

Caracterización petrológica de los morteros de la fuente prerrománica de Foncalada, Oviedo

A. ROJO, F. J. MATEOS y L. VALDEÓN

Gea asesoría geológica. c/ Uría 24, Ofic. 9, 33003 – Oviedo

E-mail: correo@geaasesoria geologica.com

Resumen: La fuente prerrománica de Foncalada (Oviedo, España) presenta en la actualidad una pérdida acusada de morteros de juntas entre sillares que incrementa la inestabilidad estructural de su fábrica. Existen varios tipos de mortero de juntas, entre los cuales destaca uno por su buen estado de conservación. El objetivo de este trabajo es realizar la caracterización petrográfica de los morteros, delimitar el mortero histórico original y recomendar un nuevo mortero de restauración. Los resultados permiten identificar las características del mortero histórico –el mejor conservado– como un mortero de cal hidráulica, por lo que se recomienda una formulación similar para el nuevo mortero.

Palabras clave: morteros, Foncalada, Oviedo, prerrománico, petrografía, deterioro.

Abstract: The pre-romanesque fountain of Foncalda (Oviedo, Spain), made of ashlar stone, shows a remarkable lost of joints mortars which leads to its structural instability. There are several types of mortars, but only one has been checked to be well preserved. The objective of this paper is characterizing all these mortars, trying to separate that considered original from the ones replaced and establish proper formulation and proportions for a new restoration one. Results define the petrography of the best preserved mortar at the fountain – a hydraulic lime one- considered to be the original mortar, therefore recommending a similar one for restoration.

Key words: mortars, Foncalada, Oviedo, pre-romanesque, petrography, deterioration.

De forma general puede decirse que la fuente de Foncalada presenta buen estado de conservación si se tiene en cuenta su antigüedad (siglo IX). Pero si se analiza con detalle el estado de los materiales que la conforman, puede hablarse de cierto deterioro que podría progresar y poner en peligro la estabilidad de la edificación.

Una de las patologías más comúnmente observadas es la pérdida de materiales, que afecta fundamentalmente al mortero de juntas. Estas faltas producen la inestabilidad estructural de algunas zonas, como ya está ocurriendo en la parte posterior, que mira al oeste (Fig. 1a). Los sillares, al perder su elemento de unión, quedan más expuestos a los fenómenos atmosféricos siendo más susceptibles al deterioro. En esta situación, los sillares van redondeando sus aristas, el material de relleno que sustenta la fábrica se va perdiendo por lavados sucesivos, y finalmente se puede producir el colapso de parte de la

estructura. La pérdida total o parcial del mortero de juntas favorece, además, la infiltración y percolación de agua y la implantación de organismos vegetales.

En este trabajo se caracterizan petrológicamente los morteros presentes, con objeto de estudiar la situación de los mismos y recomendar un nuevo mortero de restauración.

Caracterización petrológica de los morteros

Macroscópicamente en la fuente de Foncalada se diferencia un mortero original y varios morteros de reposición aplicados en intervenciones anteriores (Fig. 1b).

Se trata de caracterizar estos materiales mediante microscopía óptica de polarización, microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X y establecer en la medida de lo posible su secuencia de aparición.



Figura 1. Fuente de Foncalada. A) Parte trasera, donde destaca la pérdida del mortero de juntas entre sillares. B) Frontal: se observan restos del mortero de juntas original (entre las dovelas del arco) y de otros morteros de aplicación posterior (próximos a la cubierta de la edificación).

Mortero original

Sólo se conserva en algunas zonas de la fuente (cara frontal y posterior). Macroscópicamente es un mortero de color blanquecino, presumiblemente de cal, con áridos de color pardo-anaranjados. Se trata de un mortero homogéneo, compacto y de elevada coherencia y aparente dureza. A simple vista pueden identificarse como áridos, fragmentos de adobe o ladrillo, con colores rojizos, anaranjados y marrones, y con tamaños que pueden alcanzar los 7 mm, frecuentes en morteros históricos (Pavía et al., 2000). El resto del árido de menor tamaño no es identificable a esta escala. También se detecta la presencia de poros y fisuras (Fig. 2). Al microscopio óp-

tico de polarización (POL), este mortero está constituido por un conjunto de granos minerales y fragmentos cerámicos (30%) flotando dentro de una matriz carbonatada (55%) (textura flotante). El 15% del volumen restante corresponde a los espacios vacíos (Fig. 3 a).

Una de las características típicas de este mortero, común a los morteros de la época, es la presencia como árido de fragmentos de adobe o ladrillo (Fig. 3b, d). Éstos presentan tamaños muy variables que van desde los 0,1 mm hasta casi 1 cm, siendo más frecuentes aquellos con tamaños de 2-3 mm. Los fragmentos cerámicos (25%) presentan, de manera general, un conjunto de granos de cuarzo de morfologías irregulares y diferentes tamaños junto a cristales elongados y orientados de moscovita, flotando dentro de una masa de material arcilloso ocre-rojiza (Fig. 3d).

El resto del árido está constituido por cristales irregulares de cuarzo (5%), con tamaños que oscilan de 0,8 a 0,1 mm, y en pequeña proporción (<1%) aparecen algunos opacos.

La identificación de las fases mineralógicas constituyentes de los ladrillos, presenta dificultades, debido a que durante su cocción, las partículas minerales pueden sufrir cambios en su estructura cristalina, aún permaneciendo sólidas o bien se pueden fundir total o parcialmente (Balbas et al., 2001).

La matriz está constituida por una masa de calcita microcristalina, originariamente cal, variando su tamaño de micrita (<4µm) a microesparita (4-20µm). En muchas zonas de las preparaciones se ha podido observar la presencia de carbonataciones de la matriz, que incluso llegan a englobar a algunos fragmentos cerámicos. Estas carbonataciones son las que provocan el fraguado del mortero, llegando a apreciarse la formación de bandas de carbonatos, correspondientes a diferentes episodios del proceso (Fig. 3c).

La composición mineralógica del mortero está constatada por los resultados obtenidos con difracción de rayos X y el análisis químico elemental por energía dispersiva de rayos X (EDX), obtenido al microscopio electrónico de barrido. Los minerales identificados han sido: calcita, cuarzo, yeso, moscovita y montmorillonita. La mezcla de cal, arena y material laterítico en la preparación de morteros responde más a los patrones de la antigüedad que a los medievales (Ríos, 1999). Aunque existen evidencias de que los egipcios conocían la producción de cal, fueron más tarde los griegos y sobre todo los romanos los que la utilizaron a mayor escala.

Del análisis químico elemental y las tablas de porcentajes atómicos (Tabla I) se deduce que los elementos químicos exógenos al mortero son el azufre y el cloro. Estos elementos, presentes en la atmósfera o en el suelo, se

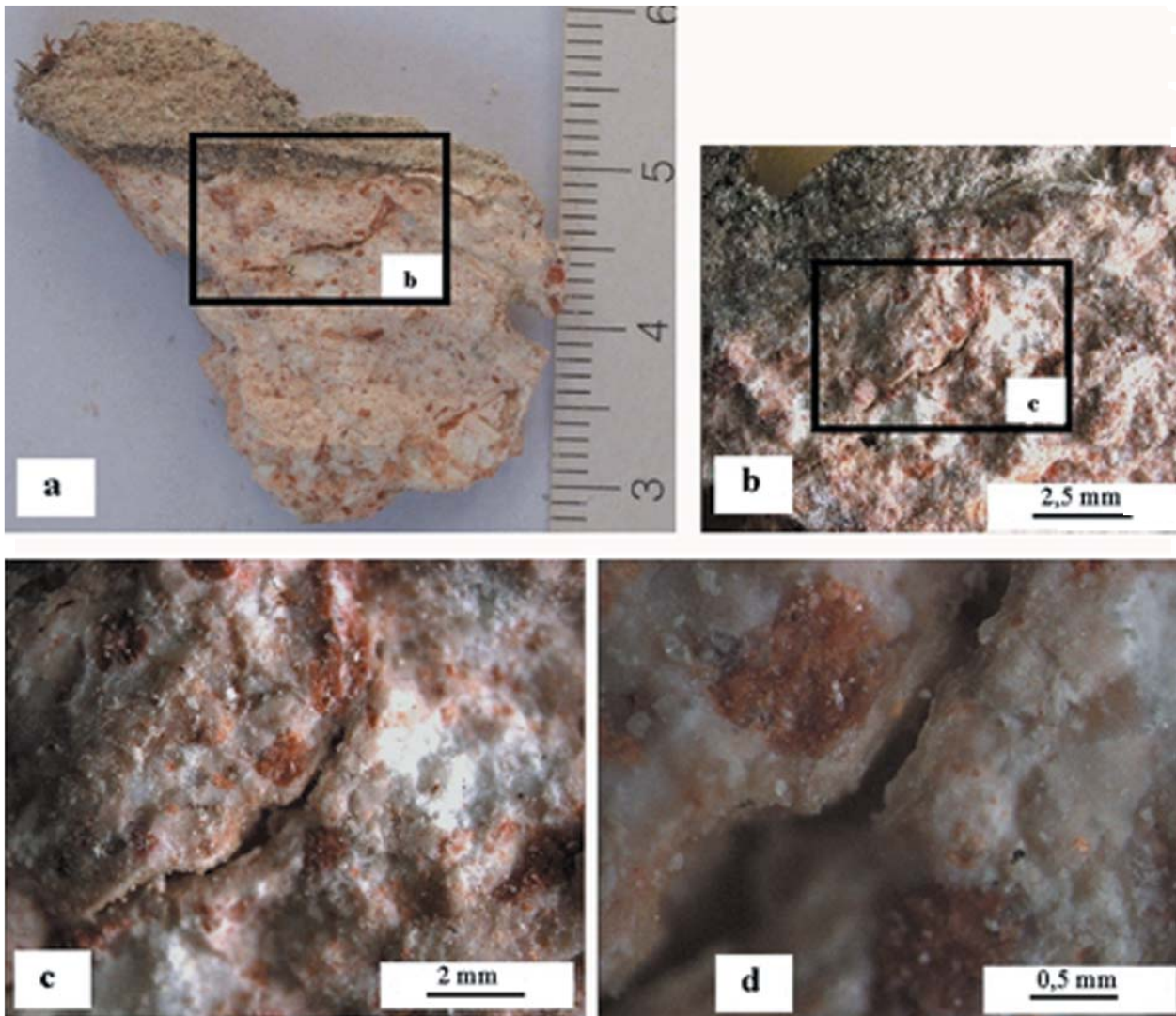


Figura 2. Aspecto general (a) y detalles una muestra correspondiente al mortero original. Aparentemente se trata de un mortero de cal con fragmentos cerámicos como áridos. Destaca la presencia de espacios vacíos tipo fisura (b, c, d) que en algunos casos han sufrido procesos de carbonatación (c, d).

combinan con elementos propios del mortero para formar minerales de neoformación (yeso y sal amónica).

La porosidad relativa es próxima al 15%. Se trata de poros con morfologías irregulares y tamaños variables. Algunos de estos poros se asocian a procesos de disolución, sobre todo aquellos próximos a las zonas de carbonatación anteriormente citadas. Los demás son de tipo vacuolar.

Se trata por tanto de un mortero de cal hidráulica en el que la hidráulica depende del contenido en arcillas y de la temperatura alcanzada durante la cocción.

Morteros de reposición

En este apartado se agrupan cinco variedades de morteros de reposición que debido a sus características intrín-

secas, han de corresponder probablemente a varias generaciones diferentes.

TIPO I: Macroscópicamente, corresponde a un mortero de color grisáceo, con aspecto homogéneo, coherente y muy compacto en el que a simple vista sólo se identifican los minerales opacos (Fig. 4a, b, c).

Al microscopio óptico de polarización se observa un conjunto de granos minerales (20%) flotando dentro de una matriz carbonatada (50%) (Fig. 4d, e); el 30% restante corresponde a los espacios vacíos (Fig. 4d, e, f).

El árido está constituido mayoritariamente por minerales opacos de morfología irregular, con tamaños que oscilan entre 0,01-0,5 mm. En proporciones mucho menores, aparecen granos de cuarzo de tamaños y morfolo-

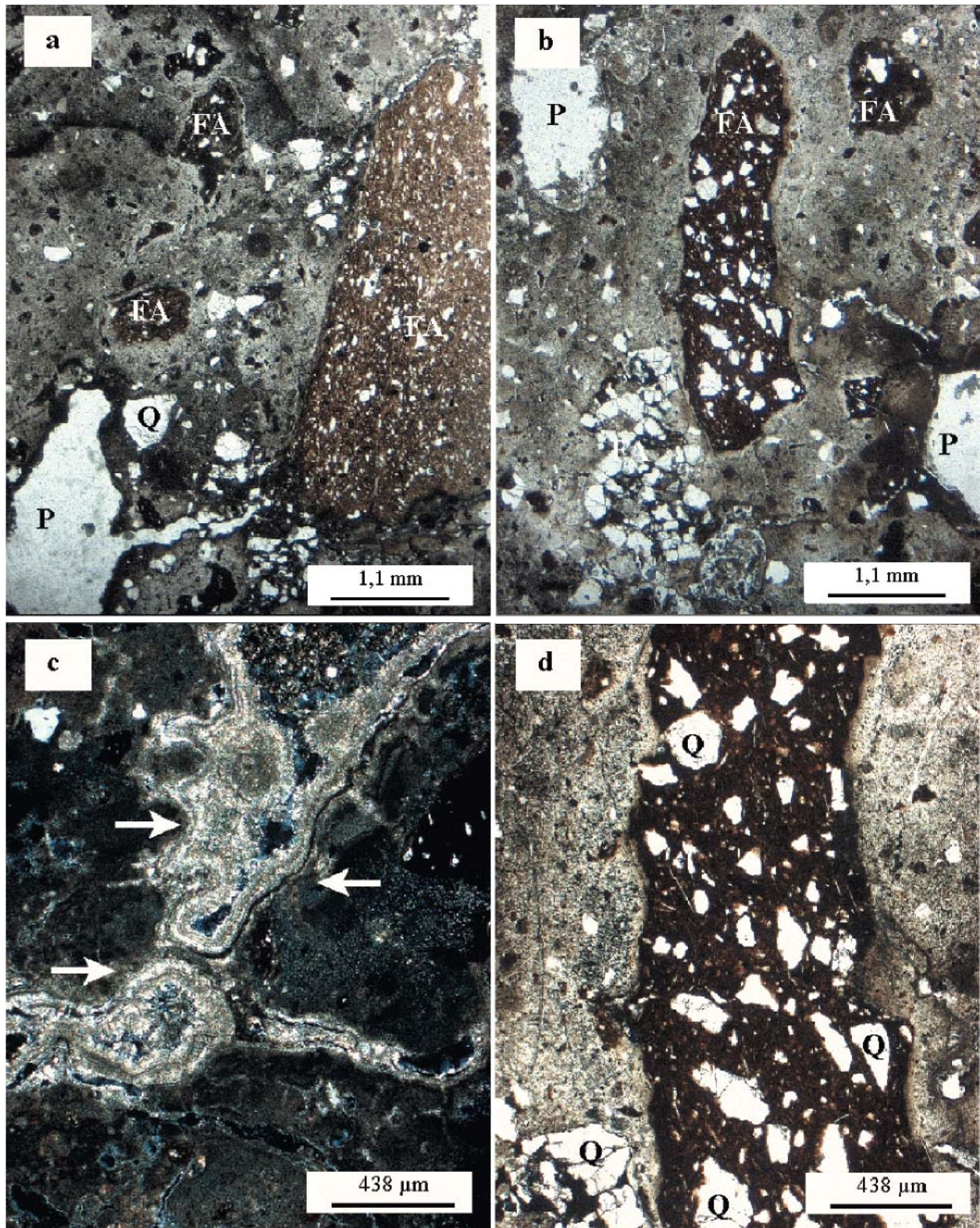


Figura 3. Aspecto microscópico del mortero original donde se diferencian fragmentos cerámicos (FA), granos de cuarzo (Q) y poros (P) (a, b); c) detalle de una de las zonas del mortero donde se observan bandas de carbonatación (flechas); d) detalle de uno de los fragmentos cerámicos. a, b, y c, nicoles paralelos; d, nicoles cruzados.

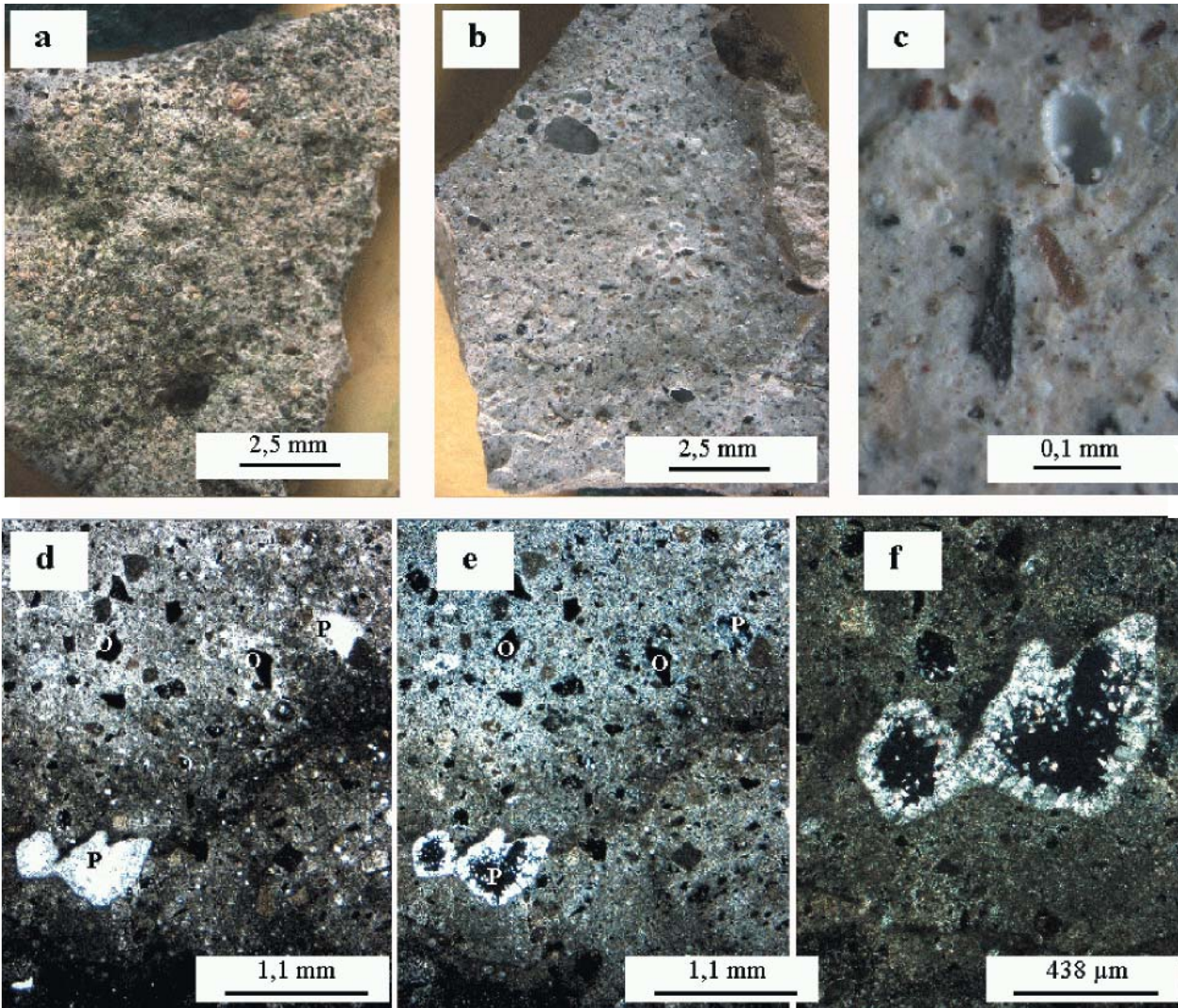


Figura 4. Características del mortero de reposición Tipo I. a, b) aspecto macroscópico; bajo la lupa, en c, destaca la presencia de minerales opacos y poros de tipo vacuolar. d, e, f) aspecto microscópico; en las imágenes destaca la presencia en el árido de minerales opacos (en negro en c y d) y la presencia de numerosos poros (P); la matriz carbonatada que se observa en la parte superior de d y e es de tamaño microesparítico. f) detalle de poros en cuyo interior se forman cristales de calcita. d, nicoles paralelos; c, f9 nicoles cruzados.

gías similares a los opacos, y pequeños fragmentos de roca de caliza micrítica.

La matriz está constituida por una masa de calcita microcristalina con tamaños que varían de micrita a microesparita (Fig. 4d, e). En muchas zonas la matriz aparece teñida por óxidos de hierro.

La porosidad relativa de este mortero se sitúa próxima al 30%. Se trata de pequeños poros, con tamaños comp-

didados entre 0,4-0,01 mm, con morfologías subredondeadas. Posteriormente algunos de ellos desarrollan cristales de calcita, que crecen hacia el interior de los mismos dando lugar a una especie de microgeodas (Fig. 4f).

Mineralógicamente se trata de un mortero constituido mayoritariamente por calcita, cuarzo, opacos y sal amónica. La sal amónica presente (NH_4Cl), puede tener su origen en filtraciones de orines humanos.

Tabla I. Porcentajes atómicos de diferentes elementos en una muestra de mortero original.

Spectrum	O	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Fe	Total
A	67.84		2.29	17.92		0.73	10.52	0.70	100.00
B	67.05	0.74	3.31	12.75	0.85	1.33	13.71	0.26	100.00

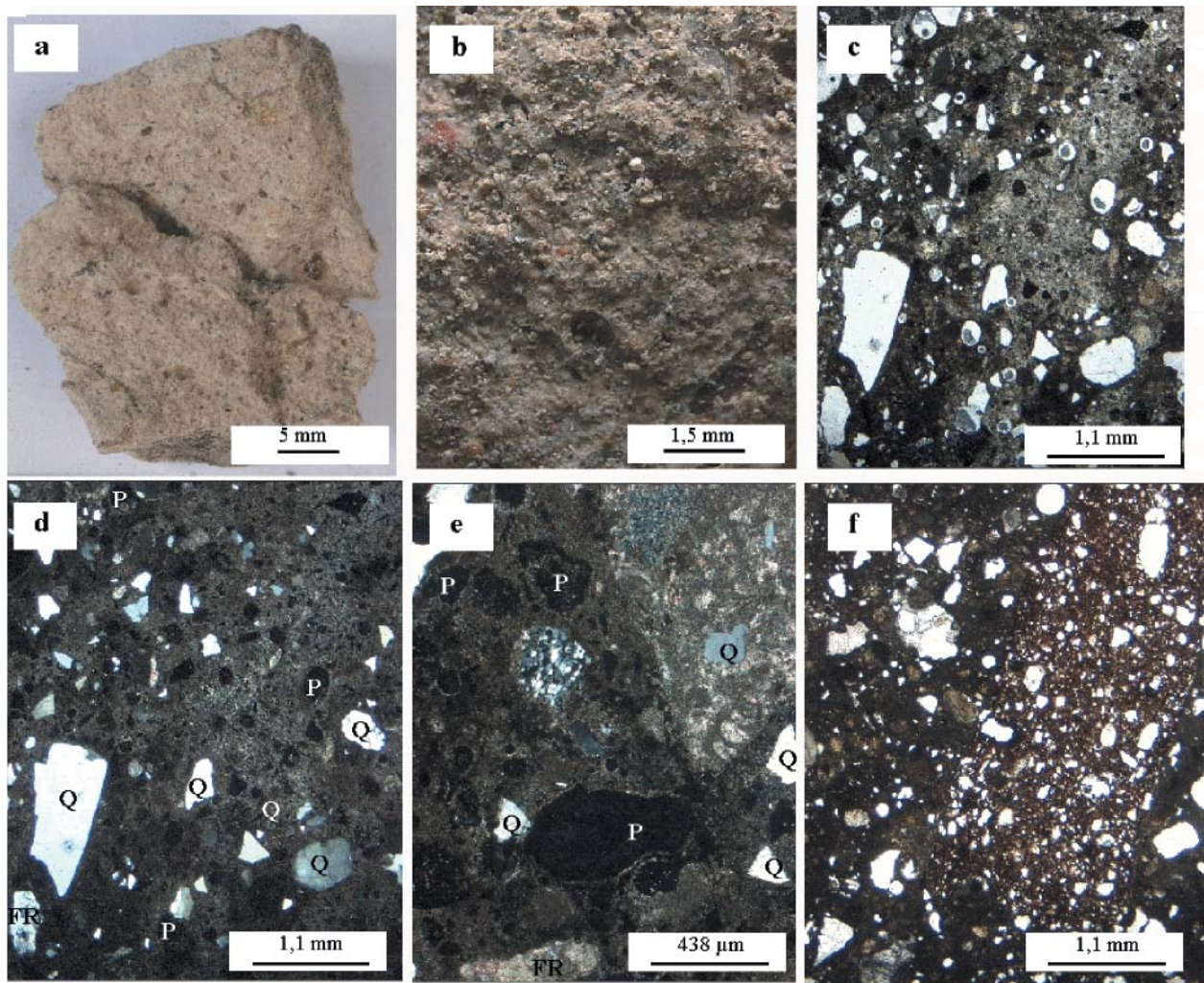


Figura 5. Características del mortero de reposición Tipo II. Macroscópicamente (a, b) se distinguen granos de cuarzo, minerales opacos, fragmentos cerámicos y espacios vacíos tipo poro. c, d, e, f imágenes microscópicas mostrando la textura del mortero; en c y d se aprecia un incremento en la proporción de árido con respecto a los morteros original y de Tipo I, observándose además granos de cuarzo (Q), fragmentos de roca (FR) y poros (P) (c, nicoles paralelos; d, nicoles cruzados); e) detalle de fragmentos de roca (FR) de naturaleza silícea y carbonatada (esquina superior derecha) (nicoles cruzados); f) detalle de un fragmento cerámico (nicoles paralelos).

TIPO II: Macroscópicamente corresponde a un mortero de color pardo grisáceo, homogéneo, compacto y coherente, algo más grosero que los anteriores (Fig. 5a, b).

Al microscopio óptico de polarización se observa que está constituido por un conjunto de granos minerales (40%) flotando dentro de una matriz carbonatada (40%); el 20% restante lo constituyen los espacios vacíos (Fig. 5c, d, e, f).

El árido representa el 40% del mortero y está constituido por cristales de cuarzo o fragmentos de roca silícea (29%), predominando los primeros; son cristales angulosos, con tamaños que pueden alcanzar 2 mm, siendo más abundantes los tamaños próximos a 0,6 mm (Fig. 5c, d). Son frecuentes los fragmentos de roca caliza

(7%), que dadas sus características petrográficas corresponden a la Formación Oviedo; estos fragmentos alcanzan tamaños de 5 mm (Fig. 5e). En menor proporción aparecen opacos (3%), fragmentos de roca arenisca (<1%), fragmentos cerámicos (<1%) (Fig. 5f) y cristales aislados de calcita (<1%).

La matriz esta constituida por una masa de calcita microcristalina con tamaños que oscilan de micrita a microesparita. También son frecuentes los óxidos de hierro que producen la tinción de la misma.

El difractograma de rayos X pone de manifiesto la presencia de cuarzo, calcita y vaterita, y del análisis químico se deduce la presencia de minerales arcillosos y ferromagnésicos.

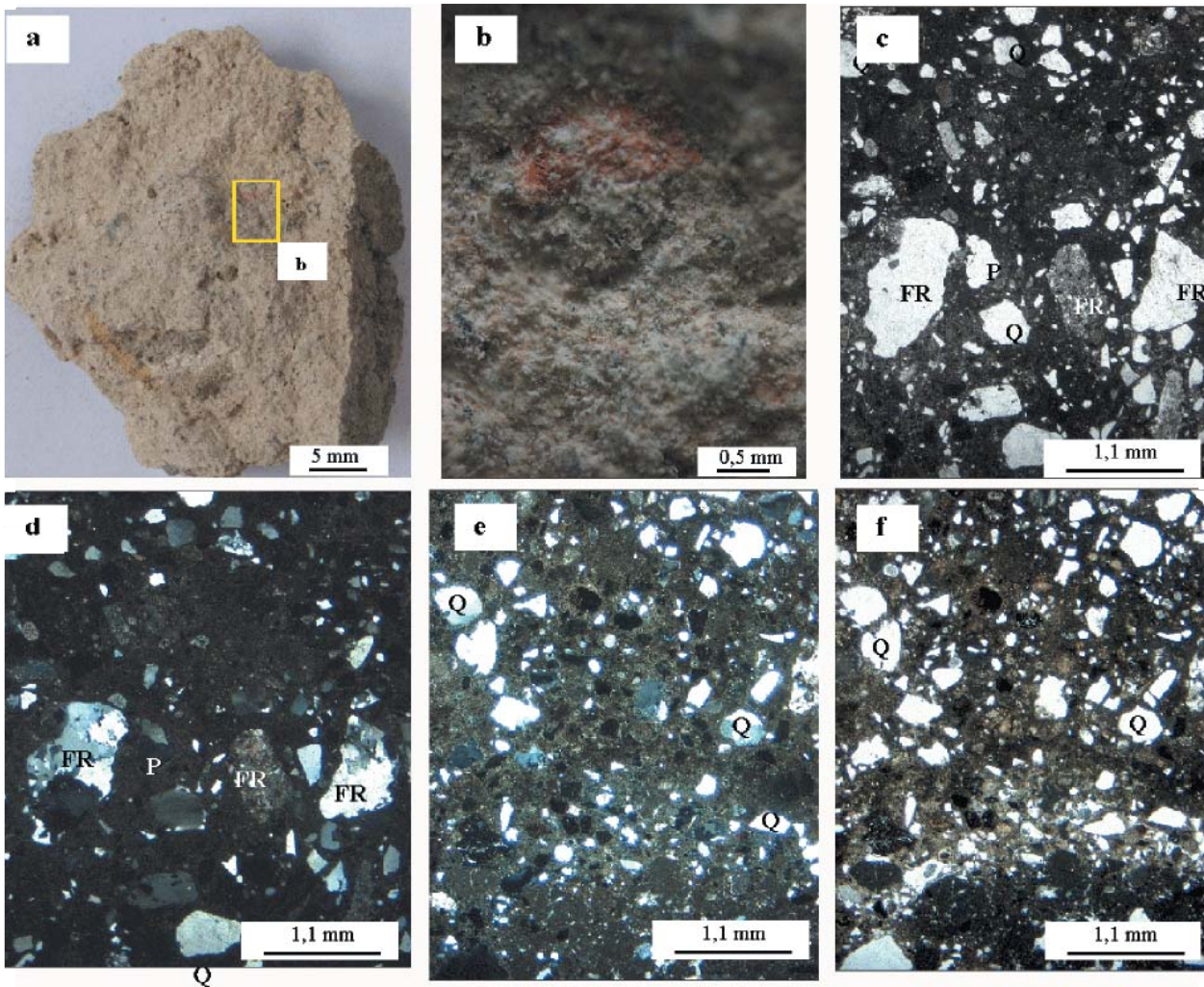


Figura 6. Características del mortero de reposición Tipo III. a) aspecto general; en b, con la ayuda de la lupa se observan fragmentos cerámicos. c, d, e, f) imágenes microscópicas mostrando la textura del mortero; se observa la presencia de granos de cuarzo (Q), fragmentos de roca silíceos y carbonatados (FR), y espacios vacíos tipo poro (P); en e y f destaca la presencia de cuarzo y gran cantidad de poros vacuolares (e, nicoles paralelos, f, nicoles cruzados).

La porosidad relativa de este mortero es elevada (20%) con poros de pequeño diámetro (0,2-0,3 mm).

TIPO III: Desde el punto de vista macroscópico, este mortero presenta características similares al anterior: color gris pardo, homogéneo, compacto y coherente (Fig. 6).

Microscópicamente está constituido por un conjunto de granos minerales y fragmentos de roca (45%) flotando en una matriz carbonatada (40%); la porosidad aparente representa el 15% del volumen restante (Fig. 6a, b).

El árido (45%) está constituido por cristales de cuarzo o fragmentos de roca de naturaleza silíceo (35%) con predominio de los primeros; son cristales angulosos, con tamaños que pueden alcanzar 2,3 mm (Fig. 6c, d, e, f). Son ha-

bituales también los fragmentos de roca caliza (3%) de la Formación Oviedo, aunque existen otros de naturaleza micrítica. Aparecen además: opacos (3%), fragmentos cerámicos (<1%) y cristales aislados de calcita (<1%). La matriz está constituida por una masa calcita microcristalina.

Los análisis mineralógicos y químicos realizados ponen de manifiesto la presencia de cuarzo y calcita como minerales mayoritarios. Además se han detectado los siguientes elementos químicos: aluminio (Al), magnesio (Mg), hierro (Fe), potasio (K), azufre (S) y cloro (Cl). Al igual que ocurría en el mortero anteriormente descrito, los cuatro primeros elementos se pueden combinar con el silicio para formar silicatos ferromagnésicos, el azufre se puede combinar con el calcio para formar yeso

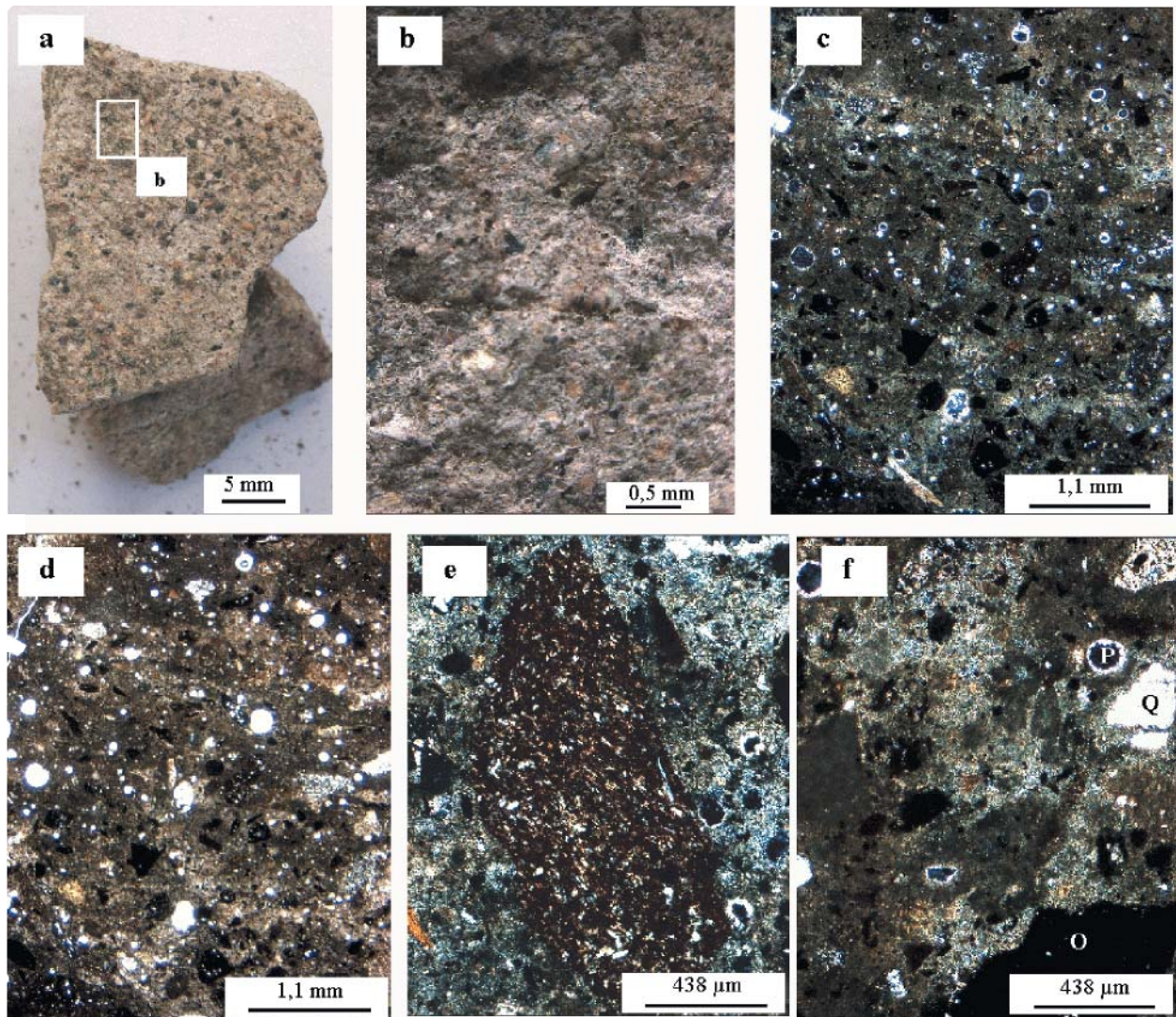


Figura 7. Características del mortero de reposición Tipo IV. a, b) aspecto general; se trata de un mortero bastante poroso con abundantes minerales opacos formando parte del árido. c, d, e, f) imágenes microscópicas mostrando la textura del mortero; en c y d se observa que además de minerales opacos existe una gran cantidad de poros vacuolares de tamaños variables (c, nicoles cruzados; f, nicoles paralelos); e, detalle de uno de los fragmentos cerámicos (nicoles cruzados); f, detalle de la textura del mortero, con zonas micríticas dominando sobre las esparíticas (nicoles cruzados).

y el cloro parece que se combina con iones amonio para formar un cloruro amónico.

La porosidad relativa de este mortero es del 15% con poros de pequeño diámetro y morfologías redondeadas (Fig. 6e, f).

TIPO IV: Desde un punto de vista macroscópico, es un mortero de color gris con tonos púrpura, homogéneo, compacto y coherente. Dentro de los áridos, son identificables a esta escala los minerales opacos con tamaños que pueden alcanzar 3 mm y algunos fragmentos de material cerámico (Fig. 7).

Microscópicamente, está constituido por un conjunto de granos minerales y fragmentos de roca (20%) flotando

dentro de una matriz carbonatada (50%). La porosidad aparente es muy elevada y representa el 30% del volumen del mortero (Fig. 7a, b).

El árido (20%) está constituido mayoritariamente por opacos (12%), cristales de cuarzo y fragmentos de roca de naturaleza silíceo (4%) (Fig. 7c, d, f). Además aparecen en porcentajes muy bajos moscovitas (<1%), fragmentos de areniscas con turmalinas (<1%), fragmentos cerámicos (<1%) (Fig. 7e) y cristales de calcita (<1%).

La matriz está constituida por una masa de calcita microcristalina, con predominio de la fracción micrítica frente a la microesparítica (Fig. 7f). En muchas zonas se observa tinción de la matriz.

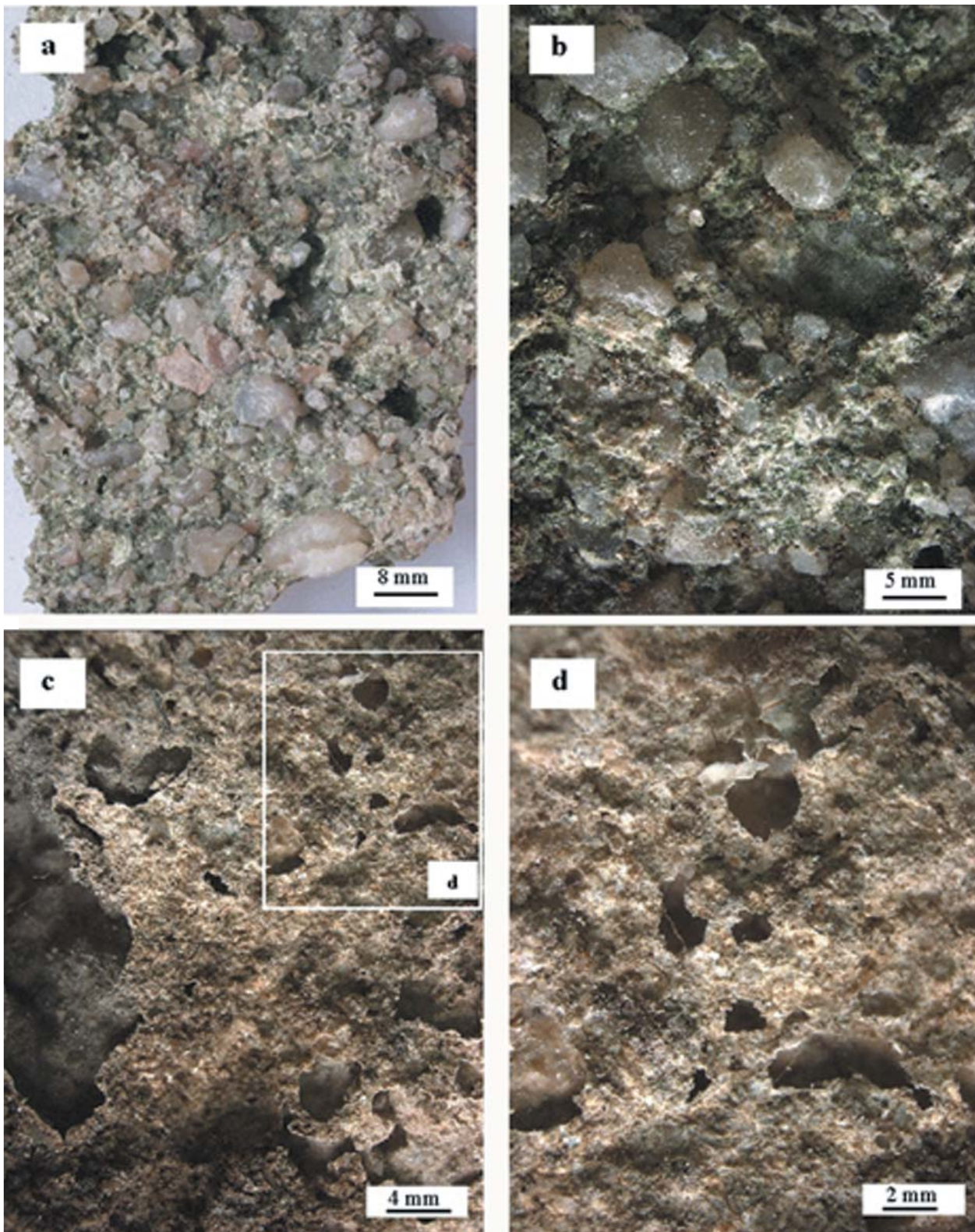


Figura 8. Características generales del mortero de reposición Tipo V. Destaca la presencia de granos de cuarzo como componente fundamental del árido (a, b), poros vacuolares (c, d) y carbonataciones superficiales (d).

Tabla II. Resumen de las características de los diferentes tipos de morteros utilizados en la fuente de Foncalada.

TIPO	Color	Matriz	Áridos	Porosidad aparente
Mortero original	Blanquecino anaranjado	Calcita microcristalina	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarzo • Fragmentos cerámicos 	15 %
Mortero tipo I	Grisáceo	Calcita microcristalina	<ul style="list-style-type: none"> • Opacos • Cuarzo • Fragmentos de roca de caliza micrítica 	30 %
Mortero tipo II	Pardo grisáceo	Calcita microcristalina	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarzo • Fragmentos de roca de cuarzo microcristalino • Fragmentos de roca arenisca • Fragmentos de roca de caliza de la formación Oviedo • Fragmentos cerámicos 	20 %
Mortero tipo III	Pardo grisáceo	Calcita microcristalina	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarzo • Fragmentos de roca de cuarzo microcristalino • Fragmentos de roca de caliza de la formación Oviedo • Fragmentos cerámicos 	15 %
Mortero tipo IV	Púrpura	Calcita microcristalina	<ul style="list-style-type: none"> • Opacos • Cuarzo • Fragmentos de roca de cuarzo microcristalino • Fragmentos de arenisca • Fragmentos cerámicos • Moscovita 	30%
Mortero tipo V	Pardo	Calcita microcristalina	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarzo • Biotita 	20 %

La composición de este mortero aparece corroborada por los resultados obtenidos de los análisis químicos realizados al EDX. La presencia de silicio y calcio es mayoritaria en todos los análisis realizados.

La porosidad relativa de este mortero es muy elevada (30%). Se trata de poros con tamaños muy variables que oscilan entre 0,02-1,5 mm, presentando como valores más frecuentes 0,6-0,7 mm, y morfologías predominantemente redondeadas. Como en el mortero tipo I, se observan cristales de calcita creciendo hacia el interior del poro (Fig. 7c, d, f).

TIPO V: Son materiales usados a modo de morteros de restauración que aparecen recubriendo la superficie de algunos sillares incompletos o deteriorados. Su aspecto macroscópico puede observarse en la figura 8. Se trata de morteros de color pardo, muy groseros en lo que a tamaño de árido se refiere. Existen cristales de cuarzo de hasta 4 cm de tamaño (Fig. 8a, b).

La matriz presenta aspecto negruzco y los áridos son predominantemente de naturaleza cuarcítica. El 45% del volumen corresponde a los áridos, el 35% a la matriz calcárea y el 20% restante a los espacios vacíos (Fig. 8c, d). No han sido descritos microscópicamente debido al

tamaño que presentan sus áridos, pero del análisis mineralógico de su matriz se deduce la presencia de cuarzo, calcita y minerales del grupo de la biotita.

A modo de resumen en la Tabla II se presentan las características fundamentales de estos morteros.

Conclusiones

La caracterización de los morteros presentes en la fuente pone de manifiesto la presencia un mortero original y varios morteros de reposición. En este último se agrupan cinco variedades.

Los únicos factores comunes a todos ellos son la presencia de matriz de calcita microcristalina, y cuarzo como árido. En casi todos ellos (excepto el Tipo I) aparecen fragmentos cerámicos, siempre en menor proporción que en el mortero original. También aparece cloro (Cl) en todos los análisis químicos.

El mortero original es un mortero de cal de aspecto blanquecino donde los áridos empleados han sido cuarzo y fragmentos cerámicos. Las proporciones son 11:5:1, respectivamente. Allí donde se conserva, aparece poco deteriorado y ningún mortero de los empleados posteriormente se asemeja macroscópicamente a él.

Los morteros de reposición presentan colores grises a pardos y en general aparecen cromáticamente muy alterados en superficie. Sólo aparecen similitudes entre los tipos II y III. Las semejanzas entre ellos se refieren fundamentalmente al tipo de áridos empleados y al tamaño de los mismos. Además presentan entre sus áridos fragmentos de roca caliza, identificada como Formación Oviedo.

El mortero Tipo I es el que presenta mayores contenidos en fragmentos cerámicos y menor tamaño de grano. Salvando las distancias, es el que más podría parecerse al mortero original, aunque la gran abundancia de minerales opacos le confiere un aspecto grisáceo.

En lo que se refiere al mortero Tipo IV, presenta rasgos comunes con el de Tipo I en lo referente a tamaño de grano, presencia de opacos, etc, pero como áridos presenta además fragmentos de roca arenisca.

Los morteros Tipo V difieren de todos los anteriores en el tamaño espectacularmente grande de sus áridos silíceos.

Todos estos morteros han evolucionado peor que el mortero original, produciéndose en muchos casos la pérdida de los mismos por la baja adherencia que los une al sustrato pétreo. Este despegue de las superficies puede haberse producido por su mayor porosidad o por un exceso de dureza respecto al sustrato adyacente, debido a dosificaciones poco adecuadas o a las características y condiciones físicas (humedad) de los sillares pétreos.

En futuras intervenciones se recomienda la eliminación de todos estos morteros y la reposición con un mortero de cal hidráulica, constituido por una mezcla de cal, arena y fragmentos cerámicos, de lento fraguado y de aspecto parecido al original. Ya que la calidad del fraguado está directamente relacionado con la preparación de la mezcla y su correcta aplicación. Debe ponerse especial cuidado en la cantidad de agua y arena utilizadas y la aplicación debe realizarse en capas sucesivas no demasiado gruesas y preferentemente a temperaturas no excesivamente altas.

Bibliografía

BALBAS, A., DELGADO, S., PAVÍA, S. y RECUENCO, J. L. (2001): Caracterización de morteros. *Fundación Uncastillo. Dpto. geología. Universidad de Zaragoza. Equipo Arbotante*, 151-185.

PAVÍA, S. and BOLTON, J. (2000): *Stone, brick of mortar: historical use, decay and conservation of building materials in Ireland*. Edit. Wordwell ldt., 255 pp.

RÍOS, S. (1999): La fuente de Foncalada: paralelos técnicos formales y funcionales. *Zephyrus, Ediciones Universidad Salamanca*, 261-278.