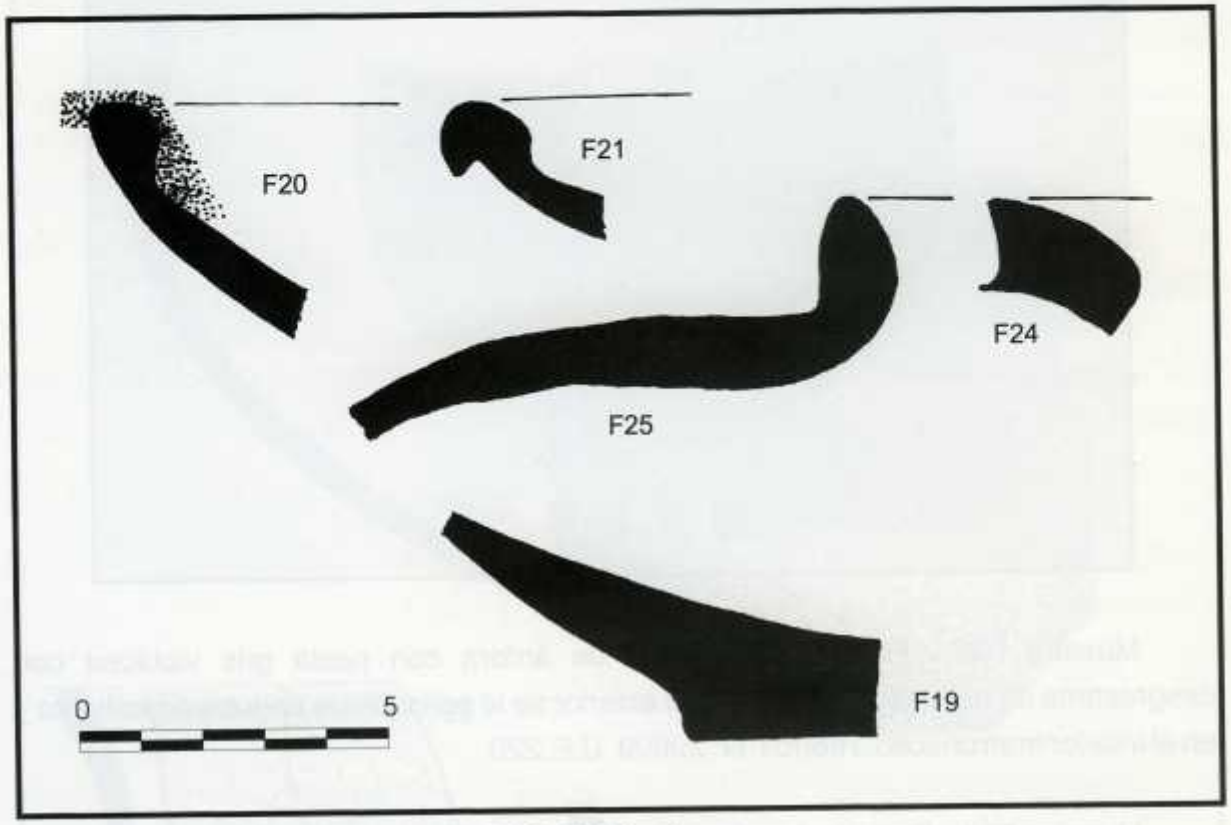


FIG. 6 - Cerámica a torno.

Muestra F34.- Fenicio, restos quizás de una botellita con pasta de sandwich en el que el interior es gris y exterior acaramelado, ofreciendo un desgrasante blanco y negro. Hierro I. Nº 28051. U.E.226.

Muestra F35.- Fenicio, tiene decoración exterior con banda marrón y otros dibujos. Pasta violácea con abundante desgrasante blanco, marrón y negro. Exterior blanco y alisado. Interior muy rugoso. Inicios s. VI a.C. Nº6374.U.E.12.

Muestra F36.- Fenicio pintado con dos filetes negros. Pasta amarillenta con abundante desgrasante blanco y negro, exterior rojizo y algo de mica dorada. Inicios s. VI a. C. Nº 9.463. U.E. 20

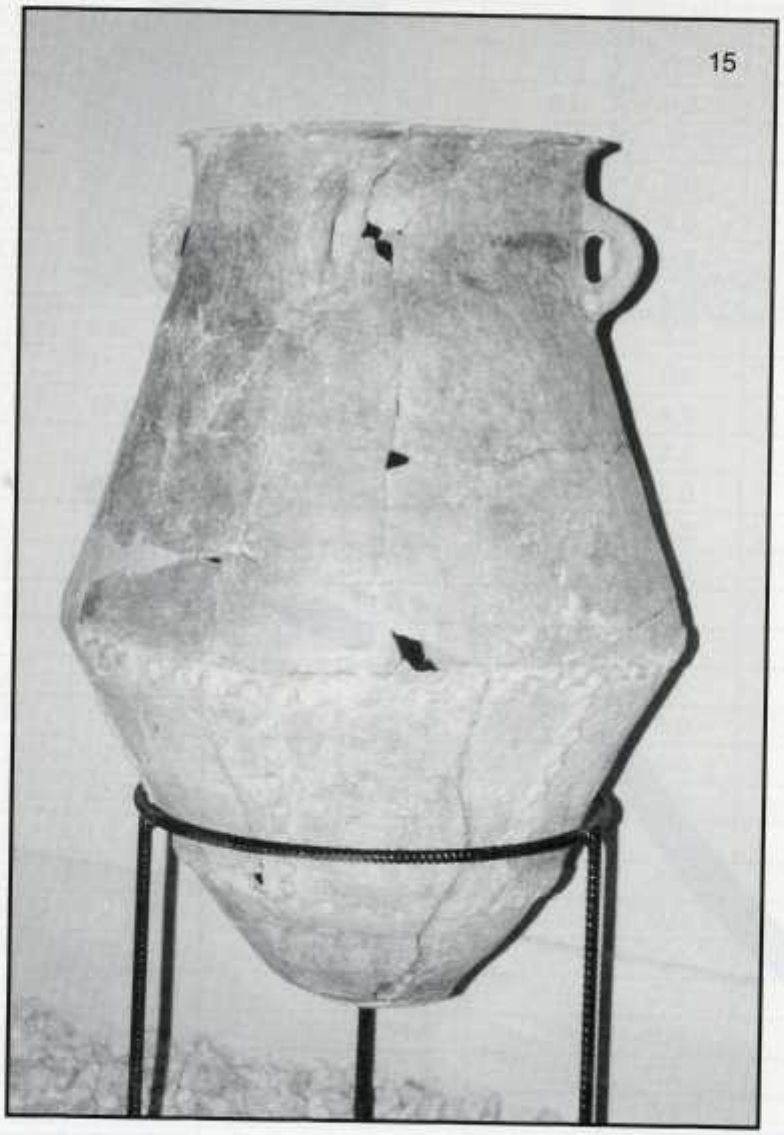
Muestra F37.- Fenicio. Fragmento de plato con pasta gis ocuro y sin apenas desgrasante. Paredes exteriores grises. En el interior se representa una banda coloreada. Hierro I. Nº28050. U.E.216.

Muestra F38.- A mano y bruñida. Cazuela con carena alta y ligeramente redondeada, labio plano y algo engrosado, con desgrasante mediano blanco, pasta negra. Finales s. IX o inicios s.VIII a. C. Nº 17876. Hab.8.

Muestra F39.- Orza a mano de cordones digitados, con abundante y gran desgrasante blanco. Finales s.VII a.C. Nº7610. U.E.30. (Foto 15).

Muestra F40.- Cerámica a mano de cocina (basta), con abundante desgrasante y grosero, con piedrecitas. Bronce Final, mediados s.VIII a.C. U.E.204.

Muestra F41.- A mano bruñida y en forma de S, con la pasta negra y exterior grisáceo. Finales s. IX o inicios s. VIII a.C. Nº17875. Hab.8.



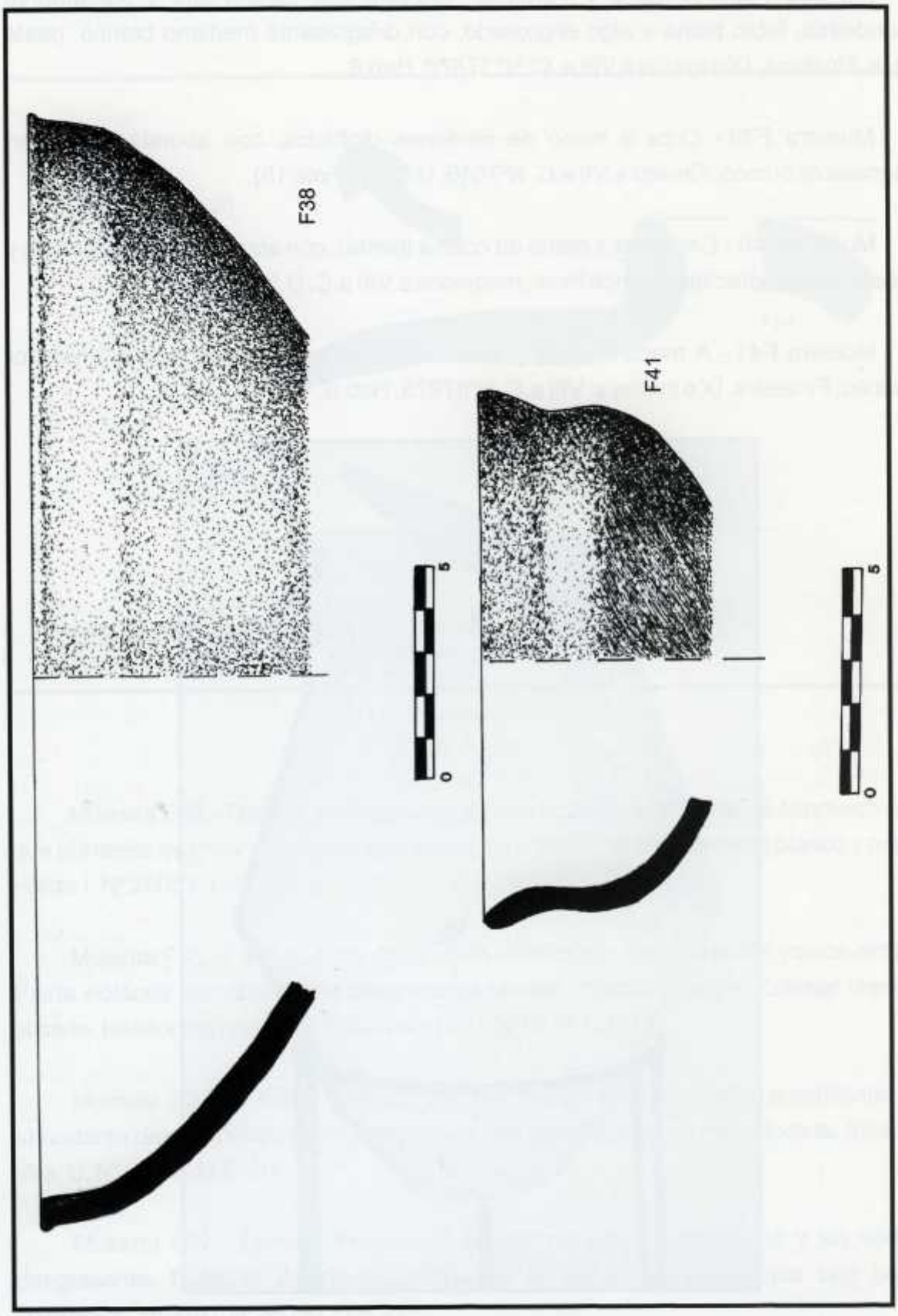


FIG. 7 - Piezas a mano.

Muestra	Q	AN	PLG	CA	HE	GE	I	MON
F1	33,1	24,9	22,1	4,2	15,7	0,0	0,0	0,0
F2	22,0	1,5	0,0	55,1	0,0	5,2	16,2	0,0
F3	7,5	0,0	0,0	92,5	0,0	0,0	0,0	0,0
F4	11,6	0,0	0,0	88,4	0,0	0,0	0,0	0,0
F5	7,1	0,0	13,7	3,5	0,0	0,0	75,6	0,0
F6	45,7	27,7	17,2	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0
F7	53,8	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	34,2	0,0
F8	24,4	0,0	0,0	75,6	0,0	0,0	0,0	0,0
F9	6,7	12,4	14,4	2,7	0,0	0,0	29,9	34,0
F10	31,5	0,0	0,0	68,5	0,0	0,0	0,0	0,0
F11	12,9	0,0	0,0	87,1	0,0	0,0	0,0	0,0
F12	54,8	0,0	0,0	45,2	0,0	0,0	0,0	0,0
F13	16,4	5,1	6,1	35,5	0,0	0,0	36,9	0,0
F14	78,6	15,1	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
F15	72,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	0,0
F16	51,1	4,8	5,6	6,6	0,0	0,0	32,0	0,0
F17	68,4	9,7	6,5	9,8	0,0	5,6	0,0	0,0
F18	59,6	17,9	0,0	10,9	0,0	11,6	0,0	0,0
F19	54,4	25,3	11,3	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
F20	13,1	10,4	4,7	4,3	0,0	2,9	26,6	37,9
F21	19,8	46,6	4,4	7,1	0,0	6,9	15,2	0,0
F22	92,7	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F23	48,3	7,6	0,0	7,5	0,0	0,0	36,5	0,0
F24	65,6	11,3	6,2	8,5	0,0	8,5	0,0	0,0
F25	54,8	19,0	8,6	8,6	0,0	8,9	0,0	0,0
F26	49,2	12,3	10,8	6,3	14,2	7,2	0,0	0,0
F27	51,7	23,6	13,9	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0
F28	55,1	17,2	8,6	9,2	0,0	9,8	0,0	0,0
F29	57,9	0,0	3,4	11,3	0,0	0,0	27,4	0,0
F30	16,5	19,6	10,2	0,0	17,4	0,0	36,3	0,0
F31	77,1	0,0	16,9	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F32	63,4	6,0	10	,0	20,6	0,0	0,0	0,0
F33	62,0	15,6	7,8	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0
F34	70,2	7,7	11,1	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F35	27,5	38,5	22,8	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
F36	16,4	6,0	56,4	16,3	0,0	4,9	0,0	0,0
F37	18,2	7,2	0,0	4,4	0,0	5,0	30,7	34,6
F38	56,6	0,0	0,0	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0
F39	19,8	0,0	0,0	73,2	0,0	7,0	0,0	0,0
F40	39,8	0,0	0,0	60,1	0,0	0,0	0,0	0,0
F41	21,4	0,0	0,0	54,4	0,0	0,0	24,2	0,0
G1	29,3	38,4	20,3	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G2	7,5	13,2	15,7	0,0	0,0	0,0	63,7	0,0
G6	65,4	10,3	10,3	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0

G7	69,6	24,3	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G8	12,1	5,8	4,0	3,3	12,4	0,0	62,3	0,0
G10	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,2	0,0
G18	10,5	17,1	0,0	0,0	0,0	37,0	35,3	0,0
G21*	76,4	11,8	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G24**	59,0	41,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
G27	14,0	15,5	0,0	36,9	0,0	33,6	0,0	0,0
G28***	43,4	16,8	0,0	13,8	0,0	26,0	0,0	0,0

Tabla 3

Leyenda: Q = Cuarzo; An = Anortita; Plg = Plagioclasas; Ca = Calcita; He = Hematites; Ge = Gelenita; I = Illita: Mon = Montmorillonita.

Estos datos se han empleado a nivel cualitativo por la información relevante que aportan pero no han sido considerados en el análisis estadístico.

La proximidad de afloramientos de arcillas, al Torrelló de Almassora hace pensar en la probable utilización de esta materia prima en la manufactura de las piezas cerámicas estudiadas.

Para una mayor información se hace imprescindible un análisis químico que junto con los datos de difracción permitirá realizar un análisis multivariante para establecer grupos de semejanza entre las muestras estudiadas, y muestras de arcilla cocida recogida de un afloramiento cercano al Torrelló, de esta forma se podrá conocer de una forma más precisa el origen local o no de las muestras arqueológicas estudiadas.

4. ANÁLISIS POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

4.1. Metodología.

De los fragmentos estudiados por DRX, se seleccionaron 11 muestras (G) para someterlas a un análisis por espectrometría de absorción atómica, con el objeto de establecer grupos de semejanza, que permitieran mediante un análisis estadístico multivariante, establecer la procedencia de las piezas.

Primeramente se molieron las muestras hasta hacerlas pasar por un tamiz de 90 micras. Seguidamente se secaron en una estufa a 110ºC durante 24 hr. Pasado este tiempo se preparó para cada muestra la mezcla para fundir, para lo cual se mezclaron

0.2 gr. de muestra con 2 gr de una mezcla fúndente, compuesta al 50 % de ácido bórico y carbonato de litio.

Esta mezcla se introdujo en un crisol de platino y se trató en una mufla a 1100ºC durante 30 minutos. Pasado este tiempo se extrajo en caliente el crisol y se enfrió bruscamente con agua, tras lo cual se puso el crisol en un vaso de precipitados y se añadió agua destilada hasta hacer rebosar el crisol. A continuación se añadió 5 ml de HNO_3 concentrado colocándose el vaso de precipitados en un agitador magnético hasta que toda la fase vítrea formada tras la fusión se hubiese disuelto.

Una vez disuelto, se introducía el líquido en un matraz de 200 ml y aforaba a 200 ml, con lo que se tenía la disolución <<madre>> para una de las muestras.

Posteriormente la disolución madre se dividía nuevamente en otras dos añadiendo a una de ellas EDTA, la disolución sin EDTA (madre 1) se empleó para el análisis de Na_2O, ya que el EDTA aporta Na y no permite el análisis de este elemento.

La disolución con EDTA, (madre 2) se dividió en otra siete disoluciones.

La disolución 1 que se dejó sin mezclar se empleó en el análisis de TiO_2.

Disolución 2, formada por 10 ml de madre 2 más 5ml de ácido fluorhídrico al 7% enrasando a 50 ml en un matraz aforado. Esta disolución se empleó en el análisis del SiO_2.

Disolución 3, formada por 25 ml de madre 2, más 5 ml de nitrato potásico al 1% enrasando a 50 ml. Esta disolución se empleó en el análisis de Al_2O_3.

Disolución 4, formada por 5 ml de madre 2 enrasados a 50 ml.

Disolución 5, formada por 5 ml de madre 2 enrasados a 100 ml.

Las disoluciones 4 y 5 se emplearon en el análisis de FE_2O_3 y K_2O.

Disolución 6, formada por 5 ml de madre 2 más 5 ml de una disolución al 5% de La enrasando a 50 mol.

Disolución 7, formada por 10 mol de madre 2 más 5 ml de la disolución al 5% de La3+.

Las disoluciones 6 y 7 se emplearon en el análisis de Ca y Mg.

Una vez realizadas las disoluciones se procedió a analizar las muestras mediante un espectrómetro de absorción atómica, empleándose, en el análisis de SiO_2, Al_2O_3 y TiO_2, como combustible acetileno y como comburente óxido nitroso, y en el análisis del resto de elementos el mismo combustible, pero en este caso se empleó aire como comburente.

Por otra parte se estudió la perdida por calcinación de las muestras. Para ello se introdujo en una mufla, una cantidad previamente pesada de muestra, y se mantuvo a 1000ºC durante 15 minutos, una vez desconectada la mufla se dejaba enfriar el crisol en su interior y una vez frío se pesaba, calculándose el porcentaje de pérdida por calcinación.

4.2.Resultados y discusión

Los resultados obtenidos tras el análisis en porcentaje de óxidos omitiendo la P.P.C. y normalizando a 100 el resto de variables son los siguientes:

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	SiO_2	TiO_2	Na_2O
G1	11,83	18,93	2,53	3,76	3,43	57,18	1,14	1,20
G2	11,45	19,64	1,87	3,76	5,23	54,92	1,89	1,24
G6	7,62	17,73	7,72	2,20	3,18	60,28	0,80	0,47
G7	8,83	18,31	6,69	1,84	2,75	60,23	0,90	0,45
G8	6,90	22,60	4,36	1,89	5,40	57,43	0,94	0,49
G10	8,92	18,13	12,72	0,66	3,30	55,24	0,80	0,22
G18	7,65	20,68	5,68	2,12	4,66	57,71	0,97	0,53
G21	7,78	17,93	6,73	2,11	3,40	60,81	0,83	0,40
G24	7,81	25,99	4,22	2,02	5,25	52,99	1,14	0,58
G27	7,03	17,63	14,08	2,09	4,22	54,17	0,64	0,14
G28	8,05	20,87	7,93	2,75	5,12	54,19	0,78	0,31

Tabla 4.- Oxido de Hierro, Oxido de Aluminio, Oxido de Calcio, Oxido de Magnesio, Oxido de Potasio, Oxido de Silice, Oxido de Titanio, Oxido de Sodio.

Los resultados del análisis químico de arcillas cocidas tomadas de una zona próxima al Torrelló de Almassora se muestran en la siguiente tabla:

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	SiO_2	TiO_2	Na_2O
AN65	5,61	18,62	23,74	2,1	3,97	44,71	0,61	0,65
AN66	5,94	18,02	26,87	2,33	3,89	41,61	0,57	0,78
AN68	5,32	16,57	24,93	2,34	3,58	45,94	0,59	0,73
AN74	5,09	15,85	29,72	2,01	3,43	42,71	0,58	0,62

Tabla 5.- Oxido de Hierro, Oxido de Aluminio, Oxido de Calcio, Oxido de Magnesio, Oxido de Potasio, Oxido de Silice, Oxido de Titanio, Oxido de Sodio.

5. ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X.

El análisis químico de las 41 muestras restantes (F) se realizó mediante la técnica de fluorescencia de rayos X.

Metodología.

En la preparación de las muestras se empleó el Perlex-2, que es un aparato constituido por un generador de inducción de alta frecuencia que permite el calentamiento del crisol de fusión y del plano de colada.

El conjunto está rodeado de una campana abatible que asegura la protección del operador contra riesgos eléctricos y térmicos durante el desarrollo de un ciclo.

Una gran dificultad que es necesario superar en el análisis por fluorescencia de rayos X es la heterogeneidad de las muestras naturales, la única solución satisfactoria que permite vencer esta dificultad consiste en fundir la muestra, para lo que se recurre a los métodos de la perla de Borax.

En este caso, la fusión de las muestras se ha llevado tomando como base las ideas de Tertian (1974). En la composición de los fundentes, además del fúndente en sentido estricto, pueden entrar uno o varios aditivos, tales como un oxidante, un tampón absorbente, un agente formado de vidrio, u agente fluidificante, etc. Los fúndentes más utilizados siguen siendo los boratos comerciales principalmente, el $B_4O_7Na_2$ y el $B_4O_7Li_2$. El segundo puede disolver una cantidad (de un 30 a un 40%) más importante que el bórax (de un 10 a un 15%), pero con la desventaja de tener un punto de fusión más elevado, lo que implica un fundido más viscoso y, en consecuencia, una velocidad de reacción menos favorable. Este inconveniente se soslaya elevando la temperatura de

fusión a 1200°C en lugar de 1000ªC, o añadiendo al tetraborato de Litio, fluoruro de Litio. La adición de un oxidante se recomienda por su acción favorable. Los oxidantes más empleados son los nitratos alcalinos.

La fusión-ataque se realiza a temperaturas comprendidas entre 1000 y 1200°C generalmente, en crisoles de platino, aleaciones de platino e incluso de grafito. La duración del ataque oscila entre 5 y 10 minutos, para los casos fáciles y 30 minutos o más (caso de las rocas) con agitación cada 5 ó 10 minutos, para asegurar una homogeneización perfecta.

Una vez acabada la fusión de la muestra, el fundido (1000°C) se vierte sobre unos moldes previamente calentados a unos 700°C, con objeto de obtener perlas de unos 40 mm de diámetro útil. Todas las perlas obtenidas por este procedimiento son exactamente iguales y pueden ser medidas por las dos caras con resultados prácticamente idénticos. Este hecho es muy importante pues da una gran seguridad en lo que se refiere al éxito de la fusión y al valor de la perla. Para asegurar la reproducibilidad de las medidas, se emplea un anillo de aluminio que centra las perlas en el portamuestras.

En el presente trabajo se han determinado los siguientes componentes: Oxido de Silice SiO_2, Oxido de Aluminio Al_2O_3, Oxido de Calcio CaO, Oxido de Manganeso MnO, Oxido de Magnesio MgO, Oxido de Titanio TiO_2, Oxido de Sodio Na_2O, Oxido de Potasio K_2O, Oxido de Hierro Fe_2O_3 y Oxido de Fosforo P_2O_5.

5.2. Resultados y discusión.

Los resultados obtenidos tras el análisis en porcentaje de óxidos, y normalizando a 100 son los siguientes.

REF	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	Na_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO
F1	59,66	18,12	1,62	9,39	3,74	3,02	2,08	1,81	0,50	0,05
F2	60,57	11,49	18,26	5,02	2,03	1,15	0,00	1,20	0,27	0,01
F3	42,00	12,83	36,29	4,30	2,34	0,82	0,02	0,95	0,44	0,01
F4	40,05	14,97	35,41	5,24	2,21	0,95	0,0	0,95	0,19	0,03
F5	53,03	19,45	3,16	10,62	5,11	4,97	1,33	1,75	0,50	0,08
F6	57,99	20,12	3,08	7,42	3,05	4,59	1,72	1,53	0,37	0,12
F7	70,74	16,20	0,97	5,13	3,69	1,29	0,75	0,99	0,18	0,05
F8	45,77	15,14	29,43	4,24	2,37	1,27	0,00	1,37	0,40	0,01
F9	54,58	21,97	2,98	7,81	3,34	5,37	1,70	1,66	0,54	0,06
F10	47,76	14,84	28,00	4,52	2,30	0,78	0,14	1,36	0,28	0,02

F11	43,59	13,93	32,60	5,48	1,57	0,78	0,10	1,29	0,57	0,08
F12	58,32	18,10	13,81	5,00	2,12	0,82	0,07	1,42	0,31	0,02
F13	51,41	18,87	14,74	5,82	4,42	3,13	0,04	1,23	0,29	0,05
F14	61,61	17,99	5,55	7,13	3,09	2,46	0,73	0,96	0,36	0,11
F15	62,98	19,69	2,15	9,06	2,42	1,83	0,29	1,11	0,25	0,22
F16	62,98	15,09	8,30	6,14	2,81	2,48	0,66	1,17	0,28	0,09
F17	62,37	17,15	6,53	6,86	2,68	2,29	0,41	1,14	0,38	0,20
F18	62,27	17,11	6,50	7,03	2,65	2,31	0,40	1,16	0,35	0,21
F19	61,58	16,08	7,04	6,30	2,95	2,68	1,91	1,00	0,37	0,10
F20	57,24	20,18	6,38	8,04	3,05	2,69	0,75	1,25	0,29	0,13
F21	55,35	17,86	13,72	5,08	4,29	2,27	0,02	1,00	0,36	0,04
F22	60,96	18,58	4,70	7,73	3,35	2,33	0,65	1,02	0,55	0,14
F23	59,94	19,72	5,94	6,70	2,83	2,35	0,62	1,29	0,49	0,13
F24	63,81	13,46	10,10	5,44	2,05	2,82	0,66	1,15	0,39	0,13
F25	61,27	15,83	9,11	5,98	2,55	2,76	0,61	1,35	0,40	0,13
F26	61,31	17,41	7,17	6,58	2,68	2,50	0,60	1,22	0,35	0,18
F27	61,35	15,44	9,19	6,06	2,33	3,27	0,82	1,02	0,37	0,13
F28	60,22	15,58	10,32	6,11	2,49	3,03	0,59	1,08	0,43	0,14
F29	58,66	18,52	10,17	5,15	4,19	2,01	0,02	0,98	0,27	0,03
F30	54,87	23,97	4,90	6,50	4,62	2,56	0,85	1,39	0,28	0,06
F31	64,02	22,83	1,03	3,76	5,46	1,34	0,19	0,99	0,36	0,002
F32	58,08	21,24	7,01	6,38	2,55	2,15	1,16	0,91	0,36	0,16
F33	62,46	16,78	7,14	6,34	2,72	2,32	0,60	1,16	0,31	0,17
F34	62,01	17,66	7,04	6,19	2,78	2,43	0,40	0,98	0,35	0,16
F35	54,04	20,76	9,11	6,45	3,62	2,22	1,44	1,89	0,41	0,07
F36	54,65	15,62	16,06	5,61	3,32	2,55	0,70	1,05	0,37	0,08
F37	56,07	20,80	6,59	8,20	3,15	2,66	0,66	1,43	0,32	0,13
F38	55,13	18,05	14,48	6,51	2,60	0,90	0,35	1,63	0,33	0,03
F39	44,28	11,26	34,85	3,96	1,03	0,75	2,52	1,06	0,25	0,02
F40	51,63	16,72	20,84	5,24	2,66	0,84	0,15	1,47	0,37	0,07
F41	52,00	17,65	19,03	5,03	3,46	1,02	0,07	1,39	0,33	0,03

Tabla 6.- Oxidos: Silice, Aluminio, Calcio,Hierro, Potasio, Magnesio,Sodio, Titanio, Fosforo y Manganeso.

6. ANÁLISIS MULTIVARIANTE.

Para lograr establecer grupos de semejanza entre las muestras se recurrió al análisis estadístico multivariante.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS v. 5.0.1., en un ordenador con procesador pentium a 90 Mhz.

6.1. Método de los componentes principales y análisis cluster.

En primer lugar se realizó una reducción de variables por el método de los

componentes principales, tanto para los datos de difracción, como para los de composición química.

Mediante este método, se puede representar en un espacio bidimensional la información de todas las variables, con una mínima pérdida de información.

Dado que el eje X esta muy correlacionado con la presencia de fases arcillosas (Fases de baja Tª) y el eje Y con la presencia de Anortita (Fase de alta Tª), puede establecerse una línea diagonal que separa en cierta medida las muestras cocidas a mayor y menor temperatura.

Para el análisis mineralógico se obtuvo la siguiente representación:

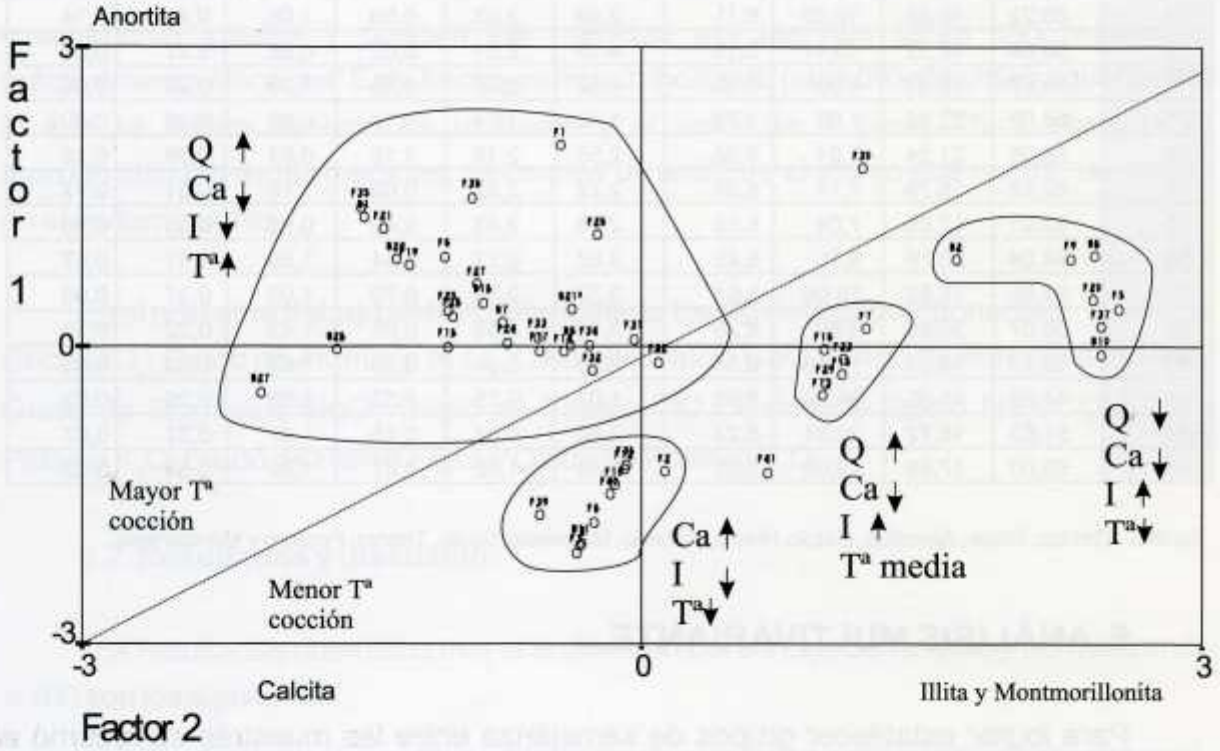


Fig. 9.- Análisis de componentes principales (DRX).

Matriz factorial

	Factor 1	Factor 2
ANORTITA	0,67854	-0,50667
CALCITA	-0,84458	0,17176
GELENITA	0,05509	-0,39871
HEMATITES	0,43733	0,16325

ILLITA	0,18620	0,81973
MONTMORI	0,12972	0,49768
PLAGIOCLASA	0,61261	-0,11083

Mediante la matriz de factores se pueden ver las correlaciones entre las diferentes variables y los factores reducidos. Así pues, se puede observar como el factor 1 viene muy correlacionado con la calcita en su parte negativa y con al anórtita en su parte positiva y el factor 2 con las fases arcillosas en su parte positiva.

De modo general, se puede decir que, si tomamos como fases de baja temperatura las arcillosas y la calcita, se concluye que al dividir la gráfica por su diagonal la parte superior separa a las muestras de mayor temperatura de cocción y la parte inferior a las de menor temperatura.

Para el análisis químico se obtuvo la siguiente representación de componentes principales:

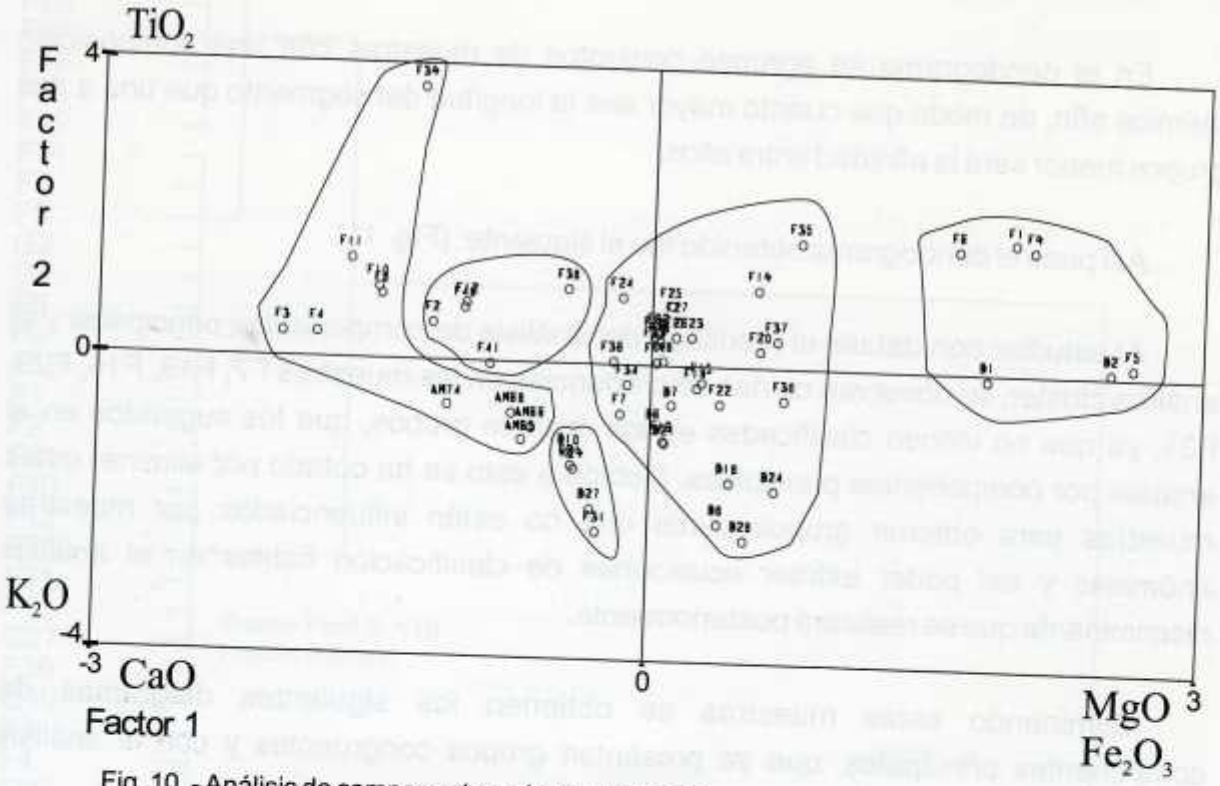


Fig. 10 .- Análisis de componentes principales (FRX).

Matriz factorial

	Factor 1	Factor 2
CAO	-0,80331	0,23652

FE_2O_3	0,80688	-0,11844
K_20	0,49135	-0,71073
MGO	0,84018	0,05762
NA_2O	0,59096	0,54091
TIO_2	0,46112	0,57839

En este análisis no se han considerado los datos de contenido en fósforo ni de manganeso por no disponer de esta información en el análisis por absorción atómica, además se ha estimado oportuno no tener en cuenta el dato de sílice y alúmina por poder llevar a confusión al comparar con arcillas cocidas (AN), con pastas cocidas que llevan desgrasantes en adición que aumentan mucho el contenido de sílice y alúmina.

A continuación y a modo de verificación de las anteriores conclusiones se realizó un análisis cluster. La representación obtenida se denomina dendograma, que fue calculada mediante el método Ward, empleando la distancia euclídea.

En el dendograma se agrupan conjuntos de muestras con una composición química afín, de modo que cuanto mayor sea la longitud del segmento que une a dos grupos menor será la afinidad entre ellos.

Así pues el dendograma obtenido fue el siguiente: (Fig. 11).

Al estudiar con detalle el resultado del análisis de componentes principales y el análisis cluster, se observan ciertas discrepancias en las muestras F7, F13, F15, F29, F31, ya que no vienen clasificadas en los mismos grupos, que los sugeridos en el análisis por componentes principales. Debido a esto se ha optado por eliminar estas muestras para obtener grupos puros que no estén influenciados por muestras anómalas y así poder extraer ecuaciones de clasificación fiables en el análisis discriminante que se realizará posteriormente.

Eliminando estas muestras se obtienen los siguientes diagramas de componentes principales, que ya presentan grupos congruentes y con el análisis cluster posterior.

Para en análisis químico: (Fig. 12).

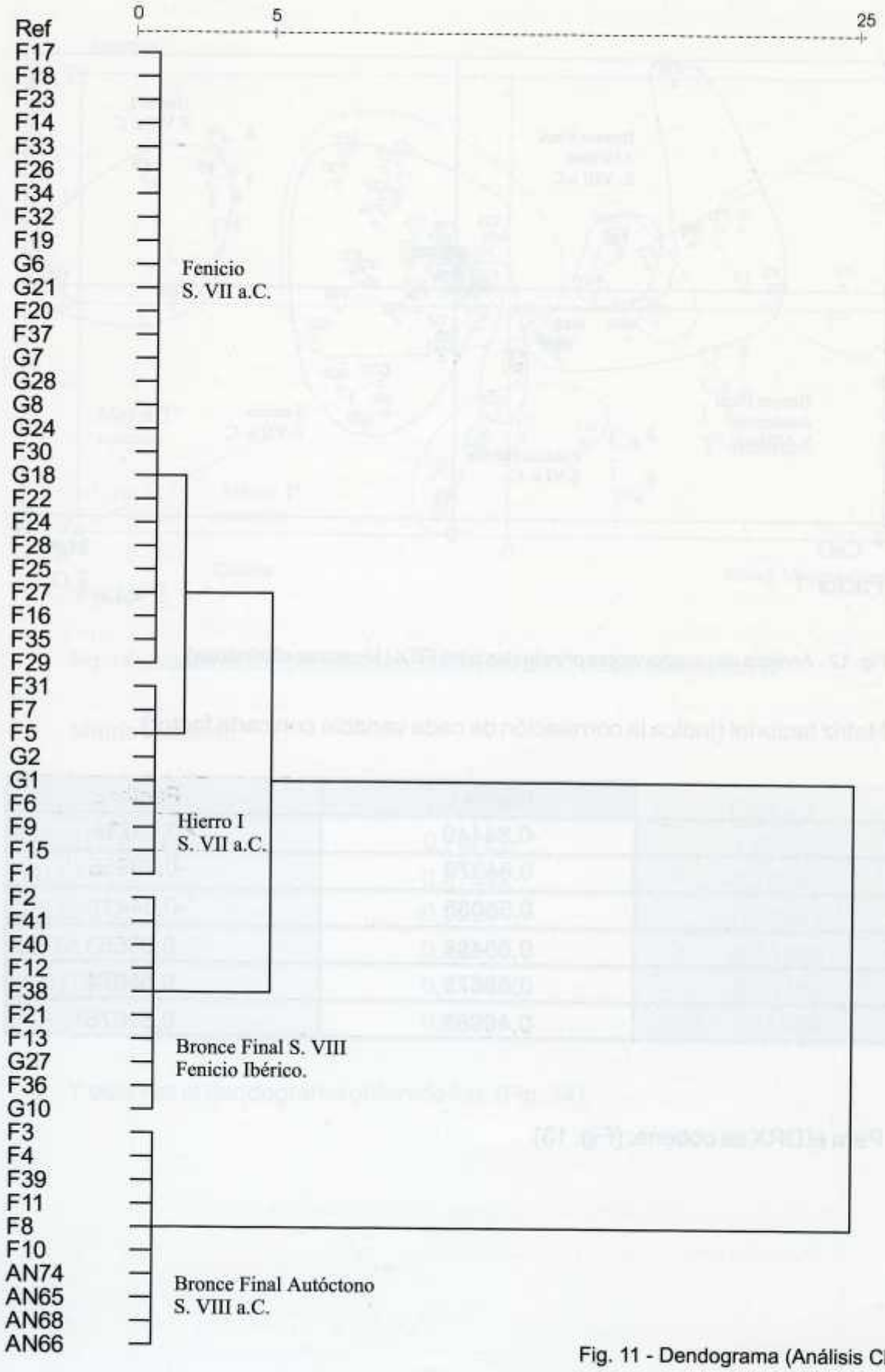


Fig. 11 - Dendograma (Análisis Cluster)

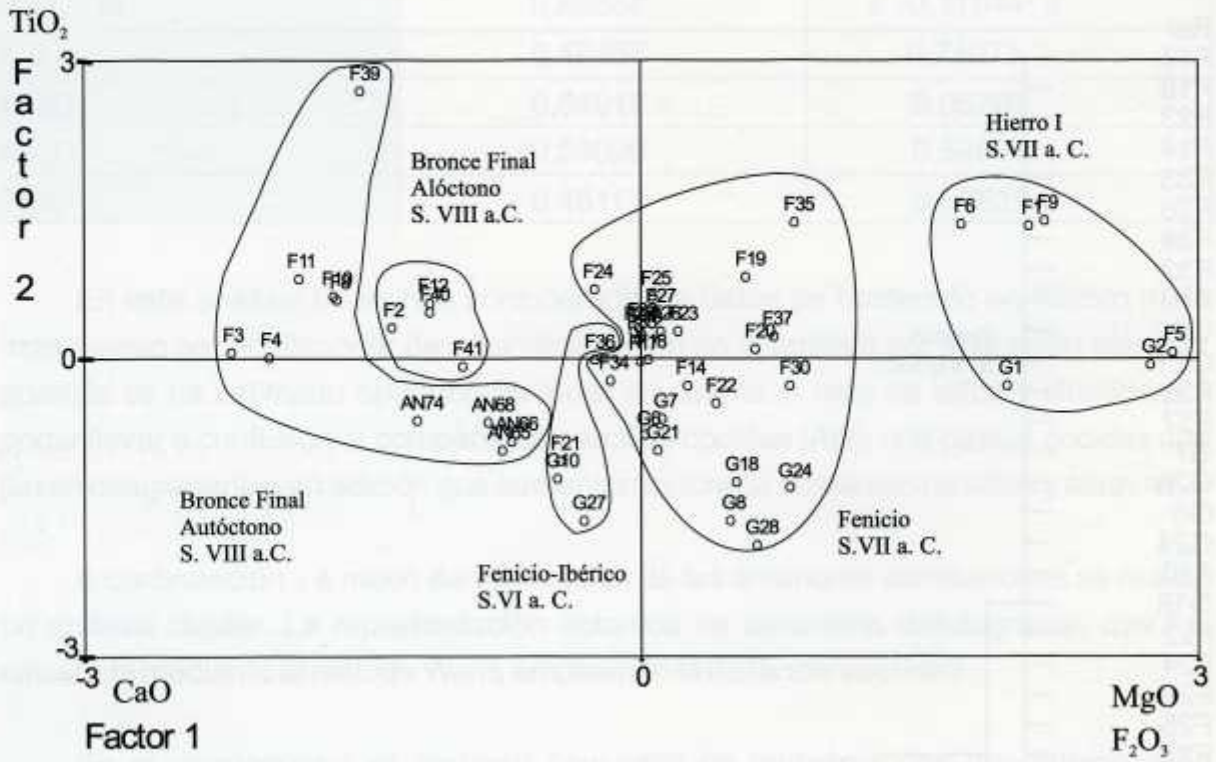


Fig. 12 - Análisis de componentes principales para FRX (Muestras eliminadas)

Matriz factorial (Indica la correlación de cada variable con cada factor):

	Factor 1	Factor 2
CAO	-0,84449	0,13748
FE_20_3	0,84370	-0,23955
K_20	0,58035	-0,64411
MGO	0,85488	0,09583
NA_20	0,58675	0,55074
TIO_2	0,46983	0,61075

Para el DRX se obtiene: (Fig. 13).

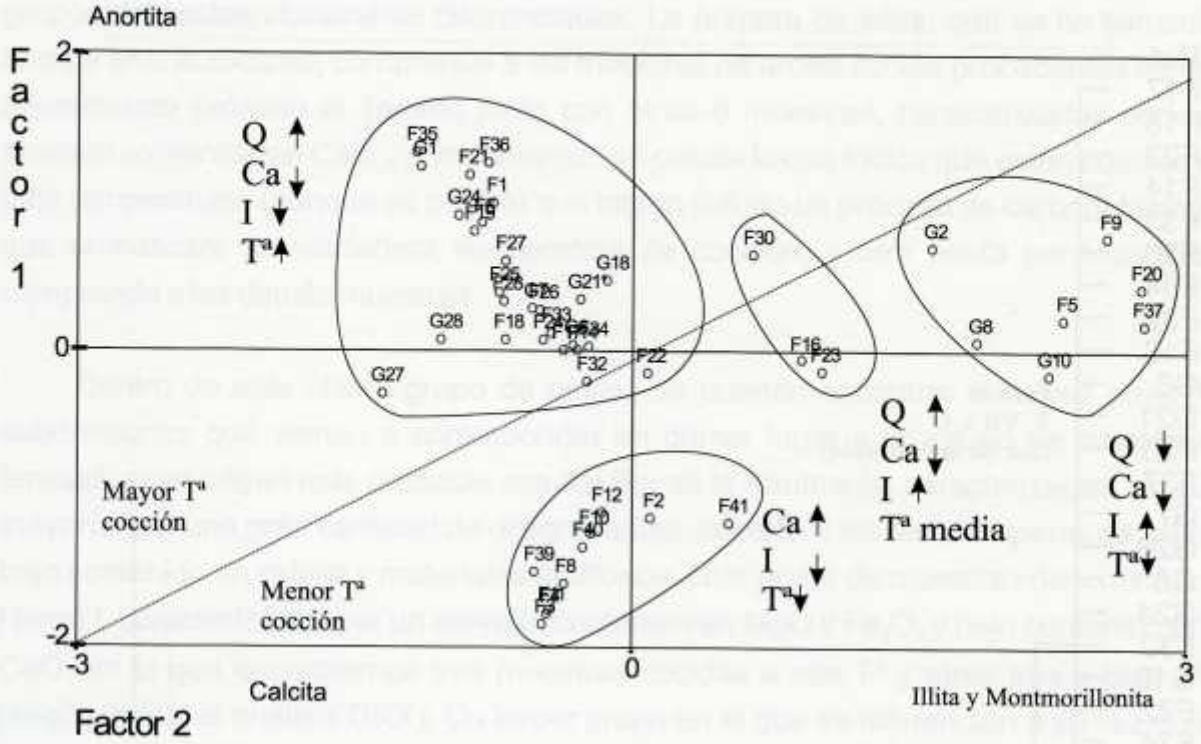


Fig. 13 - Análisis de componentes principales para DRX (Muestras eliminadas)

Matriz factorial:

	Factor 1	Factor 2
ANORTITA	0,76022	-0,40456
CALCITA	-0,87592	-0,23330
GELENITA	0,0929	-0,25931
ILLITA	0,12859	0,81986
MONTMORI	0,144490	0,64759
PLAGIOCL	0,60324	-0,11930

Y esta vez el dendograma obtenido fue: (Fig. 14).

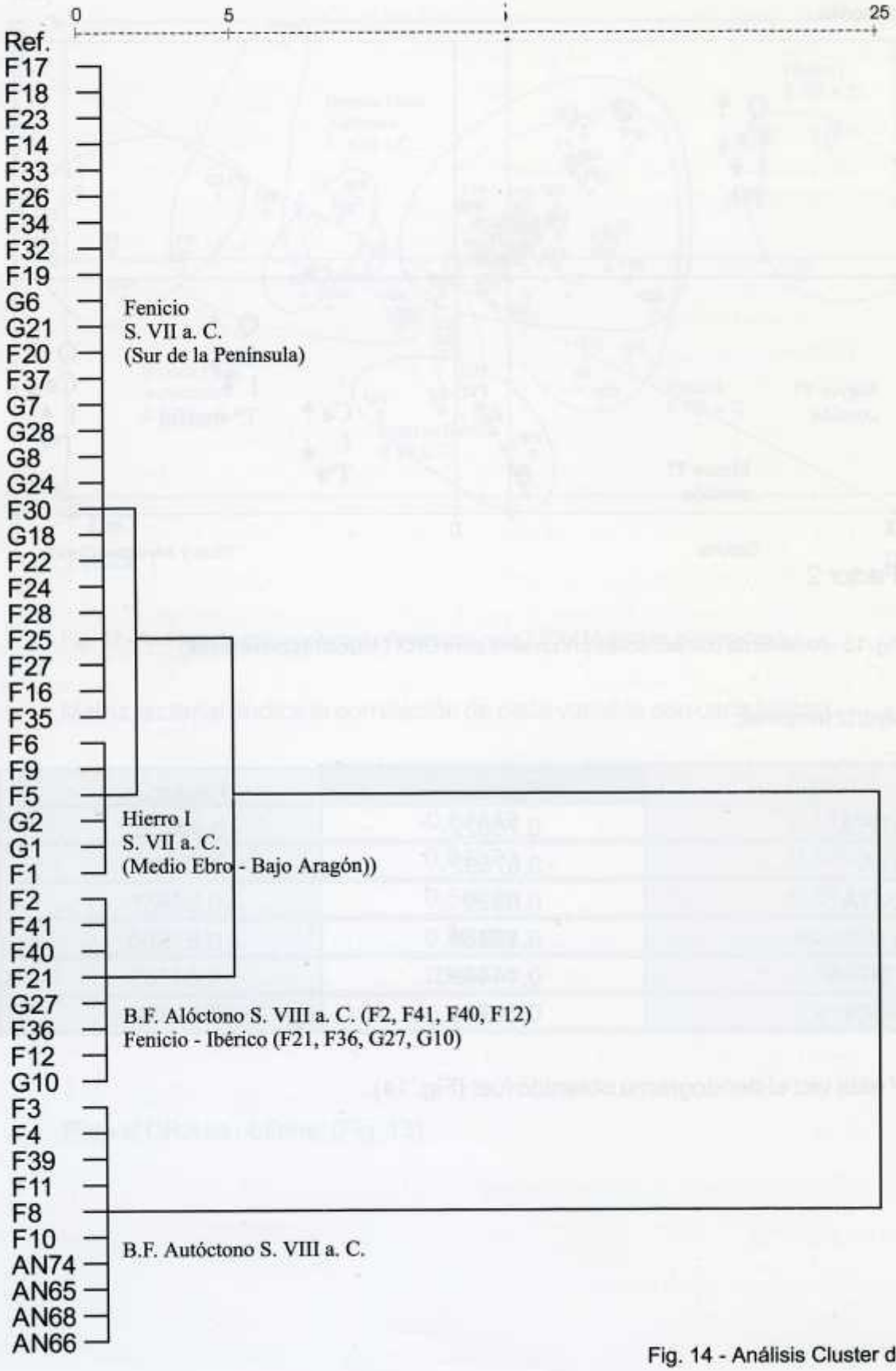


Fig. 14 - Análisis Cluster definitivo.

En el dendograma de la figura anterior puede observarse, como existen dos grupos de pastas claramente diferenciadas. La primera de ellas, que se ha llamado bronce final autóctono, comprende a las muestras de arcilla cocida procedentes de un afloramiento próximo al Torrelló junto con otras 6 muestras, caracterizadas por su elevado contenido en CaO y alto contenido en calcita lo que indica que están cocidas a baja temperatura, (aunque es posible que hayan sufrido un proceso de carbonatación, que enmascare su verdadera temperatura de cocción) y otra pasta genérica que comprende a las demás muestras.

Dentro de este último grupo de pastas se pueden encontrar a su vez otras 3 subdivisiones que vienen a corresponder en primer lugar a un grupo de muestras fenicias, cuyo origen más probable sea del Sur de la Península, caracterizadas, en su mayoría, por una gran cantidad de desgrasantes, cocción a elevada temperatura, y un bajo contenido en calcita y materiales arcillosos. Otro grupo de muestras denominado Hierro I, caracterizadas por un elevado contenido en MgO y Fe_2O_3 y bajo contenido en CaO, en el que encontramos tres muestras cocidas a alta Tª y otras tres a baja Tª (según indica el análisis DRX); Un tercer grupo en el que se diferencian a su vez dos tipos de muestras denominadas, Fenicio-Ibéricas, con un mayor contenido en CaO y menor contenido en $Ti0_2$ (cocidas a alta Tª), y un grupo de cerámicas a mano (cocidas a baja Tª), cuya composición química y mineralógica es muy similar a las muestras del Torrelló por lo que no es descartable una posible relación entre estos dos grupos. y que se ha denominado Bronce Final alóctono.

6.2. Análisis discriminante.

Una vez se han clarificado los grupos existentes, en función de la composición química de la pasta se puede proseguir con un análisis discriminante que nos permitirá establecer las ecuaciones clasificadoras de cada grupo.

El resultado de este análisis se muestra en la siguiente figura: (Fig.15).

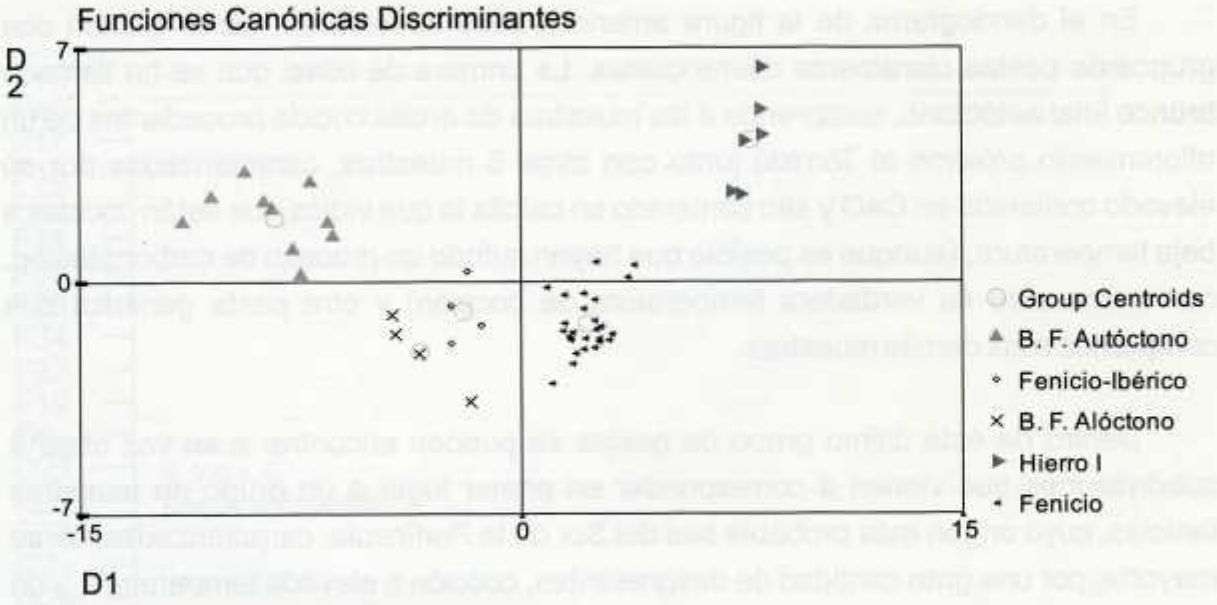


Fig. 15 - Análisis discriminante (FRX).

La ecuación discriminante 1 presenta un coeficiente de correlación canónica del 0.9826 y la 2ª ecuación del 0.9069. Ambas ecuaciones permiten clasificar correctamente a un 98.71% de las muestras y su nivel de significación se sitúa en ambos casos por debajo del 1% lo que significa que estos ejes son capaces de separar significativamente a las muestras estudiadas.

A partir de las ecuaciones se calcula el mapa territorial cuya representación se muestra en la siguiente figura:

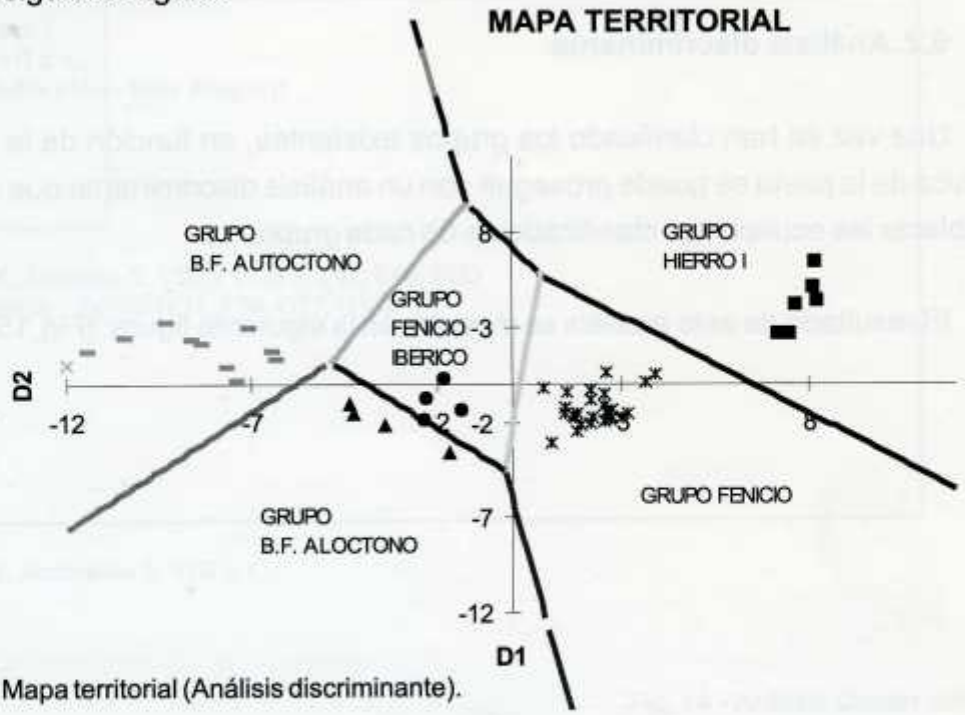


Fig. 16 - Mapa territorial (Análisis discriminante).

Finalmente queda el cálculo de probabilidades de pertenencia de cada muestra a cada grupo:

Muestra	grupo	grupo mas probable	probabilidad	2ª Grupo mas probable	Probabilidad
G6	1	1	,9963	4	,0037
G7	1	1	1,0000	4	,0000
G8	1	1	,9682	4	0,318
G18	1	1	,9967	4	,0033
G21	1	1	,9987	4	,0013
G24	1	1	,9987	4	,0013
G28	1	1	,7179	4	,2821
F14	1	1	1,0000	4	,0000
F16	1	1	,9997	4	,0003
F17	1	1	1,0000	4	,0000
F18	1	1	1,0000	4	,0000
F19	1	1	,9999	4	,0001
F20	1	1	1,0000	4	,0000
F22	1	1	1,0000	4	,0000
F23	1	1	1,0000	4	,0000
F24	1	1	,9994	4	,0006
F25	1	1	,9999	4	,0001
F26	1	1	1,0000	4	,0000
F27	1	1	,9999	4	,0001
F28	1	1	,9985	4	,0015
F30	1	1	1,0000	4	,0000
F32	1	1	1,0000	4	,0000
F33	1	1	1,0000	4	,0000
F34	1	1	,9997	4	,0003
F37	1	1	1,0000	2	,0000
G1	2	2	1,000	1	,0000
G2	2	2	1,000	2	,0000
F1	2	2	1,0000	1	,0000
F5	2	2	1,0000	2	1,0000
F6	2	2	1,0000	1	,0000
F9	2	2	1,0000	1	,0000
F2	3	3	,9789	4	,0070
F12	3	3	,9986	3	,0014
F40	3	3	,9962	4	,0038
F41	3	3	,9925	4	,0075
G10	4	4	,9923	3	,0067
G27	4	4	,9989	3	,0011
F36	4	4	,9945	3	,0053
F3	5	5	1,0000	3	,0000
F4	5	5	1,0000	3	,0000
F8	5	5	1,0000	3	,0000
F10	5	5	,9986	3	0,014
F11	5	5	1,0000	3	,0000
F39	5	5	1,0000	3	,0000
AN65	5	5	,9999	4	,0001
AN66	5	5	1,0000	4	,0000
AN68	5	5	1,0000	4	,0000
AN74	5	5	1,0000	4	,0000

Tabla 7.- Relación muestras con los grupos establecidos.

Aquí puede verse como la probabilidad más alta está muy separada de la siguiente probabilidad lo que indica una clasificación fiable.

7. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos es posible extraer una serie de conclusiones, que se comentan a continuación:

En primer lugar se comprueba, la validez de los métodos de análisis multivariante en el estudio de problemas arqueológicos.

Por tanto se verifica la existencia de una relación entre el análisis químico y el tipo de muestra arqueológica.

Una de las conclusiones de mayor relevancia es la comprobación que las muestras analizadas se dividen en cinco grupos principales.

El DRX es una técnica de gran ayuda en ocasiones, puesto que si aparecen fases minerales no existentes en la zona del yacimiento se demuestra sin duda alguna el carácter de importación de la muestra, caso de la G21, que presenta andalucita. Por otra parte, el análisis estadístico a partir del análisis químico coincide en separar a la muestra G21 como no autóctona, con lo que coinciden ambas técnicas.

El DRX permite una subclasificación por temperaturas de cocción dentro de un mismo grupo, ya que una cocción a mayor temperatura puede indicar bien un periodo de fabricación avanzado o simplemente que se trata de una pieza de mayor calidad y que precisa una mayor cocción para alcanzar un buen acabado. Esto se comprueba en las muestras G1 y F1, que están barrocamente decoradas, pertenecientes al grupo Hierro I y están en la zona de alta temperatura, mientras que otras muestras del mismo grupo están en la zona de baja temperatura como la G2, cuyo acabado es menos espectacular por lo que al exigir una menor calidad de acabado, la temperatura de cocción fue menor. En cualquier caso al DRX proporciona un valioso conocimiento sobre ciertos aspectos de la pieza, que de otro modo resultaría muy complejo llegar a averiguar.

Otra importante conclusión de este trabajo es la demostración estadística que algunas de las muestras estudiadas (grupo bronce final Autóctono) son clasificadas por

el análisis cluster junto con las muestras de arcilla cocida procedentes de un yacimiento arcilloso cercano al Torrelló, con lo que se afianza la idea de su posible origen local, mientras que el resto de las muestras posiblemente sean de importación.

A nivel arqueológico se observa como las piezas del grupo Hierro I presentan decoraciones con incisiones que recuerdan a piezas del medio Ebro y sobre todo del bajo Aragón, incluso por las formas que presentan cabría relacionarlas con la zona de Navarra. El grupo Fenicio y Fenicio-Ibérico proviene posiblemente también del Sur-Sureste de la península encontrándose en este grupo piezas cocidas a distinta temperatura lo que indica probablemente distintos usos. Finalmente el grupo Bronce Final Autóctono está compuesto por las muestras F-4 y F-39 que son grandes orzas para el almacenaje de grano o incluso para contener líquidos, por lo que no es probable su traslado, lo que corrobora la idea de su origen local, y por las muestras F-10 y F-11, que presentan unas formas típicas evolucionadas del periodo anterior, Bronce Medio evolucionado, existente en el propio poblado (Clausell, 1997, 23-25). El grupo llamado "Bronce Final alóctono" quizá es el más complicado de interpretar, pues en él se mezclan formas del Bronce Tardío, F38 y F41, con formas groseras, mencionandose que este grupo es similar al autóctono. El hecho que en esta zona septentrional del País Valenciano no se conozca este momento cultural de bronce tardío, el tener que recurrir a compararlo con el area del sudeste y el hecho que estadísticamente plantease un nuevo grupo diferenciado, nos planteó denominarlo "Bronce Final alóctono".

Otra matización, se podría realizar respecto a dos piezas concretas, las dos *Cruz del Negro* obtenidas en la necrópolis del Torrelló, G10 y F15. En el estudio mineralógico son las únicas que presentan como componentes el cuarzo y las illitas, si bien en porcentajes totalmente contrapuestos, y comparten también bajas temperaturas, al igual que G11 (Sanmartí, et allii, 1982, 96). El problema surgió al tener que rechazar F15 en el análisis multivariante, ya que esta muestra se registraba en el grupo de las confeccionadas a mano. F-31 también se rechazó por el mismo motivo.

Siguiendo el criterio estrictamente arqueológico, creemos que no fue correcto desentenderse de otras cuatro muestras correctamente establecidas en el análisis multivariante, F7, F13, F29 y F38, y que como se ha mencionado, no figuraban en los mismos grupos en el análisis de componentes principales. Así teníamos, que F7 es a mano decorada con acanalados y se englobaba en el grupo de Campos de Urnas, lo cual es a todas luces correcto. Algo similar ocurrió con F29, a torno fenicia y que se daba en el grupo correspondiente. Con F38 se produce lo mismo, siendo una forma típica del Bronce Tardío que da consistencia al propio grupo. Respecto a F13 es la más

complicada, pues si bien se acumula en el grupo de las alóctonas, por sus características morfotécnicas se podría unir a las autóctonas. Si, por el contrario, observamos el análisis de componentes principales, no segregariamos tantos grupos; así por ejemplo descartariamos el grupo de materiales a mano del Bronce Tardio " aloctono", y lo unificariamos a materiales típicos del poblado, sin diferenciar cronologías; añadiriamos F36 al grupo de importaciones fenicias; y restaria , quizá como grupo G10, 27 y F21, ibero-fenicio.

Por lo tanto, en unas muestras puntuales, los resultados no concuerdan rotundamente, dejando así una puerta abierta a la interpretación. Existen dos grandes grupos, uno pertenecientes a cerámicas confeccionadas con arcillas similares a las de Torrelló, y otras importadas de fuera; fenicias o del sur de la Peninsula Ibérica y del Hierro I o de tradición de Campos de Urnas. A parte, tendríamos otros dos posibles, los cuales deberiamos ampliar con el análisis de más muestras, a fin de unificar totalmente los criterios y los grupos con los resultados de ambos análisis.

Como epílogo, resaltar, que aunque no se han estudiado en más profundidad las muestras G 3,4,5, del Bronce Medio, tan sólo en DRX, creemos que entrarían a formar parte del grupo de muestras autóctonas, sobre todo por la cantidad da calcita, que coincide con las muestras de arcilla.

El estudio analítico de las cerámicas, nos sirve para comprobar como en un mismo recinto existen piezas con una composición diferente, sería el ejemplo del recinto nueve, donde tenemos una orza autóctona F4 y una cazuela teóricamente importada del medio Ebro, Navarra,G2 (Maluquer, 1958, 116) . Tanto la forma como la pasta, avisan sobre la anomalía respecto al conjunto general de materiales de Torrelló. Algo semejante existe entre las decoraciones, unas ejecutadas sobre piezas propias de este poblado, como F3 o F8, con acanalados e incisiones respectivamente y otras traídas también de fuera, caso de F1 o F9 , muy posiblemente del Bajo Aragón. La llegada de estas importaciones desde áreas del medio Ebro y del Bajo Aragón, conduce a unos movimientos migratorios, en los que la población que se desplaza llega cargada, entre otras cosas, con una parte de su vajilla especial, G 1, G 2 o F 1. Esto conlleva la existencia de un contacto directo con los indígenas, bien a través de intercambios comerciales de paso o bien como asentamiento definitivo en el que se asentarán como pobladores, aportando nuevas ideas y experiencias. Del mismo modo, ocurrirá con las las primeras cerámicas torneadas.

En definitiva, todo el estudio exhaustivo llevado a cabo sobre materiales cerámicos del

Torrelló del Boverot, ayuda de una manera clara, a respaldar teorías enunciadas, comprobando que estas técnicas sirven como una herramienta más en cualquier estudio arqueológico.

BIBLIOGRAFÍA

BISQUERRA ALZINA, R.(1989): Introducción conceptual al análisis multivariable. Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD. Ed: PPU. Barcelona.

BOIX, A.,CLAUSELL,G., JORDAN, M., SANFELIU,T.(1995): Estudio arqueométrico de fragmentos de cerámica antigua de Torrelló del Boverot de Almazora, Castellón (España). Estudis sobre cerámica antiga. M. Vendrell-Saz y otros eds. Barcelona.

CLAUSELL CANTAVELLA, G.(1995): Nuevos hallazgos fenicios en la provincia de Castellón. Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló, nº16. Pag.93-106. Castellón.

CLAUSELL CANTAVELLA, G.(1997): Materiales del Bronce medio en el Torrelló del Boverot d´Almassora (Castellón). Rev. La Murá. Pag. 21-30. Almassora (Castellón).

CLAUSELL CANTAVELLA, G.(EN PRENSA):El comercio fenicio en la desembocadura del río Mijares. III Jornadas de Arqueología Subacuática: Reunión internacional sobre puertos antiguos y comercio marítimo. Noviembre 1997. Valencia.

CLAUSELL, G., BOIX, A, SANFELIU,T, JORDAN, M. (1995): Análisis por DRX y SEM/EDX de fragmentos ibéricos (Siglo VI a. de C.) Boletin de la Sociedad Castellonense de Cultura, Tomo LXXI, Abril-Junio . Cuad. II. Pag. 283-290. Castellón.

CUADRAS, C.M. (1982): Problemas de probabilidad y estadística. Colección Laboratorio de Calculo, vol,II. Universidad de Barcelona.

GARCIA HERAS, M.(1994): Viaje al interior de una cerámica. El valor de la caracterización en el estudio de la cerámica arqueológica. Rev. de Arqueología nº 159, Julio. Pag. 26-35.Madrid

GOMEZ SIURANA, M.D.(1987): Caracterización de Cerámicas Arqueológicas de la Provincia de Alicante por Aplicación de Análisis Estadístico Multivariante a los Datos de Composición Química. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias, División de Ingeniería Química.

GONZALEZ PRATS, A. Y PINA GOSALBEZ, J.A.(1983): Análisis de las pastas cerámicas de vasos hechos a torno de la fase orientalizante de Peña Negra (765-550/35 AC). Rev. Lucentum II. Pag.115-154. Alicante.

JORDÁN, M.M., BOIX A., SANFELIU T. (1994): Análisis mineralógico por DRX y SEM de fragmentos cerámicos Ibéricos de un poblado del Mijares. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, 17-1. Pag. 33.

MALUQUER DE MOTES, J.(1958): El yacimiento Hallstáttico de Cortes de Navarra. Estudio Critico II. Institución " Príncipe de Viana". Navarra.

PÁRRAGA FERNÁNDEZ, M.(1996): Producción cerámica y arqueología. Facultat de Lletres, Universitat Autònoma de Barcelona.

POLVORINOS, A.J. (1994): Caracterización mineralógica y procesado de imágenes de las cerámicas romanas de un alfar del Rinconcillo (Cádiz). Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, 17-1. Pag. 31.

RUIZ, F. GOMIS, V., GOMEZ, A. Y ABAD, L.(1988-89): Caracterización de cerámicas arqueológicas de la provincia de Alicante por aplicación de análisis estadístico multivariante a los datos de composición química. Rev. Lucentum VII-VIII. Pag. 205-219. Alicante.

SANFELIU MONTOLIO, T. (1991): Mineralogía de Arcillas Cerámicas de Castellón. Diputación de Castellón.

SANMARTI, E., BARBERA, J., COSTA, F. Y GARCIA. P. (1982): Les troballes funeraries d'època Ibèrica arcaica de la Granja Solei (Santa Perpetua de Mogoda, Vallés Occidental, Barcelona). Ampurias, T. 44. Pag. 71-103.

SHEPARD, A. O. (1956). Ceramics for the Arqueologist, Ed. Carnegie Institution of Washington, Washington D.C., Pag.138-147.

TARRADELL, M. (1951): Ensayos de nuevos métodos para el estudio de las cerámicas antiguas. Zephirus, 2. Pag.43-45.

URIEL JIMÉNEZ, E. (1995): Análisis de Datos. Series temporales y Análisis multivariante. Ed. AC, Madrid.