Análisis estadístico comparativo de materiales cerámicos de época romana y actuales en la provincia de Sevilla

VICENTE FLORES ALÉS
DR. CIENCIAS QUÍMICAS
JESÚS BARRIOS SEVILLA
DR. CIENCIAS QUÍMICAS
ALFONSO GUIRAÚM PÉREZ
DR. CIENCIAS QUÍMICAS

A partir del análisis químico de una selección de 168 piezas cerámicas de construcción de época romana y actuales, se ha llevado a cabo un análisis estadístico con el objeto de estudiar las posibles diferencias y similitudes entre las muestras y a su vez entre los distintos yacimientos de procedencia. El estudio se ha realizado con el programa informático "statistica", mediante histogramas de frecuencia de los distintos componentes y análisis factorial.

From the chemical analysis of a group of 168 construction ceramic pieces of the roman period and modern, it have been developed the stadistic analysis in order to study possible differences and similitudes between samples and also between the settlements of provinence. The study have been done with the informatic program "statistica", by means of frecuence histograms of differents components and factorial analysis.

El objetivo del presente trabajo es el estudio estadístico comparativo, por análisis descriptivo, de frecuencias y factorial, de materiales cerámicos de construcción procedentes de distintos yacimientos de época romana de la provincia de Sevilla (Itálica, Carmo, Munigua, Arva, Astigi y Urso) y de ladrilleras, cercanas a dichos yacimientos (La Pañoleta, Mairena del Alcor, Écija, Arahal y Puebla de Cazalla), y que actualmente siguen fabricando según métodos tradicionales. Se han caracterizado un total de 168 piezas con objeto de establecer semejanzas y diferencias en función de las zonas de procedencia, relacionando las mismas con las características litológicas y por lo tanto con las posibles materias primas empleadas.

Con el fin de explicar los resultados obtenidos se ha realizado la descripción general de los valores porcentuales obtenidos, así como el análisis estadístico de datos. En primer lugar se presentan los resultados estadísticos descriptivos para el conjunto de valores, en la tabla de la figura 1 quedan reflejados los valores máximos, mínimos y medios, así como las medianas y desviaciones estándar. Los histogramas de frecuencia de los distintos componentes, junto con las curvas de Gauss esperadas en función de los valores medios, ponen de manifiesto la dispersión que se produce en los resultados cuando se analiza el conjunto global de datos. Por último, el análisis factorial desarrollado en base a los parámetros más significativos establece una clara separación de los diferentes grupos de muestras, produciéndose una clara diferenciación entre las muestras procedentes de los yacimientos romanos y las de época actual, presentando las primeras una dispersión sensiblemente mayor.

METODOLOGÍA ANALÍTICA

El estudio se ha llevado ha cabo a partir del análisis químico de componentes mayoritarios. Dichos análisis se han realizado por métodos clásicos de gravimetría para la sílice[1]; por espectroscopia de absorción/emisión atómica y de plasma ICP para los cationes, por turbidimetría en espectrofotómetro UV/VIS para análisis de sulfatos; y determinación de la pérdida al fuego (P.F.) a 1000 °C.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS

A continuación, se describen las relaciones existentes entre los diversos parámetros analizados y entre los distintos grupos, en función de sus procedencias.

Para los diversos analitos se observa un comportamiento distinto entre los elementos mayoritarios, fundamentalmente silicio y calcio, y los minoritarios. Ello es debido a que los componentes minoritarios tienen su origen exclusivamente en las arcillas y margas empleadas, mientras que los mayoritarios indicados pueden haberse adicionado con objeto de mejorar las propiedades plásticas de las materias primas, especialmente el silicio, incorporado como arena, siendo de resaltar que los elevados contenidos en calcio son típicos de los materiales cerámicos de la provincia de Sevilla[2].

Con la intención de presentar una visión global de las características de las piezas, los resultados del análisis estadístico se han analizado agrupando las muestras según procedencias, de esta manera se han considerado los siguientes grupos: Itálica-

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA TOTALIDAD DE LAS MUESTRAS

	N°	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. estándar
SiO_2	168	51,42	51,24	39,36	75,42	7,3
Al_2O_3	168	12,46	11,65	4,01	24,93	4,5
Fe_2O_3	168	7,66	8,09	1,23	14,34	3,4
CaO	168	13,52	13,10	0,00	21,17	4,3
MgO	168	2,04	2,03	0,00	5,83	0,9
MnO	168	0,19	0,06	0,00	1,69	0,4
PF	168	6,91	6,45	0,00	19,21	5,2
TiO_2	168	0,31	0,30	0,04	0,82	0,2
Na_2O	168	1,73	1,57	0,34	4,23	0,9
K_2O	168	3,27	3,32	0,16	9,74	1,2
SO_3	168	0,14	0,12	0,02	0,67	0,09

Figura 1

Pañoleta, Carmona-Mairena del Alcor, Munigua-Arva, Astigi-Écija y Osuna-Arahal-Puebla de Cazalla.

Si se analizan los resultados estadísticos del conjunto total de datos (figura 1), a pesar de que los datos carecen de una significación clara por abarcar grupos de muestras de procedencia y características muy variadas, se puede observar que, en general, las desviaciones estándar no son elevadas atendiendo a los valores de porcentajes y a las diferencias observadas entre los valores máximos y mínimos, siendo las dispersiones de datos proporcionalmente mayores las presentadas por la sílice y la P.F.; estando la dispersión plenamente justificada en ambos casos. La sílice puede tener un doble origen, en primer lugar procedente de las materias primas, y en segundo lugar aportada durante el proceso de amasado con la arena empleada como desgrasante; estas posibilidades hacen que los contenidos sean variables. La P.F. presenta también valores variables puesto que los carbonatos se han descompuesto en función de las temperaturas de cocción, y posteriormente se ha podido producir un proceso de recarbonatación al aire cuya cinética no es bien conocida[3].

Itálica

El grupo lo componen un total de quince piezas, con la salvedad de que una de ellas presentaba dos zonas diferentes, por lo que se tomaron dos muestras de la misma.

Los ladrillos procedentes de Itálica no presentan diferencias de especial importancia en sus composiciones. Sí son reseñables los valores obtenidos para el calcio y la P.F., por estar estos relacionados directamente entre sí. Como dato sensiblemente diferenciador, indicar los elevados porcentajes de sodio y de potasio, 3,20% y 4,48% respectivamente, que alguna de las muestras presentan con respecto al resto.

La Pañoleta

En las muestras procedentes de La Pañoleta se han distinguido dos subgrupos atendiendo al color de los ladrillos, amarillo y rojo, ambos constan de quince piezas cada uno. No se presentan valores muy dispares, lo cual era previsible, debido a que las características de las materias primas y condiciones de cocción han sido similares.

La diferencia más significativa entre ambos grupos, es el mayor contenido en hierro de las muestras rojas, lo cual era perfectamente esperable, puesto que este componente es el causante de la coloración de estas piezas. Otra diferencia es la mayor P.F. de las muestras rojas, lo que debe tener su origen, en una menor temperatura de cocción alcanzada en el horno.

Carmona

Las muestras analizadas de Carmona son ocho. Tienen como principal característica la gran dispersión de resultados, son especialmente importantes las diferencias en los valores de calcio, magnesio y P.F. Para los otros parámetros se producen divergencias grandes de tipo puntual, este es el caso de los valores de aluminio (8,56%), de hierro (1,23%) y de sulfatos (0,09%). Los resultados de manganeso, titanio, sodio y potasio son los que presentan una mayor homogeneidad.

Mairena del Alcor

Los resultados de todos los grupos de piezas modernas tienen como común denominador la semejanza de resultados y la pequeña dispersión de valores, el grupo de quince piezas de Mairena del Alcor no es una excepción a este comportamiento; así, los porcentajes obtenidos para los diversos parámetros son muy similares. Los contenidos en aluminio y P.F. son los que presentan mayores divergencias, para el primero destacan los valores especialmente bajos de dos de las muestras (6,53% y 5,81%), y para el segundo los de cuatro (1,86%, 3,36%, 3,87% y 4,49%). El resto de analitos presentan una gran homogeneidad, siendo

destacables los elevados contenidos en manganeso, muy superiores al resto de piezas.

Al margen de las dispersiones lógicas de algunos valores para las muestras de Carmona, si se analizan los dos grupos conjuntamente, se pueden observar diversas diferencias. Los contenidos en aluminio de las piezas de Carmona son globalmente superiores, al igual que los de hierro, calcio y titanio; los valores de sodio y potasio son muy superiores para las piezas de Mairena; el resto de valores son similares, con mínimas variaciones debidas a la diferente procedencia.

Munigua

Las piezas procedentes del yacimiento de Munigua son cinco, presentando una de ellas un aspecto completamente diferente al resto poniéndose de manifiesto en el análisis químico que dicha muestra es totalmente distinta.

La muestra diferente tiene una composición del tipo de las piezas de Arva, mientras que el resto se caracteriza por un elevado porcentaje de silicio, que llega a alcanzar el 75,42%, un contenido muy bajo en calcio, en algunos casos se hace nulo, así como una baja P.F., nula también para dos muestras. Es importante indicar la alta cantidad de sodio y potasio, especialmente este último, esto valores elevados se encuentran relacionados con las características geológicas de la zona, de naturaleza granítica.

Los contenidos en aluminio son bajos, en torno al 9%, salvo para la muestra ya señalada. El intenso color rojo de los ladrillos podía hacer suponer **a priori** un elevado contenido en hierro; sin embargo, aún siendo este alto no llega a alcanzar el 8%. La presencia de titanio, es especialmente abundante respecto del resto de grupos de muestras, alcanzando el 0,82%.

Arva

Las quince piezas de Arva son las que presentan una mayor homogeneidad en su composición dentro de los grupos de época romana, a pesar de abarcar ladrillos y tégulas (tejas) indistintamente. No se aprecia ningún dato que difiera en exceso del comportamiento del resto. Únicamente, en los análisis de calcio y la pérdida al fuego aparece una dispersión de datos algo mayor. Resulta especialmente elevado el contenido en hierro, muy superior a las piezas de Munigua y al resto de grupos, estando este en torno al 11%. Los porcentajes de magnesio son muy bajos, respecto a los contenidos observados para otros grupos de muestras, tan solo en dos casos se sobrepasa el 0,05%.

Analizando conjuntamente los datos estadísticos descriptivos de los dos grupos se pone de manifiesto el contenido en sílice, sensiblemente diferente, de las cuatro muestras iguales de Munigua, presentando una desviación estándar muy superior al resto de los grupos (9,2). El resto de los parámetros no presenta una dispersión de resultados significativa.

Astigi

El grupo de muestras de Astigi es el más numeroso de todos los analizados, diecinueve ladrillos, y las piezas tienen una procedencia diversa, a pesar de ello, no se produce una dispersión de resultados importante en los resultados del análisis químico. Lo que sí se percibe desde un primer momento la aparición de dos grupos de muestras, claramente diferenciados, uno compuesto por diez piezas y otro por el resto. El primer grupo se diferencia del segundo por un contenido sensiblemente inferior de silicio y unos porcentajes de hierro, sodio y potasio muy superiores. El resto de parámetros analizados se comportan de manera muy similar, alguno de ellos como es el caso del aluminio y P.F. presentan unas oscilaciones algo mayores; mientras que el calcio presenta dos valores que puntualmente difieren del resto, que se agrupan con una buena homogeneidad.

Écija

Entre las muestras de Écija, quince en total, no se perciben datos especialmente llamativos, todos los parámetros se comportan de forma homogénea, salvo la P.F., que presenta una dispersión de resultados algo mayor, con unos valores extremos entre 17,13% y 5,04%.

Respecto de las muestras de Astigi, estas piezas se pueden asemejar a las muestras del primer grupo, aunque existen diferencias sensibles en los contenidos de aluminio, en componentes minoritarios como magnesio y potasio, y algo menores para el calcio.

Osuna

Al igual que las muestras de Arva, las muestras procedentes del yacimiento de Osuna tiene un cierta homogeneidad en su composición química, manifestándose algunos valores aislados, que difieren del comportamiento general de las muestras. Hay dispersiones de datos especialmente importantes en los contenidos en silicio, calcio y P.F. Aunque tan sólo una muestra tiene unos datos globales sensiblemente distintos al resto.

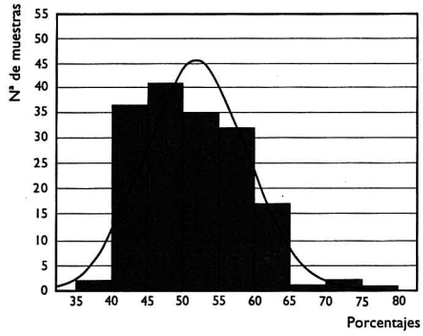
Es importante resaltar los elevados valores obtenidos para el calcio (19,80%), la P.F. (19,21%), y muy especialmente sodio y potasio (4,23% y 9,74), donde se alcanzan los valores más altos del conjunto de muestras. Igualmente, los valores obtenidos para el aluminio y el hierro son significativamente bajos, 8,74% y 2,30% respectivamente.

Arahal

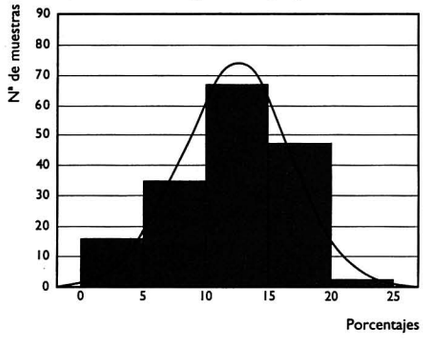
El grupo de Arahal se compone de quince piezas que han sido elabora-

Figuras 2 a 12
Histogramas de frecuencia

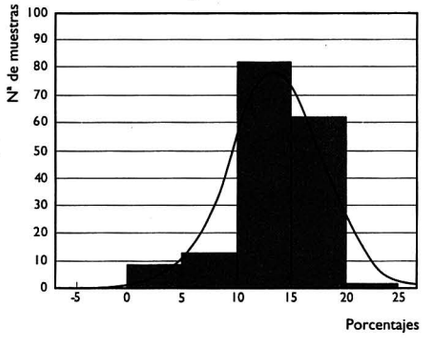
Histograma SiO_2



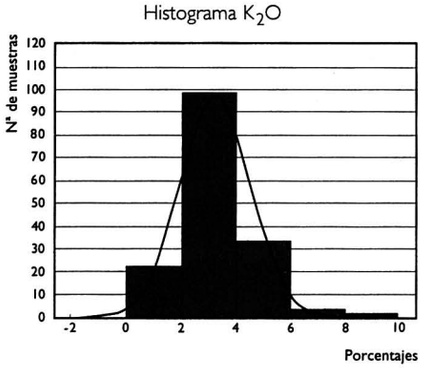
Histograma Al_2O_3



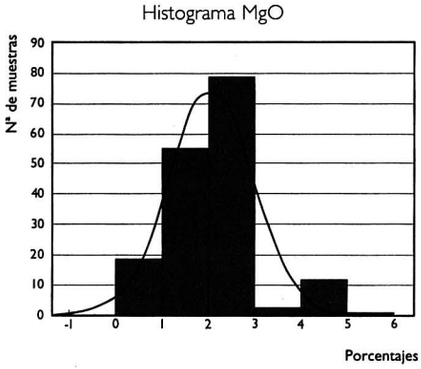
Histograma CaO



Histograma K_2O



Histograma MgO



das con un sistema de fabricación más avanzado, tanto para el tratamiento de materias primas, como para la cocción de los ladrillos; este mayor grado de mecanización se refleja en una gran homogeneidad en la composición química. Pudiéndose tan solo señalar divergencias puntuales en algunos contenidos en sodio y P.F. de muestras aisladas.

Resultan elevados los valores de aluminio y de hierro 18,30% y 10,08%, lo que resulta coincidente con los análisis de las piezas de Puebla de Cazalla, lo cual se explica por la proximidad geográfica de ambas poblaciones, ello implica la gran similitud de las materias primas empleadas. También son especialmente elevados los porcentajes de calcio, con un valor máximo del 19,43%.

Puebla de Cazalla

La composición química de las muestras de Puebla de Cazalla es, en todos los aspectos, muy similar a la de las piezas de Arahal, por los motivos antes expuestos. Los porcentajes de todos los analitos, salvo del potasio, oscilan en márgenes prácticamente coincidentes. El contenido en potasio es algo superior en los ladrillos de Puebla de Cazalla, por lo demás no hay ninguna diferencia significativa con el grupo de Arahal.

Resulta especialmente significativo, el contenido superior en sulfatos que presentan las muestras de Arahal, lo que puede implicar una menor calidad en los combustibles empleados o bien de las aguas de amasado, que hayan dado lugar a la contaminación de las piezas.

Cuando se observa el conjunto de resultados que ofrecen las muestras de Arahal y Puebla de Cazalla se percibe una semejanza grande entre los grupos de piezas actuales, como ya ha quedado descrito, mientras que las muestras de Osuna difieren del resto de forma especial en los contenidos en sesquióxidos metálicos de alumi-

nio y de hierro; siendo también muy diferentes las P.F., las de las piezas de Osuna son mucho más altas debido a la carbonatación ambiental.

ANÁLISIS DE HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

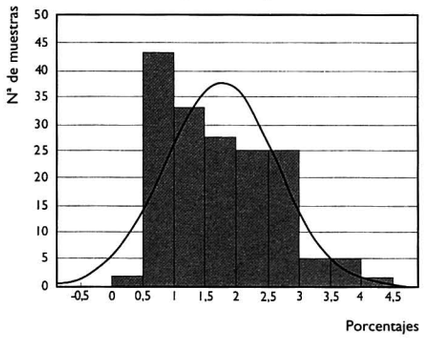
A continuación se presentan los histogramas de distribución de frecuencias para cada uno de los parámetros químicos analizados, representándose el número de muestras frente a las distintas bandas de porcentajes. En la misma gráfica se incluye la curva teórica de distribución de resultados calculada a partir de los valores estadísticos antes descritos.

Del estudio de estas representaciones gráficas se pueden distinguir tres grupos en función de como se conjugan los resultados obtenidos y la curva de comportamiento esperado (figuras 2 a 12).

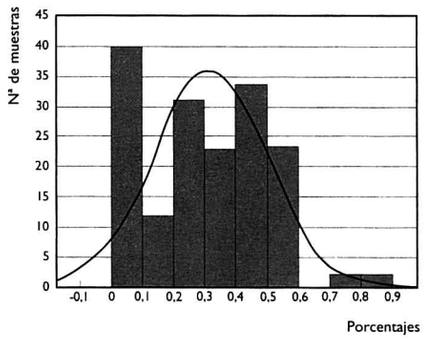
Un primer grupo estaría compuesto por aluminio y potasio, son los componentes que tienen un comportamiento más homogéneo respecto de la curva de Gauss ideal.

El segundo grupo lo compondrían aquellos analitos, cuyos resultados, aún teniendo una distribución continua no se adaptan con la misma homogeneidad a la curva, en este grupo se incluyen silicio, calcio, magnesio, sodio y sulfatos. De todos ellos, el silicio es el que tiene una distribución más homogénea. El calcio se agrupa de forma mayoritaria en valores por encima del 10%, siendo muchas menos las muestras que lo hacen por debajo de este porcentaje, la situación que presentan los resultados de contenido en magnesio y sulfatos es similar, sólo que en estos casos la agrupación se produce en los valores más bajos, inferiores al 3% para el sodio y al 0,2% para los sulfatos. Observando el histograma correspondiente al sodio, se puede considerar que su comportamiento es bastante homogéneo, descendiendo de manera continua a partir del

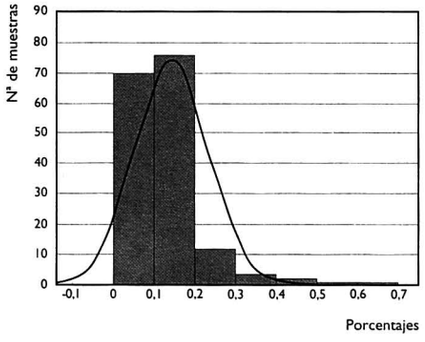
Histograma Na_2O



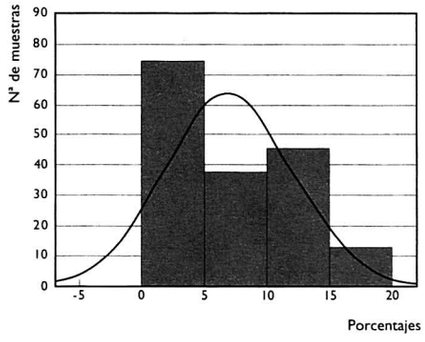
Histograma TiO_2



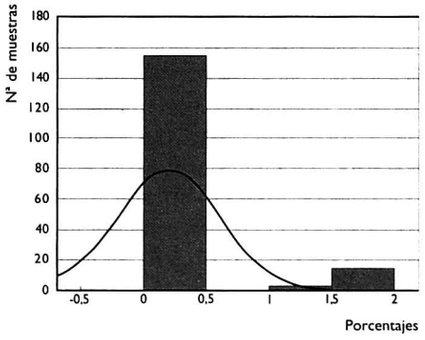
Histograma SO_3



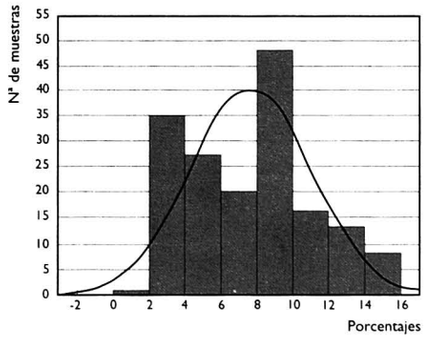
Histograma P.F.



Histograma MnO



Histograma Fe_2O_3



0,5%, al principio con regularidad, para disminuir bruscamente el número de muestras que se encuentran por encima del 3%.

El último grupo lo formarían los componentes cuya distribución es más heterogénea. El comportamiento de estos analitos tiende a que las muestras se agrupen de manera especial en dos zonas. Los valores de hierro tienen un tendencia descendente y regular, desde el 2% hasta el 16%, con la distorsión que supone la zona comprendida entre el 8% y el 10%, en la que se da el mayor agrupamiento de muestras. Para la P.F. se producen dos zonas de acumulación de muestras una entre el 0% y el 5% y otra entre el 10% y el 15%. Por último, el titanio es el componente con una distribución más irregular, no existiendo agrupamientos definidos.

El manganeso no se ha incluido en ninguno de los grupos descritos debido a que, prácticamente, todos los valores quedan agrupados en una sola banda del histograma, entre 0,0% y 0,5%, con un pequeño grupo de valores desplazados, entre 1,5% y 2%.

ANÁLISIS FACTORIAL

Mediante el análisis factorial, aplicado sobre el conjunto total de muestras, y considerando todos los parámetros analíticos estudiados, se han obtenido cinco factores, los cuáles presentaban una escasa explicación de la varianza.

Con el fin de conseguir unos factores que alcancen una mayor significación química y algebraica y que expliquen adecuadamente la variabilidad de los resultados, se ha seleccionado una serie de parámetros que, en función de los factores de carga rotados, se han agrupado en tres factores que tienen un significación suficientemente importante; se ha considerando para su elección un factor de carga por encima del 80%. La selección de estos parámetros se ha llevado a cabo mediante la exclusión

FACTORES DE CARGA ROTADOS
Una vez seleccionados los parámetros

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
SiO_2	-0,95*	0,06	0,02
Fe_2O_3	-0,35	-0,15	-0,99*
CaO	0,88*	0,19	0,09
Na_2O	-0,27	-0,81*	0,10
K_2O	0,08	-0,90*	-0,10

Figura 13

PORCENTAJE DE VARIANZA EXPLICADA POR LOS DISTINTOS FACTORES

Factor	Varianza explicada
F1	35,0 %
F2	30,2 %
F3	20,3 %
Total	85,5 %

Figura 14

de aquellos que en el análisis factorial global tenían unos factores de carga más bajos (figura 13).

Los factores que han resultado de esta operación han sido los siguientes:

– El factor 1 queda compuesto por silicio y calcio, ambos están relacionados entre sí, siendo los componentes que intervienen en las principales reacciones que se producen a alta temperatura durante la cocción, dando lugar a silicatos cálcicos.

– El factor 2 agrupa sodio y potasio que, son componentes que se presentan formando parte de los feldespatos.

– El factor 3 se compone únicamente de hierro, el cual tiene su importancia como óxido que se modifica durante la cocción, pudiendo provocar alteraciones cromáticas[4].

Los porcentajes de varianza explicada individualmente por los distintos factores es elevada, y así mismo, el porcentaje total es superior al que se obtenía para cinco factores (figura 14).

En las figuras 15 a 24, se exponen los mapas de posición de puntos, o de scores, en los que, con objeto de simplificar el análisis, se ha representado el factor 1 frente a los otros dos, en ellos se observa el grado de relación que, en función del análisis factorial, tienen las muestras y grupos de muestras entre sí. Con el fin de clarificar lo más posible estas representaciones, las muestras se han agrupado en las cinco áreas de procedencia ya referidas. De forma clara, el agrupamiento de las muestras actuales es muy superior al observado para las muestras de época romana; este resultado era previsible, teniendo las muestras antiguas un comportamiento muy desigual con respecto a los distintos factores.

De estos diagramas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Itálica /La Pañoleta

– Para la zona de Itálica y La Pañoleta, las muestras de La Pañoleta presentan una homogeneidad muy importante.

– Los factores 1 y 2, en mayor medida el 2, provocan una importante dispersión en las piezas de Itálica.

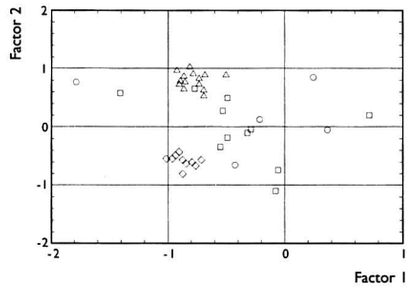
– El factor 3 discrimina claramente al grupo de piezas PA con respecto al resto, estando ello plenamente justificado por la diferencia de color, asociable a un menor contenido en óxido de hierro.

Carmona/Mairena del Alcor

– El conjunto formado por las muestras procedentes de Carmona y Mairena del Alcor se caracteriza por la diferenciación importante que se produce entre ambos grupos.

– Las piezas de Mairena aparecen perfectamente agrupados con respecto a los tres factores.

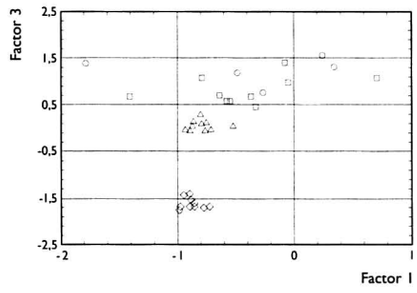
– El factor 1 no da lugar a distinción entre las muestras de Carmona, tan sólo una muestra de adobe se separa significativamente del resto. Los factores 2 y 3 provocan el desagrupamiento de las piezas de antiguas, siendo el factor 3 el que contribuye en mayor medida a esta dispersión.

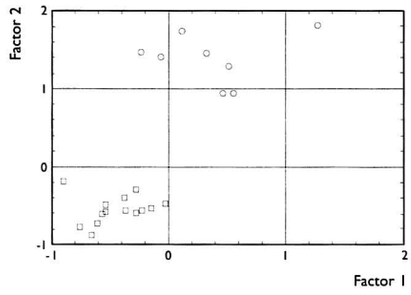


Itálica /La Pañoleta

○ V_1 = I □ V_1 = IA ◇ V_1 = PA △ V_1 = PR

Figuras 15 y16
Mapas de scores F_1/F_2 y F_1/F_3

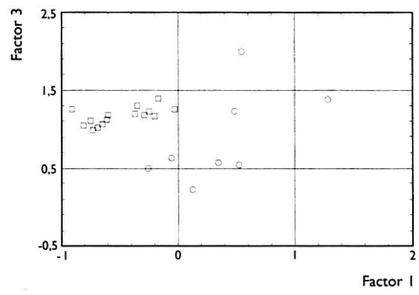


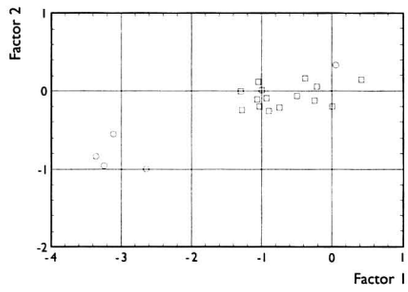


Carmona/Mairena del Alcor

○ V_1 = C □ V_1 = MA

Figuras 17 y 18
Mapa de scores F_1/F_2 y F_1/F_3

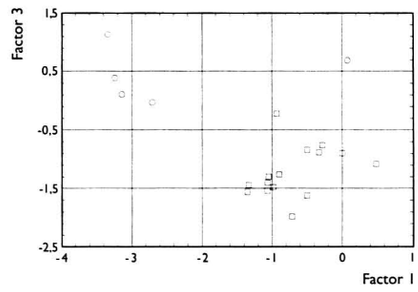


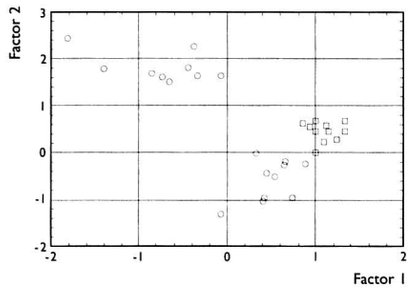


Munigua/Arva

○ V_1 = M □ V_1 = A

Figuras 19 y 20
Mapa de scores F_1/F_2 y F_1/F_3

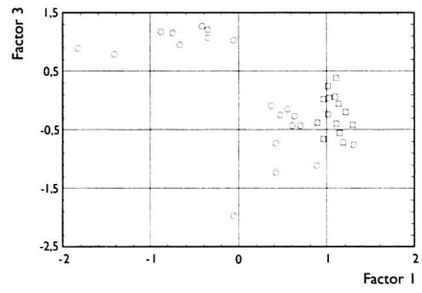


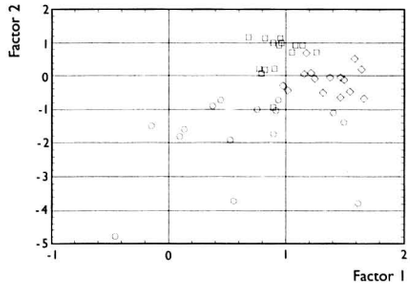


Astigi/Écija

○ V_1 = E □ V_1 = EC

Figuras 21 y 22
Mapa de scores F_1/F_2 y F_1/F_3

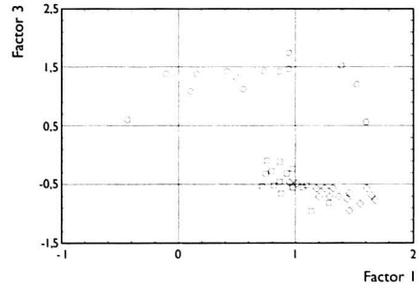




Osuna/Puebla de Cazalla/Arahal

○ V_1 = O □ V_1 = AR ◇ V_1 = PC

Figuras 23 y 24
Mapa de scores F_1/F_2



Munigua/Arva

– La observación de los mapas de puntos de las muestras de Munigua y Arva pone de manifiesto, de manera inmediata, la semejanza de una muestra de Munigua con las muestras de Arva, distanciándose significativamente del resto.

– En el diagrama F_1/F_2 se produce un agrupamiento importante de ambos grupos, con la salvedad de la muestra ya indicada. Este hecho es especialmente significativo, teniendo en cuenta la gran dispersión que se produce en el resto de grupos de piezas de origen romano.

– El factor 3 es el que produce una mayor dispersión entre las muestras, siendo los contenidos en hierro distintos para estas muestras, y como ya ha quedado indicado, estas diferencias tienen su origen en la geología de las zonas de procedencia de las materias primas empleadas.

Astigi/Écija

– Las principales características de las muestras procedentes de esta zona son, de una parte el lógico agrupamiento de las muestras modernas, y de otra la separación en dos grupos que se da entre las piezas de Astigi. Esta diferencia ya se puso de manifiesto al analizar la composición de dichas muestras.

– En estos dos subgrupos de piezas de Astigi se produce una mayor contribución del factor 1 a la separación de los puntos.

– Es importante indicar el buen grado de agrupamiento que se produce en los dos subgrupos que quedan definidos.

Osuna/Puebla de Cazalla/Arahal

– Los diagramas de puntos de este grupo muestran un gran dispersión para las muestras de Osuna, mientras que las piezas de Puebla de Cazalla y Arahal aparecen bien agrupadas y próximas entre sí.

– El mapa F_1/F_3 manifiesta una clara distinción entre grupos, de manera especial entre las piezas modernas y antiguas.

– La separación producida por el factor 2 para las piezas de Osuna es proporcionalmente mayor a las descritas para el resto de piezas.

CONCLUSIONES

Para las muestras estudiadas, las características geológicas de las zonas de origen de las materias primas tan sólo se ponen claramente de manifiesto como elemento diferenciador de las piezas cuando son especialmente distintas al resto, así ocurre para las muestras de Munigua. Ello está motivado por la utilización de materias primas muy similares, margas con un considerable contenido en carbonato cálcico.

Los resultados de la composición química ponen de manifiesto la similitud de los ladrillos modernos de una misma procedencia y la variación composicional de las piezas romanas; así como las relaciones existentes entre los grupos de muestras de un mismo área, regidas por distintos componentes químicos que diferencian unos de otros.

Estos componentes, que actúan diferenciando los grupos, varían según la zona.

La formación de carbonato cálcico debida a la acción del dióxido de carbono ambiental sobre el óxido de calcio presente en las cerámicas es un proceso cuya cinética no es del todo bien conocida.

En las piezas antiguas se puede confirmar que se ha producido esta recarbonatación, del mismo modo que las piezas actuales presentan un comportamiento diverso en función del lugar de procedencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. MARTÍN, A.: *ENSAYOS Y EXPERIENCIAS DE ALTERACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE OBRAS DE PIEDRA DE INTERÉS HISTÓRICO ARTÍSTICO*. FUND. ARECES. MADRID. 1990. PP. 279-281.

2. MAGGETTI, M.: *MAJOLIKA AUS MEXIKO: EIN ARCHÄOMETRISCHES FALLBEISPIEL*. FORTSCHRITTE DER MINERALOGIE. VOL. 64, Nª1. 1986. PP. 87-103.

3. FABBRI, B. ET AL.: *THE MAJOLICA FLOORING OF SAN SEBASTIANO IN VENICE*. FOUR EUROCERAMICS. VOL. 14. PP. 383-392.

4. KREIMEYER, R.: *SOME NOTE ON THE FIRING COLOUR OF CLAY BRICKS*. APPLIED CLAY SCIENCE. 1987. PP. 175-183.