

PROPUESTA Y ESTABLECIMIENTO DE UN PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA TERRACOTA COMO SOPORTE DE LA ESCULTURA POLICROMADA, SU EVOLUCIÓN Y ALTERACIONES DEL COMPORTAMIENTO MATERIAL EN LOS PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL

Dra. Carmen Bermúdez Sánchez y Dr. Giuseppe Cultrone, profesores Titulares de la Universidad de Granada, adscritos a los departamentos de Escultura y Mineralogía y Petrología respectivamente, hacen constar:
que la presente memoria de Tesis Doctoral presentada por Dña. Lucía Rueda Quero ha sido realizada bajo su dirección y cumple todos los requisitos necesarios para poder optar al Grado de Doctor por la Universidad de Granada.

La doctoranda,

DÑA. LUCÍA RUEDA QUERO

Los directores,

DRA. CARMEN BERMÚDEZ SÁNCHEZ

DR. GIUSEPPE CULTRONE



UGR | Universidad
de Granada

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autora: Lucía Rueda Quero
ISBN: 978-84-9125-521-5
URI: <http://hdl.handle.net/10481/42434>

Efecto Dunning-Krüger: la mala medición del incompetente se debe a un error sobre sí mismo, mientras que la mala medición del competente se debe a un error acerca de los demás.

Gracias a todos los del segundo tipo, que me han iluminado de una forma asombrosa.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y la colaboración de una gran cantidad de personas y organismos, que han demostrado un interés especial por este tema. Difícilmente podría enumerar a todos ellos, aunque quisiera destacar la deferencia que ha tenido conmigo el Departamento de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Granada, y en su nombre su director Miguel Ortega Huertas, que me ha permitido utilizar sus instalaciones para una gran cantidad de ensayos y estudios analíticos. En especial, agradecer a Eduardo Molina Piernas que siempre ha estado dispuesto a prestarme su ayuda y conocimiento en cualquier tipo de duda que me surgiera en un campo tan desconocido como era para mí el de la geología.

Al Departamento de Escultura y en concreto a su director Antonio Martínez Villa, que me ha permitido la utilización del instrumental necesario para ejecutar con el rigor preciso las restauraciones de obras de arte de una elevada envergadura y calidad. A los Proyectos de Investigación HAR2012-39512 y MAT2012-34473, y a los Grupos de Investigación HUM 450 y RNM 179, que han financiado los estudios analíticos de la actual Tesis Doctoral.

A las Madres clarisas del Monasterio de la Concepción a través de Don Javier Martínez Medina, a las Madres Carmelitas A.O. del Monasterio de la Anunciación por medio de Venancio Galán Cortés, y a los Padres Carmelitas Descalzos del Museo San Juan de la Cruz por medio del Padre Juan Dobado Fernández, que me abrieron su casa y sus magníficas colecciones de arte en barro a favor de esta investigación. A don Antonio Serrano Matilla, Hermano Mayor de la Hermandad de la Sagrada Familia de Belén, y al padre Antonio Antúnez Castro, párroco de la Parroquia de la Asunción de la Zubia, que permitieron el acceso y restauración de piezas escultóricas de gran importancia. Y a los particulares doña Emilia Marín Poveda, viuda de Francisco Baños Martos, doña Dolores del Olmo Díaz y a doña Inmaculada León González por su especial empeño en la conservación de este tipo de patrimonio.

Y especial mención merecen mis dos directores, Carmen Bermúdez Sánchez y Giuseppe Cultrone, que me han guiado de forma admirable y más allá de sus funciones en este trabajo, y sin los cuales no hubiera podido llegar aquí.

Muchas gracias, de corazón.

ÍNDICE

a. JUSTIFICACIÓN. ESTADO DE LA CUESTIÓN	15
a.1. Elección del tema de investigación	15
a.2. Estado de la cuestión	22
a.2.1. Estudios sobre escultura en terracota	24
a.2.2. Arqueología	27
a.2.3. Arquitectura	34
a.2.3.1. Elementos constructivos	35
a.2.3.2. Elementos ornamentales	37
a.2.4. Estudios de calidad de materias primas	38
a.2.5. Otros antecedentes	40
b. OBJETIVOS	42
b.1. Objetivos generales	42
b.2. Objetivos secundarios	43
c. METODOLOGÍA.....	45

ESTABLECIMIENTO DE UN PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA TERRACOTA

55

A. Definición del objeto de estudio. Concepto de arcilla y terracota, su técnica y procedimientos	57
A.1. Definición de la escultura en terracota	60
A.2. Elaboración de la escultura en terracota	63
<u>A.2.1. La tierra arcillosa: componentes principales</u>	<u>64</u>
A.2.1.1. Arcilla	64
A.2.1.2. Desgrasantes	66
A.2.1.3. Fundentes	67
A.2.1.4. Materia orgánica	68

<u>A.2.2. Tecnología de la terracota</u>	70
A.2.2.1. Elaboración de la materia prima	73
A.2.2.1.1. Selección y extracción	73
A.2.2.1.2. Meteorización	78
A.2.2.1.3. Deszajelado o levigación	79
A.2.2.1.4. Tamizado	80
A.2.2.1.5. Pudrición	81
A.2.2.1.6. Molienda	82
A.2.2.2. Elaboración de la escultura	82
A.2.2.2.1. Amasado	83
A.2.2.2.2. Modelado	84
A.2.2.2.3. Alma	87
A.2.2.2.4. Despiece	89
A.2.2.2.5. Ahuecado	90
A.2.2.2.6. Secado	92
A.2.2.2.7. Cocción	97
-Temporización y temperatura máxima	99
-Atmósfera del horno	104
-Tipo de horno	105
A.2.2.2.8. Reparaciones en origen	109
B. Elaboración teórica del protocolo de estudio	113
B.1. Determinación de las aportaciones requeridas para su caracterización	116
<u>B.1.1. Aspectos matéricos de la terracota</u>	117
B.1.1.1. Químicos	118
B.1.1.2. Físicos	119
B.1.1.2.1. Estructura material y porosa	119
B.1.1.2.2. Propiedades mecánicas	120
B.1.1.2.3. Color	120

<u>B.1.2. Campos de influencia de los aspectos matéricos</u>	121
B.1.2.1. Composición material	121
B.1.2.2. Tecnología de creación	122
B.1.2.3. Estado de conservación actual	123
B.2. Selección de las técnicas analíticas que aportan información relevante	125
<u>B.2.1. Introducción a las técnicas analíticas</u>	125
B.2.1.1. Métodos químicos	126
B.2.1.2. Métodos físicos	127
<u>B.2.2. Revisión de otras disciplinas</u>	127
<u>B.2.3. Preselección según parámetros de aplicabilidad y utilidad</u>	135
B.2.3.1. Descripción de las técnicas analíticas	136
B.2.3.2. Clasificación por campo de aplicación	148
-Composición material	148
-Tecnología de creación	149
-Estado de conservación	149
B.2.3.3. Justificación de la selección definitiva	152
C. Aplicación de la propuesta y comprobación del protocolo ...	157
C.1. Estudios del protocolo de actuación sobre probetas ...	160
<u>C.1.2. Localización de yacimientos</u>	163
-Geología del área fuente de las materias primas	165
C.1.2.1. Granada Capital	170
-Camino de Víznar	174
-Río Beiro	175
-Jun	176
-Camino Viejo de Fargue	178
C.1.2.2. Norte de Granada	179

-Guadix	183
-Diezma	183
C.1.2.3. Sureste de Granada	185
-Monachil	187
<u>C.1.3. Elaboración de las probetas</u>	<u>190</u>
C.1.3.1. Justificación de la conformación de probetas	191
-Extracción de muestra	192
-Procesado de la arcilla	193
-Conformación de las probetas	194
-Cocción.....	197
C.1.3.2. Elaboración de las probetas	197
-Extracción de muestra	197
-Procesado de la arcilla	200
-Conformación de las probetas	202
-Cocción	205
C.1.3.3. Resultados	207
C.1.3.4. Discusión de resultados	212
<u>C.1.4. Caracterización de la materia prima arcillosa.....</u>	<u>212</u>
C.1.4.1. Difracción de Rayos-X	214
-Muestra total sin procesar y procesada	217
-Fracción arcilla	231
C.1.4.2. Agua de amasado	237
C.1.4.3. Pérdida de peso por cocción	240
C.1.4.4. Contracción lineal	243
<u>C.1.5. Aplicación del protocolo sobre las probetas</u>	<u>249</u>
C.1.5.1. Fluorescencia de Rayos-X	249
C.1.5.2. Difracción de Rayos-X	255
C.1.5.3. Microscopía Óptica de Polarización	270
C.1.5.4. Microscopía Electrónica de Barrido de Alta	

Resolución-Microanálisis por energía de dispersión de rayos X	307
C.1.5.5. Ensayos Hídricos	355
-Probetas grandes	356
-Probetas pequeñas	373
C.1.5.6. Porosimetría de Inyección de Mercurio	381
C.1.5.7. Propagación de Ondas Ultrasónicas	397
C.1.5.8. Espectrofotometría	404
<u>C.1.6. Discusión general de los resultados</u>	416
C.1.7.1. Yacimientos de tierras arcillosas granadinos	416
C.1.7.2. Protocolo de estudio	419
C.2. Estudios del protocolo de actuación sobre obra real ..	422
<u>C.2.1. Localización de obra real</u>	423
C.2.1.2. Registro de las obras	430
C.2.1.2.1. Artistas granadinos	431
C.2.1.2.2. Talleres barristas granadinos	447
C.2.1.2.3. Artistas externos	463
C.2.1.2.4. Talleres barristas externos	471
C.2.1.3. Estado de conservación	479
C.2.1.3.1. Artistas granadinos	481
C.2.1.3.2. Talleres barristas granadinos	497
C.2.1.3.3. Artistas externos	514
C.2.1.3.4. Talleres barristas externos	522
C.2.1.4. Registro de técnicas analíticas	530
C.2.1.4.1. Artistas granadinos	531
C.2.1.4.2. Talleres barristas granadinos	583
C.2.1.4.3. Artistas externos	625
C.2.1.4.4. Talleres barristas externos	657

<u>C.2.2. Aplicación del protocolo sobre obra real.....</u>	677
C.2.2.1. Fluorescencia de Rayos-X	677
C.2.2.2. Difracción de Rayos-X	682
C.2.2.2.1. Artistas granadinos	683
C.2.2.2.2. Talleres barristas granadinos	686
C.2.2.2.3. Artistas externos	688
C.2.2.2.4. Talleres barristas externos	690
C.2.2.3. Microscopía Óptica de Polarización	699
C.2.2.3.1. Artistas granadinos	700
C.2.2.3.2. Talleres barristas granadinos	720
C.2.2.3.3. Artistas externos	738
C.2.2.3.4. Talleres barristas externos	749
C.2.2.4. Microscopía Electrónica de Barrido de alta Resolución-microanálisis por energía de dispersión de rayos X.....	755
C.2.2.4.1. Artistas granadinos	756
C.2.2.4.2. Talleres barristas granadinos	777
C.2.2.4.3. Artistas externos	792
C.2.2.4.4. Talleres barristas externos	803
C.2.2.5. Ensayos Hídricos	812
C.2.2.5.1. Artistas granadinos	813
C.2.2.5.2. Talleres barristas granadinos	815
C.2.2.5.3. Artistas externos	816
C.2.2.5.4. Talleres barristas externos	817
C.2.2.6. Porosimetría de Inyección de Mercurio.....	822
C.2.2.6.1. Artistas granadinos	823
C.2.2.6.2. Talleres barristas granadinos	824
C.2.2.6.3. Artistas externos	825
C.2.2.6.4. Talleres barristas externos	825
C.2.2.7. Propagación de Ondas Ultrasónicas	832

C.2.2.8. Espectrofotometría	835
<u>C.2.3. Discusión general de los resultados</u>	845
D. CONCLUSIONES	853
E. BIBLIOGRAFÍA	869

a. JUSTIFICACIÓN. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

a.1. Elección del tema de investigación. La razón para elegir el estudio de la escultura en terracota policromada como tema de esta Tesis Doctoral, nació a raíz de un proyecto de restauración encargado a mi directora, Carmen Bermúdez Sánchez, relativo a un gran relieve policromado al seco con soporte en terracota perteneciente a un teatro. Elaborando el informe inicial sobre el estado de conservación y, por tanto, las características técnicas de la pieza y su nivel de deterioro, descubrimos con sorpresa que la cantidad de información referente al soporte en sí era muy escasa, tanto en lo que respecta al proceso de elaboración de las esculturas de esta tipología, como al estudio matérico de su soporte y el análisis de sus componentes para establecer, incluso, algún tipo de atribución geográfica de origen del material. Indagando sobre el tema, pudimos observar que en arqueología sí se han puesto a punto elaborados métodos de análisis que aportan una información muy completa, interesante y de gran utilidad para el conocimiento de los objetos cerámicos, previo a su tratamiento de conservación y restauración; y del mismo modo se dedican grandes esfuerzos a conectar el material cerámico acabado con el material crudo de origen así como de la identificación de sus técnicas de elaboración. Lo mismo sucede en los elementos arquitectónicos elaborados en barro cocido, e incluso en los Centros Tecnológicos que investigan la cerámica como material de alto rendimiento. Sin embargo, en la escultura en terracota policromada no encontramos aplicación

alguna de metodología analítica específica respectiva al soporte, aunque sí se analiza habitualmente la capa policroma.

Al ver este panorama, nos surgió la duda de si tan escasa era la escultura en terracota policromada como para no haber merecido una atención especial en el campo histórico-artístico, por lo que investigamos su uso, presencia e importancia en España a lo largo de la historia. Efectivamente, su cantidad e incluso podríamos decir que su "calidad" era claramente inferior que las piezas en otros soportes más "nobles" y extendidos como es la madera, el metal o la piedra, pero aún así, pudimos ubicar y catalogar bastantes piezas de esta tipología elaboradas incluso por artistas de primera fila a lo largo, sobre todo, de los siglos XVIII y XIX. José de Mora, José Risueño, La Roldana, los Hermanos García y otros muchos autores de relevancia elaboraron piezas de este tipo, no como bocetos, sino como piezas completamente terminadas que han llegado hasta nuestros días; sumando además la amplia tradición de arte popular que utilizó este material como soporte de pequeñas figurillas de Santos, Vírgenes, escenas de Pasión, Belenes e incluso personajes y escenas costumbristas.

El uso de la arcilla ha estado desde el principio de los tiempos en estrecha relación con el hombre y en todos los ámbitos de su vida, tanto cotidiana como espiritual. Ya desde la prehistoria se elaboraban útiles, herramientas e incluso construcciones con este material, además de coroplastial, exvotos, estatuillas y figurines que podríamos considerar como las primeras manifestaciones artísticas. La tradición de crear esculturas en terracota es constante a lo largo de la historia, y aunque ha tenido épocas de gran receso también

hay otras de gran esplendor, donde se elaboraban asiduamente piezas artísticas con este material. Pese a ello, la escultura en terracota tradicionalmente no se ha considerado como “arte” en sí misma, al entender el barro como material definitivo en la escultura poco noble, perecedero, demasiado asiduo en elementos tan cotidianos como el utillaje, la cacharrería y la artesanía, sin ningún valor por tanto como soporte definitivo de obras nobles, y más bien habitualmente utilizado como material de transición o para la elaboración de bocetos y presentaciones preliminares de las obras definitivas. Tal es la falta de consideración de este material como escultórico, que no encontramos apenas referencias a él en los abundantes Tratados Artísticos que indicaban a escultores y pintores los correctos procedimientos de manejo de todo tipo de materiales, con la excepción de Italia, donde existen más noticias a este respecto. Por estas mismas causas, debemos asumir que los artistas no tenían un conocimiento íntimo de procesos tales como la recolección de la arcilla y elaboración de las pellas de barro previas al modelado de la escultura, o lo relativo a los correctos procesos de cocción, fases éstas que seguían derivándose a los artesanos¹.

¹ MEGIAS (1990) hace referencia a esta cuestión, y está demostrado documentalmente por LAGUNA (2006), cito textualmente del archivo A.C.S., Mayordomía, libro 45, fol. 82v: “pago trescientas e sesenta e quatro maravedis por veynteseys cargas de barro de loça que se truxo de Castilleja de la Cuesta a cuatrocientos maravedis la carga para las ymagenes que haze Maestre Miguel” y libro 45, fol. 83v: “pago cuarenta maravedis por siete cargas de barro de Tablada para embarrar el horno de las ymágenes”. No he localizado documentos de arrendamiento de hornos a nombre de artistas, práctica que sí era muy habitual entre distintos alfareros de la misma zona, que compartían estas infraestructuras desde el siglo XVI, como nos da noticias documentadas RODRIGUEZ 2001, con los documentos A.C.N., Pr. 131, fol. 86v-90r; A.C.N. Pr 68, fol. 790r-790v; A.C.N. Pr 103, sin fol.; y A.C.N. Pr 68, fol. 790r-790v.

Esta falta de documentación e información referente a la escultura en terracota, contrasta fuertemente con la gran abundancia de obra que existe realmente en este material, aún hoy día muy desconocida. Aunque de forma general no se haya oído hablar demasiado de la escultura en terracota, si repasamos la historia del arte investigando de manera más pormenorizada a cada autor, podemos observar con sorpresa que la mayoría de artistas de renombre han empleado en alguna ocasión este material como soporte de obras definitivas, y concretamente en España encontramos autores de la talla de Pedro Millán, Miguel Perrin, Pietro Torriggiano, La Roldana, Salzillo, Juan de Juni, Hermanos García o José de Risueño que han hecho del barro uno de sus medios de expresión. No obstante muchas de ellas se siguen considerando "bocetos" debido a sus pequeñas dimensiones, cuando en realidad se trata de piezas definitivas contratadas y vendidas como tales (el caso más evidente es la producción artística de La Roldana, por ejemplo, cuyas colecciones de pequeñas escenas religiosas para particulares son casi de mayor importancia que sus obras de grandes dimensiones creadas para la Iglesia).

Esta falta de información y conocimiento general de la existencia siquiera de escultura en terracota de forma tan extendida y generalizada no se limita al pasado, sino que continúa en nuestros días, pasando desapercibida de forma asidua, principalmente por dos razones: la primera es que al no considerarse un material de importancia, los autores a lo largo de la historia e incluso de su misma época han sido clasificados y destacados por el resto de obras creadas en materiales nobles, obviando su producción "menor" en terracota, que sólo es descubierta al investigar a cada

uno de ellos de forma más personal. Como consecuencia, hasta hoy día se han seguido destacando estas piezas mayores de las que se tiene mayor conocimiento, para seguir investigando y definiendo de forma genérica la producción de estos autores. En segundo lugar, el hecho de que la mayoría de las piezas (por no decir casi todas) creadas en barro cocido eran policromadas por completo, al igual que las que se hacían en el resto de materiales, hace que éstas puedan confundirse fácilmente con otro material de soporte a simple vista, basándose en la información previa que la historia del arte ha aportado, equívoco que no sería corregido a no ser que se investigasen más a fondo por medio de las pérdidas de policromía sufridas.

Es en estos últimos veinte años cuando, gracias a la puesta en valor de la importancia de la conservación de la obra de arte en círculos privados y tradicionalmente más aislados, se ha podido acceder a piezas incluso menores de grandes autores, llegando con más fuerza a obras repartidas en casas particulares, conventos, y pequeñas capillas; por otra parte, gracias también a que se ha empezado a considerar la importancia que tiene la conservación no sólo de las piezas principales de grandes artistas, sino también el conocimiento de los procesos de elaboración propios de cada uno, sus métodos particulares y sus enseñanzas de taller, se ha puesto el acento en sus útiles, dibujos, y también aquellas piezas consideradas bocetos, esquemas, etc., que abarcan piezas en barro, crudo o cocido. Es en este punto cuando ha comenzado a ponerse de manifiesto el amplio patrimonio existente realizado con terracota, y a conocerse tanto su tipología concreta como sus particularidades, que la aíslan de la cerámica utilitaria, constructiva y ornamental, ostentando una

tecnología muy particular. Pero tan sólo hemos podido definir de forma genérica las pautas que aíslan la escultura del reto de materiales cerámicos, ya que en este punto también hemos descubierto con asombro que no se realizan sobre la terracota los correspondientes estudios previos que se aplican a cualquier otro material, referentes a origen, caracterización, propiedades, evolución, degradación, conservación, tratamientos... En madera, papel, piedra, o cualquier otro soporte, incluso aquellos que podríamos considerar como "raros" en la historia de la escultura (y con ello no nos referimos a la actualidad, en la que cualquier material "vale", sino al pasado), como el cuero, lacre, cera, plumas, entelados, postizos de piel, uñas, dientes, pelo, marfiles... podemos encontrar fácilmente información a este respecto; los protocolos científicos de investigación aplicados a todos estos factores de investigación han sido ampliamente definidos y perfeccionados gracias a su abundante uso y evolución constante, creando bases de datos de referencia sobre las que contrastar, comparar y añadir datos, y sin embargo, poco o casi nada podemos encontrar sobre terracota. Y no me refiero al estudio de su policromía, de lo que sí se han hallado publicaciones relativamente abundantes, sino de su soporte en sí mismo, entendiéndolo con sus particularidades tecnológicas concretas que lo diferencian de todo tipo de engobes, mayólicas, porcelanas, cerámicas, etc., bastante más estudiados en otros ámbitos de investigación. La "escultura en terracota policromada" carece en sí misma de toda esta base de conocimiento, lo que crea graves problemas a la hora de abordar un tema tan imperativo como es su restauración basada en el

conocimiento profundo de sus propiedades particulares y su evolución natural.

Según se ha podido comprobar, sólo en contadas ocasiones se realiza algún tipo de análisis al soporte de terracota por algunos investigadores y restauradores, cuando se trata de centros de investigación de gran relevancia y en obras de primerísima fila, y aún así la mayoría de las veces los ensayos aplicados se llevan a cabo sin coherencia aparente y sin un objetivo claro, lo que lleva a pensar que han sido seleccionados por propia iniciativa, siguiendo las pautas de lo empleado en piezas de otras características o de naturaleza diferente, sin saber muy bien cómo adaptarlas a la escultura en concreto, o cómo extraer la información precisada de forma eficaz. Algo parecido parece suceder en las policromías, como ya se ha comentado anteriormente más estudiadas, aunque también en ellas por inercia se tienden a realizar los mismos tipos de análisis que se llevan a cabo en otras disciplinas (obra pictórica, escultura sobre madera o piedra), sin tampoco llegar a llevarlas a cabo de manera correcta al no considerar las particularidades de la técnica policroma sobre terracota, de la cual, en realidad, tampoco se tiene ninguna información previa que nos guíe; lo único que es conocido de forma genérica es que el exceso de porosidad y, por tanto, de absorción de este tipo de soporte precisaría un aislante previo al policromado, apenas mencionados en Tratados Artísticos de otros países.

Del mismo modo, las restauraciones aplicadas varían de forma sorprendente de unas piezas a otras, sin encontrar una unidad o una comprobación de los resultados que justifique la elección de los

materiales empleados. Tanto los estudios científicos aplicados como los tratamientos de restauración se suelen llevar a cabo con métodos genéricos, estimados de forma puramente especulativa basándose en otras disciplinas como la arqueología o la investigación sobre patrimonio arquitectónico, aparentemente sin saber a ciencia cierta qué se espera conseguir.

Es por todo esto que se pretende elaborar con esta Tesis Doctoral un protocolo de investigación dirigido específicamente a hacer estudios completos y particulares para las obras de terracota, centrado concretamente en su soporte, que permita analizar su composición, características mineralógicas y propiedades físicas y químicas, además de sus tipologías de envejecimiento natural relacionadas con su composición y tecnología propia.

a.2. Estado de la cuestión. La escultura en terracota carece en general de la amplitud de estudios científicos encontrados en otros soportes escultóricos que permiten caracterizar las propiedades, componentes y comportamientos de su material de soporte. Los trabajos de investigación encontrados son escasos y dispersos, y difieren abismalmente unos de otros, sin permitir una contrastación de la efectividad o idoneidad de los métodos aplicados, con lo que la revisión de estos antecedentes resulta insuficiente para sentar unas bases en la creación de un protocolo útil y sobradamente probado. Es por esto que ha sido preciso hacer, además, un amplio recorrido por la metodología científica aplicada por las diferentes disciplinas que estudian el material "tierra arcillosa" y "barro cocido"

en profundidad de una forma más habitual y sistematizada, para poder establecer un punto de partida real, además de revisar los protocolos existentes sobre aquellos análisis que sea necesario aplicar.

Las disciplinas a las que me refiero son: la arqueología y en concreto la arqueometría, para la cual el material cerámico es uno de sus principales objetos de estudio; la arquitectura patrimonial, campo en el que se investigan elementos arquitectónicos tanto constructivos como ornamentales realizados en barro cocido y cerámica vidriada, para determinar su actual estado de conservación y sentar las bases de su preservación en el futuro; y por último los estudios de calidad de materias primas para la construcción, centrada más específicamente en las propiedades y características de la arcilla cruda, entre otros materiales, y la influencia de los procesos de elaboración en el objeto final. Tanto los estudios tecnológicos como los de los elementos arquitectónicos decorativos o constructivos, están dirigidos primordialmente al análisis y cuantificación de su calidad funcional, mientras que los estudios de elementos arqueológicos se enfoca desde un punto de vista principalmente antropológico. En contraposición y por el contrario, las obras de arte realizados en el mismo material deben ser investigados no obstante desde un punto de vista estético y artístico, matizando además que habrá que comprobar el grado de control técnico de la obra artística comparada con las piezas artesanas, seguramente de menos calidad artística pero de mayor calidad técnica.

a.2.1. Estudios sobre escultura en terracota

Los antecedentes buscados en torno a esta tipología escultórica se subdividen en dos apartados diferentes, que abarcan por un lado la elaboración de escultura en terracota (tratados contemporáneos a los artistas, del pasado y del presente), y por otro lo relativo al estudio científico de estas mismas piezas.

Respecto a publicaciones que difundan el saber de la creación escultórica en barro, no se ha podido encontrar una explicación extensa de este uso, su técnica de elaboración ni su policromado ni siquiera en Italia (BENSI 1996), donde la escultura en terracota se elaboró de forma más asidua y abundante llegando a grandes formatos. De hecho, el trabajo del barro se importa a España desde este País, donde los aprendices que viajaban a Italia a formarse como artistas, aprenden la técnica del barro como método de formación, pero lo que difunden es que para ser un reputado escultor hay que trabajar materiales nobles como el mármol, restándole toda la importancia a este paso intermedio en material vulgar.

Tan sólo he podido encontrar algunas brevísimas referencias a este arte dispersas en Tratados Artísticos donde apenas se mencionan detalles muy breves y aislados, como la importancia del conocimiento del material a tratar que apunta CELLINI (1565, consultada la traducción de 1989), la importancia del modelado como técnica de aprendizaje expresado por PACHECO (1649) y FELIBIEN (1679) o que se solían cocer en horno de alfarero, como nos dice GAURICO (s. XVI). Es por esto que he acudido también a otro

tipo de Tratados de Artes Manuales que se refieran a las tecnologías de elaboración cerámica en su aspecto artesanal, tales como PICCOLPASSO (s. XVI), DIDEROT(1751-72), o GARCIA LOPEZ (1877). Un estudio más extenso sobre las técnicas de elaboración artística, encontrado ya en la actualidad, incluye la tesis de MEGÍAS (1990), donde habla expresamente del uso de la arcilla como soporte definitivo de escultura, con una revisión completa de métodos, variaciones y prácticas, en la actualidad y a lo largo de la historia. También algunos trabajos sobre las esculturas en terracota portuguesas abarcan el modo de elaboración, tradición histórica y estudio de estas piezas (HENRIQUES 2012). Existen otros libros del tipo "manual de", más prácticos y menos completos, aunque son no obstante mucho más básicos y algo menos útiles en este caso. Sin embargo, contienen datos interesantes sobre el uso de este tipo de soporte en la actualidad y ayudan a comprender los procedimientos y la tecnología que, en definitiva, quedan en la obra acabada como marcas visibles de su proceso de elaboración². De ellos, el que hace mención a grandes obras de arte mayor de cierta relevancia en épocas artísticas pasadas es BAUDRY et alii (1978), mencionando en concreto la terracota como obra definitiva y sus defectos y alteraciones de forma somera³.

Si se aborda el campo concreto de los estudios analíticos, son pocos los antecedentes que encontramos sobre este material, y se encuentran muy dispersos geográfica y temporalmente, siendo apenas pequeñas pinceladas aisladas desde la década de 1980 a

² NAVARRO (2002), TODOLÍ (2002), PLOWMAN (1995), MALMSTROM y LUCCHESI(1989), CLARK (1984), MIDGLEY (1982) o ROSENTHAL (1958)

³ Chapitre II, pp. 90-96

la actualidad, limitándose a algunas ponencias en congresos y artículos, más abundantes en esta última década: GOMEZ MORON et alii (2011), CIRUJANO et alii (2011), CIRUJANO (2010), ESCUDERO REMIREZ (2009), y GARCÍA RAMOS (1980) son los principales y más relevantes. Las técnicas analíticas utilizadas difieren bastante entre unos trabajos y otros, a excepción de aquellas más habituales y extendidas como son difracción de Rayos-X (XRD), microscopía óptica de polarización (POM) y microscopía electrónica de barrido (SEM), que se aplican prácticamente en todos los estudios mineralógicos, ya sea capa policroma o soporte. En publicaciones internacionales son más abundantes los estudios a este respecto, destacando principalmente algunos libros más especializados como son MARTÍN (2003) y VACCARI (1996), únicas publicaciones que realmente procuran hacer un recorrido completo por varios temas interesantes sobre la producción escultórica italiana en terracota, sus principales características, defectos y morfologías, incluyendo un capítulo sobre metodología de análisis sobre el soporte. Se encuentra alguna información más centrada en el soporte en los trabajos de PELOSI et alii (2015), COSTELLO y KLAUSMEYER (2014), MARIANO (2014), COROADO (2013), COROADO et alii(2012), GUEDES (2013), REIS (2013), COLOMBO et alii (2000), PETRACHE (2004), ZINK et alii(2004), BOUCHER et alii y(1996), CAMPANELLA et alii(1994), PÉREZ-RODRIGUEZ et alii (1994), PÉREZ RODRÍGUEZ et alii (1985), SALTRON et alii (1992), BANDERA y GALLONE(1986) y REES-JONES y STEPHEN(1978).

El resto de obras consultadas se concentran en las capas policromas, estratos que sí han sido analizados y reflejados también

en algunos de los informes de las restauraciones realizadas para particulares, sin dedicar la atención necesaria al soporte.

a.2.2. Arqueología

Como consideración previa hay que puntualizar que no se entiende la arqueología como objetos de la antigüedad, sino que entra en esta categoría toda pieza que haya sido extraída por procedimientos arqueológicos, y que si no hubieran sido obtenidos por estos métodos serían denominados como cacharrería, arte costumbrista, figurines, útiles, elementos arquitectónicos, alfarería o escultura. Así pues, se agrupan en este apartado toda clase de objetos de una cierta antigüedad que son el antecedente del arte costumbrista, la cacharrería, artesanía, etc. posterior que encontramos con esta calificación en los museos.

En el estudio arqueológico de piezas cerámicas se encuentra una gran profusión de análisis científicos, sistemas de clasificación de datos y el uso, muy interesante e innovador, de tecnología de muy diversa procedencia para obtener información sobre la tecnología, características composicionales y físicas de piezas elaboradas en este material, basándose, además de en las propias piezas, en la información geográfica relacionada con la misma. Sin embargo, la dirección a la que se enfoca esta información es la antropológica por encima de la artística, lo que hace todo el sistema inválido a nuestras necesidades: en este ámbito suelen ponerse bajo estudio piezas cerámicas fabricadas con fines útiles, es decir, se considera pieza de artesanía en vez de pieza artística. Esta simple

diferenciación es la que varía todo el sistema de manejo y tratamiento de estos objetos, ya que, a la hora de tomar muestras, realizar ensayos o repetir análisis se persigue más la comprobación de la fiabilidad de los resultados por encima de la conservación del original, puesto que existe una gran cantidad de vasijas con la misma tecnología y forma, salidas del mismo taller, y perder una de cien para conseguir toda la información explotable no es una pérdida. En el caso de la obra de arte cada pieza es única e irremplazable, y tan sólo podemos permitir una pérdida de original mínima de la que deberemos extraer una cantidad de información de la misma o casi la misma envergadura y fiabilidad que la conseguida por los métodos arqueológicos.

Además de esta diferencia en los puntos de partida, encontramos añadido el que en arqueología en la mayoría de las piezas cerámicas a estudiar, o bien carecen de capa policroma o bien presentan un vidriado o un engobe, técnicas que precisan de una doble cocción de la masa cerámica, mientras que las terracotas escultóricas presentan superficies mucho más modeladas e irregulares, con técnicas de vaciado interior muy diferentes, y están policromadas al seco en la mayoría de los casos, es decir, se encuentran cocidas una sola vez. Por esta fundamental diferencia de elaboración, muchos de los estudios llevados a cabo sobre estas piezas de cerámica arqueológica servirán de poco para su comparación con la escultura en terracota y deberán ser descartados, y otros muchos, que presentan métodos y ensayos aplicables, deberán verse modificados en sus procedimientos.

En este ámbito existe una gran cantidad de bibliografía que abarca desde los estudios de fisonomía y tecnología de las cerámicas arqueológicas hasta la localización de los yacimientos arcillosos históricos capaces de atribuir a una región u otra las piezas halladas, además de amplias investigaciones sobre los entornos geográficos de los yacimientos arqueológicos descubiertos y la organización de los datos obtenidos por medio de la arqueometría, haciendo hincapié en aquellos factores particulares a destacar. La arqueometría en sí es un sistema de estudio de material arqueológico que engloba campos tan amplios y diferentes como la datación, análisis físico-químico de materiales, tecnología de creación de los objetos, origen de los mismos, tipo de uso, conservación y restauración, estudios paleoambientales, prospección geofísica, teledetección espacial y métodos estadísticos y matemáticos de estudio global (MONTERO RUIZ 2007). Se puede concluir que la arqueometría se considera el método global de estudio científico de la arqueología, ya que engloba el total de los estudios realizados sobre este tipo de materiales, propiciando y estableciendo como norma la clasificación de la información mediante un sistema estadístico en el cual todos los datos obtenidos de un grupo de piezas de características predeterminadas se recopilan y transforman en tablas donde quedan claramente expresadas las comparaciones entre unas y otras, estableciendo grupos según la similitud de características concretas, en todos los campos de estudio posibles.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el primer campo de repaso de antecedentes dentro de la propia arqueología se ha centrado en todos aquellos trabajos que de forma arqueométrica han estudiado

elementos de coroplastia (término que se refiere a pequeñas figurillas, sean cuales sean sus usos), campo en el que principalmente destacan los artículos de NOGUERA et alii(2001), RAMOS et alii (1990), RAMOS (1999y 1998), ARANA et alii(1993), VIGIL et alii(1992 y 1993), y la tesis doctoral de BLANCA LOPEZ (2011). Los análisis utilizados en estos estudios suelen ser de nuevo genéricos como ya vimos en escultura en terracota (XRD, POM y SEM), y los resultados, parciales, centrándose solamente en uno o dos tipos de información extraíbles, sin explorar todas las posibilidades.

Para completar todos los usos de éstos y otros análisis aplicables a cerámica que se pueden encontrar en el resto de los campos de la arqueometría, las principales obras que hablan de las técnicas analíticas de forma general son las siguientes: CARRASCOSA (2005), POLLARD (1996), McGOVERN (1995), VENIALE (1990), RAVAGLIOLI y KRAJEWSKI(1989), CUOMO DI CAPRIO(1987), OLIN y FRANKLIN(1982), AITKEN (1961).De éstas y otras obras recopilatorias se desprende que, en general, en el campo de la arqueología no existe un "manual" que como tal establezca un protocolo cerrado de análisis a aplicar, sino que la tendencia principal pasa por acudir a la disciplina de la arqueometría, utilizada con profusión por centros de investigación y científicos, reflejados en abundantes publicaciones que, sin embargo, tampoco acotan de forma clara los límites de dicha disciplina, que continúa abarcando campos y añadiendo técnicas y procedimientos diferentes. De este modo, es la propia disciplina en sí la que está marcando las líneas de investigación a seguir.

Dentro de ella se encuentran muchas publicaciones centradas en temas concretos, de todos los cuales los interesantes para nosotros

son: la localización de áreas geográficas procedencia del material arcilloso y su relación con piezas cerámicas, datación de las piezas por medios fiables, análisis composicionales físico-químicos de materiales, incluyendo la búsqueda y definición de elementos marcadores, y el estudio de la tecnología de creación de los objetos. En estos campos se extrae la información necesaria por medio de una gran cantidad de análisis y ensayos diferentes, pero sólo se reflejarán los que en la actualidad tienen más incidencia, se encuentran bien estipulados y que han mostrado probada eficacia en la materia.

Respecto a la localización de áreas geográficas concretas de procedencia del material arcilloso, y su relación con piezas cerámicas se defiende principalmente el uso de ciertos análisis: el análisis de activación neutrónica (NAA) es uno de los más extendidos en uso (MUNITA et alii 2003, 2001 y 2000, GLASCOCK y NEFF 2003, BAKRAJI et alii 2002, MOROPOULOU, et alii 2002, CHAPDELAINE et alii 2001, DESCANTES et alii 2001, XU et alii 2001, MELONI et alii 2000, DAY et alii 1999, HUGHES et alii 1999, BEAL y OLMEZ 1997, MOMMSEN et alii 1997, SLANE et alii 1994, CARROT et alii 1993, BALLA et alii 1990) aplicado de forma aislada o apoyada por otras técnicas analíticas como microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energía de dispersión de rayos X (SEM-EDX) (ALVAREZ et alii 2003, DRUC et alii 2001), fluorescencia de rayos X (XRF) (ADAN-BAYEWITZ et alii 1999), espectroscopía de masa-plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) (HEIN et alii 2002) o difracción de rayos X (XRD) (GARRIGOS et alii 2003). Tradicionalmente se han usado con muy buenos resultados estudios geoquímicos en combinación con análisis mineralógico (CULTRONE et alii 2011, HEIN et alii, 2004,

MOMMSEN 2001, CAPEL 1982, CAPEL et alii 1979, GALLART 1977), ICP-MS también de forma aislada (KENNETT 2004, KENNETH et alii 2002, PINGUITORE et alii 1997, HOLMES et alii 1995) y fluorescencia de Rayos-X (XRF) (LABRECQUE et alii 1998, FABBRI y MALDERA 1989), y habitualmente en combinación con otras técnicas. También han tenido bastante éxito el uso de las espectroscopías como la catodoluminiscente (CL) (PIVOUET et alii 1999) y Mössbauer (EM) (ZHENG y HSIA 1991, GANCEDO et alii 1985,) espectroscopía de plasma inducido por láser (LIBS) (ANZANO et alii 2002), además de la termoluminiscencia (TL) (RASMUSSEN 2001, VAZ et alii 1997) y la microsonda de electrones (EMS) (FREESTONE 1982, SHRINER y DORAIS 1999)

La localización de zonas geográficas se encuentra estrechamente relacionada con la propia caracterización de la cerámica conformada, compartiendo los mismos análisis básicos. Los análisis composicionales físico-químicos de materiales, incluyendo la búsqueda y definición de elementos marcadores exige una revisión de antecedentes más extensa ya que para la identificación de componentes se puede utilizar y de hecho se utiliza un amplio rango de métodos analíticos diferentes (detallado más específicamente en el apartado D.2.2.2.), que aportan a veces informaciones similares, y otras complementan en distintos aspectos la composición, por ejemplo al añadir a la identificación mineralógica la química, aportando en otros casos información sobre el estado de evolución físico de un mismo componente. Las técnicas más aplicadas, casi siempre en combinación entre ellas, son NAA (MUNITA et alii 2004, 2001, GARCIA-HERAS et alii 2001), ICP-MS (HOLMES et alii 1995, KENNETT et alii 2002, TSOLAKIDOU y KILIKOGLU

2002), espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) (DE BENEDETTO et alii 2002, BARONE et alii 2003), XRF (PILLAY et alii 2000), fluorescencia de Rayos-X de reflexión total (FRXT) (CARIATI et alii 2003), EDX (HALL et alii 1999), espectroscopía de masas por ablación láser de acoplamiento inductivo (LA-ICP-MS) (ROBERTSON et alii 2002, NEFF 2003), y conjuntamente POM, SEM y EDX (IGEA et alii 2007, POLVORINOS et alii 2003, CRIADO et alii 2002, ZAMOJSKA y ZAMOJSKA 2000, FLORES 1996, SLANE et alii 1994, NEFF 1992, CALVAN y CALVAN 1987, CAPEL,LINARES y HUERTAS 1979, TITE 1972, CALEY 1947).

En cuanto a la datación por medios fiables, me he limitado a la búsqueda de investigaciones de utilidad sobre la técnica de datación por TL, ya que ésta, con diferentes variantes, es sin lugar a dudas la más fiable para el material que nos ocupa, según FEATHERS (2003), GODFREY-SMITH y CASEY(2003), BAYLIFF y HOLLAND (2000),BERGER et alii (2002), GOKSU y SCHWENK (2000), ABEYRATNE y SCHWENK (1994), AITKEN (1985).

Estudios sobre la tecnología de creación de los objetos, y cómo las variaciones en las distintas fases del proceso pueden ser definidos y cómo afectan al producto final son los siguientes: DE ROSA, CULTRONE y RENDELI (2012), GRIFA et alii (2009), ALBERO (2007), MARITAN et alii (2006), GIJÓN (2004), VAQUERIZO (2002), RAMOS (1998), CARROT et alii (1993), RABEISEN y VERTET(1986), GANCEDO et alii(1985), NICHOLLS (1984), BLANCHET (1983), MANIATIS et alii (1982) y ALMAGRO (1980).

a.2.3. Arquitectura

Los elementos arquitectónicos, ya sean constructivos u ornamentales, que pertenecen a la arquitectura patrimonial han sido objeto de interés para estudiosos e investigadores en cuanto a su conservación, restauración y conocimiento tecnológico se refiere, y los productos cerámicos se encuentran presentes en muchas de estas construcciones. Desde la antigüedad encontramos pavimentos, zócalos, azulejería, ladrillos, teja, y toda clase de elementos ornamentales realizados con este material, que ha sido ampliamente investigado.

Si revisamos los antecedentes en esta disciplina nos encontramos con que existe una clara diferenciación entre los estudios aplicados a elementos constructivos (ladrillos, teja) y a aquellos de mayor valor ornamental (relieves, mayólica, azulejería, mosaico), por un lado por sus diferentes características materiales y por otro por los diferentes aspectos que interesa estudiar en cada uno de ellos: los elementos constructivos se investigan y testan por su elaboración y características generales desde un punto de vista utilitario, dirigidos a su calidad, perdurabilidad y cualidades mecánicas y físicas, que permitan dilucidar su conservación a lo largo del tiempo y encontrar materiales afines por los que poder sustituir piezas deterioradas; mientras que los elementos ornamentales son estudiados para procurar la mayor conservación del original posible, ateniendo a males y "enfermedades" propias de los procesos de elaboración del bizcocho o el vidriado (principal técnica de acabado de estos elementos) que produzcan deterioros importantes. En ambos casos, interesa estudiar, además del elemento construido, las materias

primas de que se han elaborado, dedicándose otra gran parte de los estudios al análisis de las características de la tierra arcillosa cruda.

a.2.3.1. Elementos constructivos.

De ambos campos se puede extraer información muy interesante a aplicar sobre escultura en terracota, ya que dentro del estudio de elementos constructivos son muchos los análisis de caracterización y comportamiento que se aplican a fábricas de ladrillo, como de sus posibles fuentes de materia prima, centrándose en el estado de conservación actual de las construcciones, su evolución y envejecimiento derivados de factores extrínsecos e intrínsecos: SETTI et alii (2012), FORTI et alii(2004), LÓPEZ-ARCE (2004), CULTRONE et alii (2001, 2004 y 2005), VILLEGAS y SEBASTIAN (2003), MOROPOLOU, CAKMAK y POLIKRETI (2002),LEGUEY et alii (2001), ATCHOLI et alii (2000), DI TOMASSO (2000), MOIOLI y SECARONI (2000), DE ANDRADE et alii (1999), FLORES (1999 y 1998), FLORES et alii (1999), ÁLVAREZ (1997), CORBELLANI et alii (1997), SEBASTIÁN y MARTÍN (1996), ALESSANDRINI et alii (1995b), DE LA TORRE (1995), FABBRI (1995), GUIRAUM et alii (1994), PRACK (1993), ASHURST (1988), BERMÚDEZ (1987), CAPEL (1982). Algunos de los trabajos se centran más exhaustivamente en la caracterización de los yacimientos de la provincia, buscando igualmente (aparte de las fuentes documentales que aporten información sobre su explotación a lo largo de la historia) el conocimiento de su composición y su comportamiento en el futuro mediante ensayos de envejecimiento

acelerados (CULTRONE 2001, COMBARROS 1999, MINGARRO 1996, BERNAL 1978, GALLART 1977, BARAHONA 1974, GONZÁLEZ PENA 1974). Y por último se encuentran estudios centrados, también, en la investigación sobre su tecnología de creación, diferenciando la influencia de diferentes fases, el impacto de variaciones en los procesos y futuros comportamientos derivados de dichas modificaciones (HAJJAJI y KACIM 2004, DOEHNE et alii 2004, CULTRONE 2004, BAULUZ et alii 2003, BELHAMRI 2003, ELERT et alii 2003, RAIMONDO et alii 2003, CARRETERO et alii 2002, DUNHAM, McKNIGHT y WARREN 2001, VALLE 2001, ALIA et alii 1999, ASSAL et alii 1999, DONDI et alii 1999, ELWAN y EL-DIDAMONY 1999, FLORES 1996, HOFFMAN y NIESEL 1996, GONZÁLEZ-GARCÍA et alii 1990, LITVAN 1984, MARTÍN et alii 1973, BANCROFT et alii 1967, SCOTT 1954)

No obstante, estas investigaciones suelen ser localistas e incompletas, sin que existan estudios realmente exhaustivos de la caracterización de los yacimientos arcillosos de una provincia al completo en la publicación, y ni mucho menos atendiendo a explotaciones diferenciadas según distintas épocas a lo largo de la historia. Como segundo inconveniente, se encuentra el escaso nivel de atención que se dedica a la regla de eliminar la menor cantidad de muestra posible, ya que al tratarse de elementos constructivos (igual que sucedía en arqueología) la pérdida de varias piezas no se considera relevante en relación a la cantidad y calidad de información que se extraerá del proceso.

a.2.3.2. Elementos ornamentales

En el ámbito de investigación de los elementos ornamentales son también más abundantes los estudios realizados sobre obra real para comprobar su estado de envejecimiento, y sobre todo ponen el acento en las causas extrínsecas e intrínsecas que han definido deterioros concretos, buscando siempre el método ideal de atajar y solventar dichos estados de alteración. En este caso el punto de vista y tratamiento de la misma sí coincide con el concepto de "obra artística" que nos ocupa, no obstante el problema surge por el hecho de que en la inmensa mayoría de los casos estos elementos han sido elaborados de formas completamente diferentes ala escultura en terracota, tratándose casi siempre de cerámicas bidimensionales que se encuentran vidriadas, esmaltadas o engobadas. La única excepción son los relieves realizados en mayólica, si bien estos, aunque muy abundantes en el extranjero, no son tan comunes en nuestro País. En ambos casos, no obstante, las técnicas analíticas encontradas se centran mucho más en el estado de conservación del vidriado y su relación con el bizcocho, más que en la caracterización de este último y su procedencia(LUPIÓN et alii 2006, MARRERO et alii 2006, DOUFURNIER 2004, FLORES et alii 2004, PADELETTI 2004, PÉREZ-ARANTEGUI 2004, VELDE 2004, FLORES et alii 2001a, FLORES y APARICIO 2001, FLORES et alii 2001b, APARICIO et alii 2001, HERRERA y FLORES 1998, ALESSANDRINI et alii 1995a, ROSSI et alii 1995, FABBRI 1992, ESCARDINO 1977).

a.2.4. Estudios de calidad de materias primas

También se encuentran estudios del material "arcilla cocida" en todas sus variantes en lo concerniente a la construcción y ornamentación de la arquitectura actual, enfocados a la comprobación de unas características muy específicas relativas a su calidad como material de construcción, datos también perseguidos en esta investigación de la escultura, aunque obvian gran cantidad de información.

Estos elementos están ahora condicionados por su uso y funcionalidad, por lo que tanto los estudios aplicados, sus metodologías de aplicación y resultados deseables están más definidos, estableciendo unos estándares de calidad mínimos. Los protocolos, metodologías y tipo de análisis aplicados están definidos por una serie de normas de calidad⁴ estandarizadas y reconocidas internacionalmente.

Centros tecnológicos, organismos públicos, fábricas privadas y productores particulares (de los cuales son de interés para esta Tesis los andaluces) que testean la calidad tanto de las arcillas, como de las tecnologías aplicadas para la fabricación de elementos constructivos en sí, tales como tejas, ladrillos, pavimentos, zócalos, recubrimientos, utensilios, etc., de diferentes tipos y propiedades. Estos estudios se centran en la medición y definición de los elementos constitutivos de la masa arcillosa cruda dirigidos a la comprobación de su implicación en las propiedades de resistencia

⁴ Las normas internacionales UNE, NORMAL, RILEM, etc.

física y química, tenacidad y comportamiento higroscópico ante alterantes de presión y tensión, aparte de los elementos atmosféricos, que son los factores primordiales que pueden causar la fractura o deterioro de estos elementos constitutivos de una arquitectura.

Igualmente extensos son los ensayos científicos realizados sobre el material ya fabricado para comprobar cómo las diferentes tecnologías de creación del producto final, pasando por todos los procesos de amasado, secado, toma de forma, cocción y aplicación a la fábrica, favorecen o empeoran sus resultados finales en estas mismas características de resistencia y tenacidad según se varíen sus parámetros, poniendo de manifiesto los resultados de las diferentes combinaciones en cada arcilla característica.

Dentro de este campo es muy interesante la amplia gama de técnicas analíticas y ensayos utilizados para caracterizar las arcillas crudas, al poner de manifiesto las propiedades específicas de cada yacimiento destacando sus particularidades y comportamientos característicos durante su evolución material. En sí, los resultados que aportan y sus conclusiones serán muy útiles como información de partida, si bien muy incompleta en lo que respecta al interés del conservador (SIEMCALSA 2011, VÁZQUEZ y JIMÉNEZ-MILLÁN 2009, BUENO y ÁLVAREZ 2008, GÓMEZ et alii 2007, PEÑA 2003, REVENTÓS et alii 2002, GARCÍA GUINEA y MARTÍNEZ 1992, GONZÁLEZ 1992, JORQUERA et alii 1990, ADARO 1982, IGME 1980 y 1977, MAQUEDA et alii 1979, MINISTERIO DE INDUSTRIA 1977, GARCÍA RAMOS, et alii 1971, MARTÍN 1971, GARCÍA VALDECASAS 1980a y 1980b, GONZÁLEZ

GARCÍA 1960, GONZÁLEZ GARCÍA y PÉREZ 1970, CALDERÓN 1901, GALÁN HUERTOS 1999).

En lo que respecta a los ensayos sobre los objetos terminados, al centrarse principalmente en sus propiedades mecánicas y tratarse de ensayos muy agresivos que requieren un alto porcentaje de pérdida de muestra, parecen presentar menos utilidad para el estudio de la terracota policromada.

Otra línea similar aunque algo diferente es la que se centra en el estudio de arcillas de una gran resistencia química y térmica, encaminadas a la creación de objetos médicos, conductos o ensamblajes proyectados para las industrias de tratamiento de elementos químicos, fundición de materiales de altas temperaturas, etc., donde la mezcla exacta de aditivos particulares se mide con mucha precisión, analizando igualmente la clara influencia de esos elementos en los resultados finales del producto acabado. Si bien este campo se sale del estudio aplicado en esta Tesis, el alto nivel de exactitud en la medición de estos aditivos y sus efectos finales son muy interesantes para la rigurosidad que se persigue en los resultados (RODRIGUEZ GALLEGO 1960).

a.2.5. Otros antecedentes

Por último, también ha sido necesario consultar aquellas publicaciones que, sin referirse específicamente a un uso concreto de análisis, definen y estipulan los usos más adecuados de los mismos, especificando el protocolo mediante el cual deben de

usarse. Este tipo de publicaciones son muy útiles para comprender de una forma más clara las necesidades y particularidades de dichas técnicas analíticas, aportando datos vitales para el buen resultado de los ensayos (ADRIAENS et alii 2005, RYON 2001, JENKINS 1999, NORRISH y HUTTON 1969, BRINDLEY y BROWN 1980, MACKENZIE 1972, GARCÍA VERDUCH 1964).

En resumen, en realidad existe muy poca información, y aunque se puede extraer de otros campos, no es completamente acorde con los objetivos de esta Tesis y las necesidades de conocimiento específico de este material. Pero no se puede partir de "nada", por lo que se pondrá el punto de inicio en otras disciplinas que se puedan adaptar al estudio de la terracota. Existen ciertos campos con una gran variedad de análisis que pueden ser de utilidad, pero de ellos muchos precisarán ser adaptados, y para no perdernos en la amplia revisión y búsqueda de los más adecuados, será más conveniente y, de hecho, necesario, plantear unos objetivos cerrados y concretos que ayuden a centrar la atención en cuestiones específicas y dirijan a conseguir resultados definidos y de calidad.

b. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la realización de esta Tesis Doctoral se dividen en objetivos generales y secundarios. Entendemos como "objetivos generales" aquellos que se persigue resolver desde un principio, los principales a conseguir con este trabajo de investigación. Por otro lado, los "objetivos secundarios" son aquellos que irán surgiendo como consecuencia del desarrollo y conclusión de las distintas fases de trabajo necesarias para el desarrollo total de esta Tesis Doctoral.

b.1. Objetivos generales

- Desarrollar un diseño o modelo de investigación de la escultura en terracota policromada, como protocolo de actuación que establezca una selección de análisis y estudios previos de eficacia ampliamente probada e imprescindible para conocer la obra de arte escultórica sobre soporte de terracota mediante la determinación desde su composición y tecnología de creación hasta su evolución material en el tiempo, derivada por causas intrínsecas de alteración.

- Crear una base de conocimiento más completa sobre este tipo de soporte escultórico, al enriquecer de forma evidente el conocimiento que se tiene sobre los distintos procedimientos de elaboración de la escultura en terracota, sus causas intrínsecas de alteración y sus procesos de evolución natural, agrupando en un

sólo trabajo de investigación la mayor cantidad de información de importancia para tener un conocimiento centrado, y al mismo tiempo amplio, ordenado y claro de los resultados concretos aportados por la selección de análisis más efectivos para su estudio.

- Promover unas bases científicas para el estudio de esta tipología escultórica en aspectos tales como su composición, tecnología de creación y evolución material, como sustento de un más acertado y eficiente proceso de tratamiento de la misma, hasta que la utilización de un protocolo científico en el campo de la restauración y la conservación sea tan sistemático como lo es en los demás tipos de soportes artísticos.

b.2. Objetivos secundarios

- Diseño de una serie completa de fichas de campo como sistema de recopilación de información de rápido acceso y manejo práctico, tantas como sean necesarias para la selección y control de datos.

- Confección de una base de datos específica para la puesta en conocimiento de la información obtenida y sus aplicaciones.

- Puesta en valor de la gran cantidad de patrimonio escultórico en terracota existente en Granada, su calidad artística e importancia como capítulo imprescindible en la Historia del Arte.

- Conocer en profundidad la tecnología de creación de esta tipología de obras en la provincia de Granada, esclareciendo diferencias técnicas entre distintos talleres o artistas.
- Conocimiento de los yacimientos de tierra arcillosa más importantes de la provincia de Granada, su composición, características y propiedades.
- Situar un punto de arranque con el que crear y acceder a nuevas líneas de investigación.

Una vez definidos los resultados a obtener de esta investigación, será necesario plantear el procedimiento a seguir para ello, estableciendo los pasos necesarios de forma general, y el proceso de cada uno de ellos.

c. METODOLOGÍA

Para conseguir el objetivo principal de esta Tesis Doctoral, la elaboración en sí de un protocolo de análisis de la escultura en terracota, de una forma justificada y clara, sería preciso, como en todo trabajo de investigación, comenzar por una exhaustiva revisión del material bibliográfico definido en los Antecedentes como imprescindible, ampliando la búsqueda a otros medios que consideremos precisos, tales como documentos de archivo, fuentes orales e informáticas. Sin embargo, para concretar un "protocolo científico" como tal, debe de comprobarse su eficacia de forma suficiente, de forma científica y rigurosa, por lo que se hace preciso también una fase experimental que acredite sobradamente la teoría. Es por esto que el segundo apartado a desarrollar se define por sí mismo como la aplicación del protocolo a obra real.

No obstante, teniendo en cuenta las tres líneas generales que se quiere abarcar con este estudio analítico del soporte (véase caracterización del material constitutivo, definición de su proceso de elaboración, y determinación del grado de influencia de uno y de otro en sus pautas de evolución natural), se precisa no sólo una obra de arte real, sino también supuestos de terracota de nueva factura con la que comparar el material envejecido, para determinar el grado de alteración real de las piezas a lo largo del tiempo.

Con este sencillo planteamiento inicial se define el trazado general de esta Tesis Doctoral:

Como apartado "0" es necesario definir qué es exactamente el material que se quiere estudiar, sus características, particularidades y especificidades, para no dispersarnos en su búsqueda y estudio, con lo que lo primero sería definir de forma concreta, según antecedentes, significado etimológico y real sobre qué se considera como "escultura en terracota policromada", ciñéndome a partir de ahí a este material de forma exclusiva.

Entrando ya en el apartado señalado como 1, deberemos estudiar en profundidad, y básicamente por medios bibliográficos, los métodos y ensayos analíticos disponibles para caracterizar este material en todos sus aspectos. Como se ha reseñado en el punto de Antecedentes, pocas son las investigaciones centradas en el soporte de terracota de las esculturas de este tipo, con lo cual se hará necesaria la revisión no menos concienzuda del resto de disciplinas centradas en la investigación de este material (arqueología, arquitectura patrimonial y estudios tecnológicos de calidad de materias primas), concretando los análisis más utilizados, su eficacia, la información que se obtiene de ellos, qué requisitos los condicionan, etc.

A partir de la investigación de todas estas características, procederé a elaborar una selección preliminar de aquellos más idóneos, según ciertas pautas generales: en primer lugar deben aportar una información importante en los aspectos antes señalados, resultando claramente útiles en nuestro amplio abanico de necesidades. En segundo lugar, es necesario que sean aplicables a la obra de arte, tanto porque precisen una cantidad de muestra menor, que ésta pueda ser utilizada para varios análisis, etc., además de que deben

poder adaptarse a la fisonomía y características de la escultura en sí. Por último, se clasificarán según sean más disponibles y sencillos. Este último punto se destaca no solamente porque nosotros mismos nos encontramos condicionados tanto económicamente como geográficamente, si no porque el tercer Objetivo General de esta Tesis Doctoral es el hacer este protocolo ampliamente utilizado, con lo cual no debe tratarse del "protocolo ideal" sino de uno práctico, efectivo y asequible, características que promoverán su uso en todos los ámbitos de estudio de la escultura en terracota. Desde este punto de vista, me limitaré en principio a los recursos ofertados por la Universidad de Granada (UGR), Centro de Instrumentación Científica (CIC) y Consejo Superior de Investigación Científica (CSIC), siendo evidente la más que suficiente oferta en técnicas y ensayos analíticos que ofertan estos organismos. No obstante lo anterior, se recurrirá a equipos de localización externa cuando se consideren muy interesantes e incluso necesarios los resultados que aporten, y siempre y cuando esas necesidades no se vean cubiertas con otros análisis de los que sí se disponga.

Por último, será necesario, antes de la aplicación de esta selección de análisis a la obra real, establecer parámetros tales como el método de obtención de la muestra, el orden de aplicación de los análisis y demás requisitos para el óptimo aprovechamiento de la mínima muestra extraída.

Dentro del apartado 2, será necesario realizar paralelamente la búsqueda tanto de obra original en terracota como de aquellos lugares de extracción de arcillas que puedan ser similares o iguales a las empleadas en la creación de las piezas escultóricas,

reproduciendo la tecnología de creación de las esculturas en la elaboración de las probetas. Para esto, será necesario en primer lugar comprobar la disponibilidad de obra (que en principio parece ser escasa), y la posibilidad de realizar sobre ella los análisis necesarios. Para no dispersarnos demasiado, y siempre teniendo en cuenta que debemos disponer de un número mínimo de piezas que haga la comprobación del protocolo fiable, se establecerá un primer rango de búsqueda razonado, relativo a autores, épocas y geografía siempre teniendo en cuenta que se deben seleccionar aquellas obras que nos permitan tener acceso a sus posibles yacimientos de arcilla de origen, y que la "diversidad" de obra debe ser suficiente para poder establecer comparativas y contrastar resultados. Es por esto que en principio comenzaré por buscar esculturas oriundas de Granada capital (más accesibles) y de época preindustrial (donde se utilizaban casi siempre materias primas locales), añadiendo un cierto número de obras externas a estos parámetros. De ser insuficiente el número de piezas obtenido con estos requisitos, ampliaremos el rango de búsqueda.

Para la localización de las piezas será necesaria una nueva investigación bibliográfica por medio de catálogos, inventarios, artículos, etc. que informen sobre los autores que han realizado obras de esta tipología y cuál es su ubicación actual, para proceder a pedir los permisos pertinentes.

Teniendo en cuenta la cantidad de obra real a tratar en adelante, que además se verá complementada por la búsqueda de yacimientos de arcillas y la elaboración y análisis de las probetas, es presumible que la información extraída de todo el proceso de

investigación será abundante y de muy diversa tipología, por lo que en este punto se hará necesario elaborar un sistema de clasificación de la información eficiente que permita un almacenaje práctico y una posterior consulta rápida y directa; en definitiva, una base de datos que se irá desarrollando tanto en diseño como en cobertura conforme se avance en la investigación.

Una vez establecida y documentada de forma previa la obra escultórica incluida en la Tesis (posible autoría, taller, época, geografía, etc.), se podrá proceder a indagar sobre sus posibles fuentes de material original: los yacimientos arcillosos de la zona. De nuevo se hará necesaria una investigación bibliográfica que ayude a definir la localización de estos yacimientos más o menos en la misma época de creación de la obra escultórica, lo cual implicará sin duda la investigación de documentos de archivo relativos a la explotación de materias primas, y un trabajo de campo específico para tratar de enlazar las actuales fábricas de material cerámico con sus antiguas ubicaciones y antecesores en el oficio, ya que este tipo de talleres se encontraban siempre al pie de los propios yacimientos arcillosos por mera economización de recursos. Se procederá, después, a extraer material de estos yacimientos y a la elaboración de las probetas, para lo cual será necesario indagar en los métodos tradicionales de tratado del barro, conformación de las pellas y elaboración de la escultura en sí. Pese a la escasa información al respecto (en lo que obra escultórica de este tipo se refiere), se procurará recurrir en la medida de lo posible a Tratados Artísticos de las épocas relativas a las esculturas, extendiendo la búsqueda a Tratados de Artes Aplicadas igualmente de épocas contemporáneas a las obras de arte, para elaborar en forma y

método las probetas de arcilla cocida con la misma tecnología de creación de las piezas estudiadas. Durante todos los procesos se observará si se dan deterioros similares a los que presenten las obras de arte, y establecer si son los propios procedimientos los que provocan tales daños, si se debe a las características del material en sí, a sus propiedades, etc.

El apartado final de la Tesis Doctoral será la aplicación del protocolo preliminar tanto a la obra real como a las probetas ya conformadas, para comprobar la información que aporta, su idoneidad, aplicabilidad y, por tanto, la efectividad y fiabilidad del protocolo establecido, cerrando definitivamente la selección de técnicas analíticas que lo conformarán.

Los resultados obtenidos se verán reflejados en un penúltimo apartado de Resultados y Discusión que se derivará en las Conclusiones finales.

Debido a la propia estructura del trabajo en sí, y a la diferente naturaleza de cada uno de los apartados destacados más arriba, resultará más clarificador si al final de cada apartado se estableciera una Discusión de Resultados, tanto referente al establecimiento del protocolo preliminar (apartado 1), como a la aplicación del mismo primero a las probetas (apartado 2a) y posteriormente a la obra real (apartado 2b). De este modo se podrán comprobar de forma aislada los resultados que ha aportado dicho protocolo en material nuevo y envejecido, discutiéndose la comparación entre ambos tipos en los Resultados y Discusión finales, dando lugar a las Conclusiones de forma más encauzada.

Hasta aquí se establece lo que se considera el *corpus* de la Tesis Doctoral, que se verá completada y cerrada definitivamente por la Bibliografía Consultada. A este respecto, tan sólo destacar que se van a ver reflejados en ella sólo aquellos libros, documentos y noticias que realmente hayan tenido una aplicación directa en la Tesis; con esto quiero referirme a que, soy consciente de la gran cantidad de documentación, información oral, etc., que se va a revisar, pero mucha de ella no será de utilidad, ni aportará nada en absoluto, con lo que si es desechada, no se verá reflejada. La estructura de este apartado, para facilitar el acceso a las referencias que se busquen, será sencillamente por orden alfabético, sin subdivisiones por tipo de información o capítulos, aunque sí se pondrá en apartado separado las referencias a recursos web.

Siguiendo una intencionalidad de clarificar, simplificar y favorecer la visión continua y general de la información que se presenta, las notas estarán integradas en el mismo texto de forma que no interrumpen la lectura, reduciendo las notas a pie de página a las aclaraciones más necesarias, siempre integradas en la misma página, y del mismo modo la bibliografía se insertará en el texto de forma escueta y clara.

Respecto a las imágenes contenidas en esta Tesis, todas las fotografías y diagramas son de elaboración propia. Aquellas que han sido tomadas de otras fuentes han sido debidamente referenciadas en los pies de foto o a pies de página.

En conclusión, y de forma resumida, el trabajo consistirá en dos pasos principales: por un lado recopilar toda la información disponible, y por otro en generar toda aquella que no exista aún. El esqueleto de la investigación se estructura con cuatro puntos principales.

- 0- Definición del objeto de estudio
- 1- Elaboración en la teoría de un protocolo de estudio
- 2- Comprobación del protocolo en la práctica
 - sobre probetas de nueva factura
 - sobre obra real
- 3- Discusión sobre la efectividad del protocolo.

Si se completa, así, toda la información previamente referida, quedando el índice completo como sigue:



Gráfico 1. Representación esquemática del proyecto de Tesis Doctoral

**ESTABLECIMIENTO DE UN PROTOCOLO DE
ACTUACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA
TERRACOTA.**

*Definición del objeto de estudio.
Concepto de arcilla y terracota, su técnica y procedimientos.*

**DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.
CONCEPTO DE ARCILLA Y TERRACOTA, SU TÉCNICA Y PROCEDIMIENTOS**

A

*Definición del objeto de estudio.
Concepto de arcilla y terracota, su técnica y procedimientos.*

En primer lugar es necesario hacer una definición concreta del objeto en sí de esta investigación, determinando qué es lo que entendemos por "escultura en terracota policromada", para marcar así los límites del campo de actuación. Para ello es necesario realizar una revisión de sus características concretas y particulares que diferencian este tipo de material cerámico de los demás, desde un punto de vista histórico, artístico y tecnológico.

Para ello se introducirán en principio las características generales de esta tipología escultórica, centrando la atención después más detalladamente en la descripción de su material constitutivo, la arcilla, y todos aquellos procesos por los que debe pasar hasta transformarse en el material definitivo de terracota. No obstante este trabajo no pretende ser una revisión exhaustiva de todos y cada uno de los tipos de arcilla y todos los procesos de creación de los diferentes materiales cerámicos, por lo que tan sólo me ceñiré a aquellos productos y procesos propios de las piezas a tratar: sólo aquellas arcillas indicadas para el modelado directo, y las tecnologías tradicionales, manuales, propias de la época preindustrial utilizadas para elaborar piezas definitivas. Pero esta Tesis Doctoral tampoco pretende ser un tratado de las tecnologías de creación de la escultura en terracota, sino un estudio de sus deterioros y alteraciones intrínsecas, por lo que el punto de vista desde el que se enfocará todo el discurso será el de evaluar los efectos que tanto la elección de la materia prima como de su manejo y elaboración tendrá en el comportamiento a lo largo del tiempo del producto terminado, cuáles son los defectos asociados a

cada una de las fases del proceso y qué impacto tendrán en la evolución natural de la pieza acabada.

A.1. Definición de la escultura en terracota

El proceso de la cocción de la tierra arcillosa ha dado lugar a una gran cantidad de productos cerámicos de toda índole y tipología que ha estado presente en la historia humana desde sus principios, en todas las culturas y a lo largo de todas las épocas, creando tal variedad de objetos, con tierras arcillosas de composiciones tan diferentes, aplicados a tantos usos y con tecnologías de elaboración tan distintos que casi parece imposible pensar que se trate del mismo material de base: porcelanas y loza, azulejería y ladrillo, gres y terrazo, terracota y mayólica; elementos incluso con las mismas finalidades utilitarias pueden estar creadas por tecnologías y materiales de base particulares, lo que hace muy difícil una clasificación de los productos cerámicos realmente válida, al no poder establecerse un único parámetro de clasificación suficientemente definitorio.

En el caso que nos ocupa, se parte del punto básico de que la terracota es uno de estos productos cerámicos, entendida la "cerámica", según el Glosario elaborado por la Comisión de Normalización CV, como *"un material inorgánico, no metálico, obtenido a partir de materia prima mineral, que se endurece cuando se seca y consolida de forma irreversible mediante la cocción"*. Dentro de este rango general, la "terracota", con el significado literal latino de "tierra cocida" designa de forma

genérica según la definición de la RAE “*escultura de pequeño tamaño hecha de arcilla endurecida*”; hay varios autores, como MEGIAS (1990) que generalizan más en el ámbito aplicable a este término “*productos artísticos resultantes de la manufactura de de las arcillas en el ámbito de la escultura*”, y otros que se centran en definir aspectos más técnicos como su acabado o temperatura de cocción, como ROSENTHAL (1958) “*toda la cerámica porosa que no está recubierta de vidriado. Se cuece a temperatura más baja que la loza de barro y por consiguiente es más blanca y más porosa*”, temperatura más definida por RAMOS (1999), hablando de elementos de coroplastia “*se denomina terracotas al conjunto de piezas elaboradas con arcillas, más o menos depuradas, que luego son cocidas en hornos a temperaturas diversas, no sobrepasando en la mayoría de los casos, los 900°C*”; otros autores corroboran el establecimiento de esta aproximada temperatura máxima en otras muchas publicaciones referidas también a periodos artísticos intermedios (ss. XV-XVIII): CIRUJANO (2010) (850°C y 900°C), FABBRI (1996) (950°C), BERSON et alii(1997) (850-950 °C).

Completando esta información, para establecer la temperatura mínima necesaria para que una terracota pueda ser definida como tal, entramos ahora en su descripción matérica: siendo la terracota el producto final que surge a partir de una tierra arcillosa expuesta al calor, debemos tener en cuenta a qué temperatura se producen los cambios físicos y químicos que transforman las propiedades y el comportamiento de esta materia prima. Para ello, contamos con las afirmaciones de varios expertos en la materia (FLORES 1999, MORALES 2005, FORCONI y LUCCHESI 2008) que establecen que es a partir de los 750°C cuando comienzan las transformaciones químicas

y mineralógicas que dan las propiedades definitorias al material: estabilidad, consistencia pétreo, resistencia mecánica, textura y color, sin alterar el sistema poroso.

Conociendo las características básicas del material de soporte, la técnica policroma también influye en su nomenclatura, ya que si el soporte se encuentra engobado o esmaltado (procesos que requieren una segunda cocción) se considera como mayólica, reservándose el término "escultura en terracota" casi exclusivamente a aquellas piezas artísticas de soporte en terracota que son policromadas al seco (FABBRI 1996). La gama de policromías al seco aplicables sobre la terracota no se encuentra definida por ningún manual o tratado, ya que aunque hay algunas reseñas escuetas al respecto (GAURICO s. XVI, PLINIO 79), en la mayoría de los casos se siguen las pautas de las policromías aplicadas a escultura en madera o piedra (BERSON et alii 1997, BENSI 1996), y como muchos investigadores han comprobado⁵, sobre este material de soporte se puede aplicar casi cualquier policromía: con o sin capa de aislante, con o sin preparación, con imprimación o sin ella, preparaciones oleosas o a la cola con cargas de yeso o chamota, policromado a la encáustica, al temple al huevo, temple a la cola, mixto o graso, al óleo, y con o sin barniz final de diferentes naturalezas.

⁵ BENSI cita una gran cantidad de autores que han estudiado en profundidad las técnicas policromas, en su artículo de 1996 donde realiza una revisión de la policromía en la escultura italiana en terracota de los siglos XV-XVI, pero hay además otras muchas publicaciones nacionales e internacionales que han recogido técnicas policromas muy variadas: BLANCA (2011), ESCUDERO (2009), RAMOS (2009), HASBACH (2005a y 2005b), BERSON (1997), BERSON et alii (1997), LABBÉ (1997), SCEMLA y COLINART (1997), LARSON (1990), (1989a), (1989b) y (1988), PEREZ-RODRIGUEZ et alii (1994), PÉREZ RODRÍGUEZ et alii (1985), BARBERO (1998) y (1997), BANDERA y GALLEONE (1986), REES-JONES y STEPHEN (1978).

Como conclusión, es posible, así pues, establecer la siguiente definición: se considera como escultura en terracota policromada a toda aquella pieza escultórica que se encuentre modelada en barro, cocida en un rango de temperatura que abarca desde los 750-950°C y policromada con cualquier técnica al seco.

A.2. Elaboración de la escultura en terracota

La tipología de la escultura de soporte en terracota tiene unas características específicas definidas por dos factores: su material constitutivo en sí, y su tecnología de elaboración. Por lo tanto, para comprender el comportamiento a lo largo del tiempo y las propiedades finales de este tipo de esculturas, se deben estudiar estos dos mismos puntos introductorios, siempre desde el punto de vista de destacar cuáles de sus parámetros afectan más a su conservación. No se pretende, así pues, hacer un estudio en profundidad de todos y cada uno de los tipos de arcillas existentes en la superficie terrestre, ni de todas y cada una de las variaciones tecnológicas aplicadas al proceso escultórico; me ceñiré a las tipologías de barro usadas para la creación artística, destacando aquellas propiedades y características composicionales que tengan influencia directa sobre su desarrollo en el tiempo, y dentro de todas las formas de elaborar terracota, aquella utilizada para la elaboración de piezas definitivas, en el rango de tiempo y geografía que ha sido delimitado por las propias piezas disponibles para su estudio, poniendo el acento en los pasos en sí que afecten de forma significativa a la calidad conservativa de la pieza final.

A.2.1. La tierra arcillosa: componentes principales

Comenzaré por la revisión de las tipologías de arcillas más utilizadas y recomendadas para la escultura en terracota, destacando aquellos factores especialmente relevantes para comprender su comportamiento, durante y tras las fases de la creación artística, tales como su composición mineralógica principal, la estructura cristalográfica específica que le aporta sus características más importantes, y el modo en que la presencia de unas u otras impurezas puede variar las propiedades y reacción de la masa arcillosa durante las distintas fases de elaboración de la terracota, señalando los deterioros que pueden producir en la obra terminada a lo largo de su vida material.

Como segundo apartado será necesario definir sus propiedades principales, que son las que condicionan y dirigen los métodos de trabajo y elaboración de la escultura en sí misma.

A.2.1.1. Arcilla

La arcilla es un material muy abundante en la corteza terrestre, ya que se trata de una familia de minerales derivados de la desintegración de otros minerales, sobre todo feldespatos. Las más utilizadas para la elaboración artística son aquellas formadas por el deterioro y sedimentación de este material, por medio acuoso o aéreo, a otros emplazamientos, como lechos de ríos, fondo de

lagos, valles, etc., donde se acumulan formando los yacimientos al aire libre. Las características de estas tierras arcillosas, llamadas secundarias, resultan mucho más apropiadas que las primarias (formadas *in situ* por la desintegración de la roca) y por tanto han sido más explotadas, ya que poseen un grano más fino y homogéneo⁶, ya decantado, además de contener gran cantidad de impurezas de diferentes naturalezas, que modifican de forma muy significativa las características de cada tipo de arcilla.

Los componentes principales que forman, por tanto, las arcillas, son la alúmina y los silicatos constitutivos de esos feldespatos originales, cuya forma laminar aporta a la masa arcillosa sus características particulares de plasticidad al propiciar la atracción entre sus átomos, la combinación química de parte del agua que se le agrega, y la inclusión del resto de ésta entre sus partículas⁷. Estas fuerzas de atracción entre sus elementos constitutivos (incluida el agua) son las que permiten el modelado de la arcilla en crudo y su transformación, una vez aplicadas altas temperaturas, en otro material completamente diferente como es la terracota.

De todas las combinaciones posibles entre estos componentes surgen los diferentes tipos de arcillas, de las cuales las más apropiadas para la elaboración artística⁸ son las ilitas y las cloritas⁹,

⁶ Característica necesaria para conseguir una correcta porosidad y resistencia de la pasta, ya que reduce los "huecos" y evita así la formación de bolsas de aire que fisurarían la terracota durante la cocción.

⁷ Más información en MORALES (2005)

⁸ Según GARCIA LÓPEZ (1877), son más idóneas para escultura las arcillas figulinas, rojas, fusibles a temperatura muy baja por su contenido en cal y óxido férrico, que suelen estar acompañados por pirita. Otra recomendación sobre las arcillas más idóneas la hace FABBRI (1996), recomendando las de tipo ilítico-clorítico.

tanto por sus grados de plasticidad como por su nivel de refractabilidad¹⁰ que las incluye en la categoría de vitrificables (funden entre los 950-1100°C).

Aunque estos elementos principales definen el comportamiento característico de una arcilla, son el resto de componentes y las impurezas las que controlarán sus propiedades, modificándolas al potenciarlas o debilitarlas. Podemos encontrarlos añadidos a los componentes principales tanto de forma natural por los procesos de transporte y decantación, como añadidos por los propios artistas que, conocedores de sus consecuencias, los utilizaban para mejorar los resultados. De todos estos materiales, los más interesantes son los desgrasantes, los fundentes y el detritus natural.

A.2.1.2. Desgrasantes

Los desgrasantes o sustancias magras son materiales que restan plasticidad sin por ello interferir químicamente en la composición, aportando con su presencia más empaque durante el modelado y un esqueleto estable que resta contracción durante el secado y la cocción. Su función es la de contrarrestar el efecto graso de los propios filosilicatos constituyentes de la arcilla, que son los que aportan la plasticidad y, por tanto, el grado elevado de

⁹ Según la clasificación hecha según la tipología de componentes principales que forman las fracciones finas de la arcilla, relacionada por BARAHONA (1974) y CARRASCOSA (2005).

¹⁰ Más información en CARRASCOSA (2005) y MORALES (2005)

contracción que puede producir fisuras y grietas durante los procesos de secado y cocción.

Los minerales más habituales con estas características son el cuarzo y la calcita que pueden encontrarse ambos en la masa arcillosa de forma natural, en la misma medida que pueden haber sido añadidos por el artista durante el amasado de la arcilla, lo cual interferiría de forma importante en la posibilidad de identificar la terracota con su yacimiento de origen. Esto sucede en menor medida con la chamota, también muy usada, porque su presencia es más reconocible debido al aspecto moteado que aporta a la superficie a nivel microscópico.

Sea cual sea su origen, si los desgrasantes se encuentran en exceso en la pasta, el resultado final será un modelado dificultoso por la falta de plasticidad de la arcilla y una vitrificación defectuosa de la terracota durante la cocción, ya que actúan también como materiales refractarios.

A.2.1.3. Fundentes

La cantidad y tipo de materiales de características fundentes serán vitales para definir, en la cocción, el intervalo de tiempo que una arcilla aguanta sin fundirse y, por tanto, sin deformarse durante la fase de vitrificación. Dependiendo de los fundentes que se añadan, se producirá la vitrificación a temperatura más baja. Las arcillas con alta cantidad de fundentes han sido muy apreciadas en el pasado precisamente por la cualidad de poder conseguir una cocción

correcta a bajas temperaturas, pero un exceso de los mismos, igualmente ya sea su presencia natural o añadida, implica un defecto que daría lugar a la fusión brusca de la terracota en un intervalo de tiempo demasiado breve y poco controlable, produciendo deformaciones de la pieza durante la cocción que serían irreversibles, y forzarían al artista a repetir la escultura, o a corregir la forma fundida a base de masillas. Dentro de los minerales con propiedades fundentes encontramos feldespatos, carbonatos y óxidos de hierro.

A.2.1.4. Materia orgánica

Por último, es necesario destacar como elemento aparte la materia orgánica que frecuentemente forma parte de una arcilla. Su origen puede ser animal o vegetal, y aunque ambos tipos funcionan como desgrasantes, según sea de uno o de otro su efecto será diferente: los restos animales, de naturaleza calcárea, podrían convertirse en *caliches* y aumentar de manera excesiva la cantidad de carbonato cálcico, aportando no obstante un componente marcador que puede ayudarnos, por su cantidad y tipología, a establecer con claridad un yacimiento de origen; por otro lado, los restos vegetales presentes en exceso pueden causar un deterioro importante ya que, al quemarse durante la cocción se desintegran aumentando de manera importante la porosidad al dejar huecos, y al quemar el oxígeno dan lugar a lo que conocemos como "corazón negro", formándose magnetita en vez de hematites¹¹. Su presencia será muy

¹¹ FLORES (1999)

Útil, precisamente porque señala un defecto en la fabricación en dos direcciones: la elección de la arcilla o en el tiempo y temperatura de cocción.

La presencia, composición y cantidad de desgrasantes, fundentes y materia orgánica son los que contribuyen a que la arcilla tenga determinadas **propiedades físicas**, que se pueden resumir en: plasticidad, contracción, color, y reacción térmica. En todas ellas influyen varios factores de la propia composición de la materia, siendo los más importantes el tamaño de grano que aportará una mayor plasticidad y contracción cuanto más pequeño sea, la composición mineralógica y química que variará de forma muy importante el color según la presencia de óxidos, la materia orgánica que influye de forma vital también en la plasticidad y la cantidad de desgrasantes y fundentes que contenga la materia que influye en el grado de reacción al calor. Finalmente, la cantidad de agua añadida que se aporte a la arcilla también modificará el grado de plasticidad de la misma, por su carácter coloidal.¹²

Así pues, como podemos comprobar, no solamente la composición básica de las arcillas o sus características generales son importantes factores a tener en cuenta a la hora de utilizarlas como materia prima para la creación escultórica, sino que mediante el conocimiento y uso de ciertos componentes concretos se pueden modificar de forma muy importante su conducta prácticamente en todos los aspectos. El control de sus propiedades mediante la adición de ciertos materiales, la corrección de la granulometría de

¹² Más información en CARRASCOSA (2005), MORALES (2005) y MEGIAS (1990)

forma mecánica e incluso la cantidad de agua a utilizar, etc., variará significativamente el resultado aun partiendo de la misma materia prima, pero no obstante vendrá definido ya por el método de trabajo con el que se maneje el barro para elaborar la terracota, dentro de la tecnología de creación de la escultura.

A.2.2. Tecnología de la terracota

El proceso de elaboración de la escultura en terracota conlleva ineludiblemente una serie de pautas inflexibles de elaboración, tanto de la propia obra como previamente de la arcilla. Todo ello puede parecer arduo debido a la exigencia de un riguroso control, pero es indispensable ya que de esto dependerá el resultado final de la obra acabada y su respuesta a los condicionantes medioambientales que, en definitiva, determinarán el proceso de envejecimiento natural y su estado de conservación. Esto puede resultar algo contradictorio, entendiendo que el barro, o la tierra arcillosa en este caso, es un material común, ampliamente utilizado al ser uno de los materiales más abundantes de la corteza terrestre, por lo que es barato y, por sus características físicas, fácil de trabajar; sin embargo, es químicamente muy complejo, por lo que requiere de una manipulación y técnica de procesado muy minuciosa y específica para cada masa o mezcla si se quiere obtener los mejores resultados y su máxima estabilidad y durabilidad.

Siempre deben considerarse una serie de etapas para la elaboración de la materia prima y de la escultura, y aún así éstos podrán sufrir ligeras variaciones según talleres, proveedores o, en

definitiva, manipuladores, tendencias, y materias primas. Destacar que todo ello conllevará una serie de resultados y evoluciones materiales diferentes. Todos ellos podrán enmarcarse dentro de unos mismos comportamientos con causas definidas que se irán desarrollando según cada uno de los pasos del proceso de elaboración de una obra en arcilla. Según AMORÓS y ORTS (2001):

“Las propiedades de cualquier producto cerámico son una manifestación de sus características microestructurales, las cuales dependen a su vez de las características físico-químicas de las materias primas de partida y del desarrollo de cada una de las etapas que comprende su procesado. Así pues, la fabricación de cualquier producto cerámico debe considerarse como un conjunto de etapas interconectadas que, progresivamente y de forma deliberada, van transformando unas materias primas de partida, a través de diferentes productos intermedios, en un producto final o acabado. En consecuencia, el desarrollo de cualquier etapa del proceso no solo afectará al material resultante de dicha etapa, sino que además alterará en mayor o menor medida el desarrollo de las etapas posteriores y muy probablemente las características y propiedades del producto final.”

En cualquier caso puede haber ligeras variaciones en la tecnología de creación que pueden generar graves desequilibrios, con comportamientos inestables de la materia cocida final y, con ello, dar lugar a diferentes conductas en el material: la mayoría agentes directos e indirectos de todos los procesos de alteración y deterioro. La utilización de unas técnicas u otras producirán diferencias en la ordenación física y transformaciones químicas importantes. Por un

descuido, se pueden producir defectos físicos leves que se irán acentuando sobre todo en el proceso de cocción. El caso de la presencia de unos determinados componentes presentes en baja concentración en la arcilla de origen influirá en el comportamiento de la masa en general. Por tanto, es de vital importancia ubicar el momento en que se produjeron los defectos, sus causas y cuáles han sido y serán sus consecuencias a largo plazo, ya que de ello dependerá el estado de conservación, el posible tratamiento de restauración y medios de preservación que aseguren la materialidad física de la obra de arte el mayor tiempo posible.

Analicemos, pues, según la metodología de creación escultórica con cada una de estas variantes, destacando aquellas que puedan suponer, a corto, medio o largo plazo, un posible deterioro, agrupando los diferentes procesos consecutivamente. No obstante, destacar que, desafortunadamente, los procesos reales de alteración y degradación son tan complejos que a veces es imposible determinar a ciencia cierta qué mecanismo o mecanismos son los verdaderamente preponderantes en su activación, catalización, evolución, potencia y grado de incidencia o degeneración.

Se agruparán todos estos procesos en tres apartados consecutivos donde se analizará la preparación de la arcilla previa al modelado, el modelado en sí y por último la cocción, tratándolos de un modo introductorio.

A.2.2.1. Elaboración de la materia prima

En la preparación de la arcilla, el primer paso antes de la realización de una obra es, evidentemente, la extracción de la materia prima de su yacimiento y su tratamiento previo para dotarla tanto de una manejabilidad apropiada en el modelado, como de un comportamiento correcto durante la cocción. Este tratamiento conlleva varios procesos que varían según la tradición y experiencia de cada centro de explotación. De forma general incluye: selección, meteorización, secado previo, deszajelado, pudrición de las materias orgánicas y molienda.

A.2.2.1.1. Selección y extracción

El proceso sólo precisa, desde el punto de vista del conservador/restaurador, la necesidad de identificar de forma analítica su composición: si se ha usado una tierra arcillosa con un exceso de materiales nocivos en origen, como materia orgánica, sales, microfósiles,... o la elección de una arcilla de naturaleza expansiva.

La presencia de materia orgánica, pese a su función positiva como desgrasante durante el modelado, en un porcentaje excesivo siempre será causa de defectos. Aún a pesar de que en su tratado se eliminen los elementos de mayor envergadura para homogeneizar el tamaño de grano, un exceso de esta materia dará lugar a un aumento de la *porosidad* y, por tanto, a una reducción de la *resistencia mecánica* de la terracota, lo que repercute en una significativa debilidad estructural con el paso del tiempo. Ello es

debido a la pérdida de esta materia durante el proceso de cocción, dejando huecos.

Un exceso de ciertas sales presentes en la materia prima arcillosa puede acabar afectando a la pieza, sobre todo aquellas a base de sulfatos o carbonatos. Los sulfatos se manifestarán como *velos de secado*¹³ y durante la cocción como *velos de horno*¹⁴, atacando la superficie de la terracota por la descomposición de la propia sal, modificando el color de las piezas.

La presencia de carbonatos durante el proceso de cocción originará nódulos de cal viva o *caliches* (granos de óxido cálcico que se han formado en la arcilla cocida). Los desconchados que se ocasionan se deben a la expansión por hidratación de estos granos de óxido cálcico para formar hidróxido cálcico y finalmente la formación de calcita tras su carbonatación; apareciendo después de la cocción y siempre dependiendo del aporte de humedad ambiental. Pueden pasar días, semanas o meses hasta su aparición. La expansión del nódulo es proporcional a la dimensión: cuanto mayor es su tamaño, más acusada será la expansión y, por tanto, más importante el deterioro. La presencia de caliches afectará a la resistencia mecánica de la pieza, influyendo proporcionalmente en función de su resistencia previa y del número, distribución y tamaño de los nódulos. Un mismo tamaño de grano de caliche produce mayores daños en una terracota de baja compacidad y puede no producirlos en otra de resistencia mayor. La envergadura de estos granos puede ser mínima, apenas perceptible, o de dimensiones

¹³ Ver su definición en el apartado de deterioros durante el proceso de secado.

¹⁴ Ver su definición en el apartado de deterioros durante el proceso de cocción.

considerables llegando a producir desconchados de hasta un centímetro de diámetro si se dan en superficie; o incluso la fractura de la pieza si se encuentran en el interior. Llegan a afectar, incluso, a la capa de policromía o acabado de la pieza. El caliche se identificará superficialmente como un estallido localizándose en su centro un nódulo de color blanco, que se corresponde con el hidróxido cálcico (o calcita recarbonatada).

Similares efectos puede ocasionar la presencia de microfósiles. Éstos suelen tener una composición rica en carbonato cálcico, cuya presencia daría lugar a los deterioros por caliches anteriormente mencionados. Además, durante la cocción, si ésta es superior a 750 °C, la calcita se degrada, pudiendo llegar a desaparecer si la temperatura superara los 950 °C; con lo que si la cantidad de microfósiles es muy elevada daría lugar a huecos en la masa, es decir *exceso de poros* que incidirían en una disminución de la resistencia final de la obra acabada.

En la masa pueden aparecer otra serie de componentes dañinos en mayor o menor medida, y que pueden afectar de alguna manera al envejecimiento natural de la obra acabada. Si bien éstos no son tan comunes, pueden formar parte de la arcilla en su composición, tanto por una mala separación de componentes en su procesado, como ser contaminantes del propio yacimiento e incluso añadidos. La variedad de estos materiales puede ser múltiple y aleatoria, con lo que solamente se mencionarán los que aparecen con más regularidad y cuyos efectos sobre la obra ya se conocen. Éste es el caso de la presencia de compuestos de hierro, óxidos de manganeso, vanadio, escorias y vidrios.

Tanto los compuestos de hierro (pirita, magnetita, marcasita) como los óxidos de manganeso (pirolusita) tienen un comportamiento similar que se corresponde con el deterioro por picadura conocido en ambos casos como *picadura por pirita*. La presencia de cristales de pirita y pirolusita se justifica como impurezas del propio yacimiento. Los efectos en ambos casos son similares y dependen en su mayor parte del tamaño de partícula que resulte en el proceso de molienda o cribado. Si se filtran granos demasiado grandes, éstos no se oxidan por completo durante la cocción, no reaccionan con el resto de la masa, manteniéndose aislados en forma de nódulos y evolucionando de manera independiente. La magnitud de sus efectos es proporcional al tamaño de las partículas presentes, su cantidad y distribución.

Su presencia se detectará tras el proceso de cocción por la aparición de una especie de picadura negra, si procede de compuestos de hierro, o marrón si se trata de óxidos de manganeso. Los defectos se manifestarán proporcionalmente según la porosidad de la propia pieza, la temperatura de cocción, la rapidez en el aumento de la temperatura y la atmósfera del horno, revelándose bien como simples partículas de las tonalidades mencionadas, manchas o desconchados. Si la velocidad de cocción es excesiva se favorece la aparición del defecto (*picadura por pirita*). Si la temperatura es muy alta y la atmósfera del horno es muy reductora el núcleo de la picadura, haya o no desconchamiento, es más negro. Si se da el caso de que tras la cocción las piritas no han oxidado completamente, esta reacción puede producirse en cualquier momento de la vida material de la pieza, siempre que se den las circunstancias combinadas de presencia de oxígeno, una

humedad relativa muy elevada o en casos de contacto prolongado con agua, por saturación o por inmersión o lavado de la pieza.

Una oxidación paulatina puede dar lugar a la formación de ácido sulfúrico, que reacciona con el potasio o el calcio de la propia arcilla, y la consecuente aparición de halos blancos alrededor de los núcleos de pirita, conocidos como *manchas de aceite*.

La presencia de vanadio en la composición se debe igualmente a impurezas en el yacimiento de origen. Forma sales solubles (sulfato de vanadio¹⁵) en la materia prima que durante el proceso de cocción, siempre que éste esté a una temperatura inferior a 1000 °C, pueden solubilizarse y dar lugar a *velos de horno*. En presencia de humedad pueden recristalizar y provocar efectos propios de las eflorescencias a lo largo de toda la vida de la obra.

En otro orden de cosas, las llamadas *arcillas expansivas*, por su propia naturaleza, pueden suponer un problema. Éstas tienden, por su propia estructura, a hinchar en presencia de humedad¹⁶. Estas arcillas son las esmectitas y algunos tipos de illitas, cloritas, variando su capacidad de expandirse según la variedad. Esta naturaleza, unida a un proceso de cocción deficitario y a unas condiciones ambientales de humedad relativa elevada o bien la fluctuación de la misma, provocaría daños por *microtensiones* e incluso la aparición de grietas, fisuras y descamados generalizados, pudiendo dar lugar al colapso de la pieza. El grado de deterioro se pondría más o menos de manifiesto en función de la composición de la pasta

¹⁵ BROTO (2005)

¹⁶ Más información en GARZÓN (2004)

cerámica y del tanto por ciento de arcilla expansiva presente, de la temperatura de cocción y a la estabilidad de condiciones ambientales: a mayor concentración de arcillas expansivas mayores daños, a mayor temperatura de cocción menor incidencia y en presencia de ambientes secos y con pocas variaciones higrométricas, menores efectos.

A.2.2.1.2. Meteorización

Es el primer tratamiento tras la extracción de la arcilla, si atendemos al método tradicional de procesado. Es un paso que procura lo que se conoce como la maduración de la materia prima, que consiste en la purificación química y el machacado natural de los filosilicatos. De no llevarse a cabo, sobre todo en arcillas especialmente duras, no se eliminarían los sulfatos, no se fomentaría la oxidación prematura de las piritas¹⁷, ni se daría la pudrición de los elementos orgánicos (tan necesaria para la disminución del tamaño de partícula). Con un tamaño de partícula más fino, se consigue una arcilla más blanda y maleable y procurará una porosidad más homogénea. No obstante, una granulometría demasiado pequeña daría lugar a una masa demasiado compacta. La evaporación del agua, el grado de plasticidad excesivo y la contracción serían definitivamente sus factores negativos, provocando retención de humedad durante el secado, una defectuosa evacuación de los gases durante la cocción y variaciones de volumen que provocarían la aparición de *grietas* y *fisuras* que derivarán incluso en *estallidos*.

¹⁷ VELASCO (2005)

El proceso de meteorización requiere de un gran rigor ya que la insuficiente meteorización de los corazones de humedad (zonas interna de los terrones de arcilla que se mantienen húmedos) daría como resultado porciones de arcilla madurada y otras porciones sin madurar, cuyo comportamiento dentro de una masa sería diferente, dando lugar a microtensiones a largo plazo. Por otro lado, la dificultad en la mezcla de arcillas para elaborar la pasta supondría un comportamiento diferenciado aún más acusado entre las vetas de material; lo que daría lugar a *tensiones entre estratos* y la separación de los mismos dando un aspecto de *fisuración de vetas* y/o descamación entre ellas.

A.2.2.1.3. Deszajelado o levigación

Una vez seca por completo la tierra, se almacena en un pilón, añadiendo en este punto los aditivos previstos por el alfarero¹⁸ donde se deja esponjar, y una vez hidratada se bate bien hasta conseguir una suspensión fluida y homogénea que por decantación deja en el fondo los fragmentos más grandes. Este barro líquido se homogeneizaba después mediante un proceso de purificación llamado *deszajelado*¹⁹ que puede ser natural o artificial: el natural consiste en hacer pasar el "agua turbia" que contiene la arcilla extraída por el cauce de ríos, naturales o artificiales, en forma de cascada, que llegarán a parar a las charcas, transportando solamente las partículas más pequeñas del yacimiento. De no realizarse este proceso, e incluso a veces paralelo a él, se lleva a

¹⁸ Según GARZON (2004) es ahora cuando se realizan las mezclas, según CARRASCOSA (2005) se añadían justo antes del "pisado" del barro.

¹⁹ El término proviene ya del siglo XVII, citado por GARZÓN (2004), siendo su término científico "levigación" (BARAHONA 1974)

cabo un tamizado que elimine los componentes más gruesos, que dificultan el modelado y la cocción, tales como rocas, minerales, fósiles, restos vegetales y demás, que realizado de una forma correcta, consigue una granulometría homogénea.

En esta fase, de nuevo se eliminan por decantación otros componentes que podrían ser perjudiciales, y se asegura la necesaria homogeneización de la masa. Su inadecuada ejecución comportaría una granulometría muy heterogénea, irregularidades en la distribución de tamaño de poros y, por tanto, distintos grados de resistencia mecánica dentro de la misma obra. Tampoco llegarían a eliminarse granos grandes de minerales como la calcita o la dolomita, que podrían dar lugar a los subsiguientes estallidos por caliche. Igualmente, la presencia de grandes granos conllevaría comportamientos diferenciados entre los componentes durante la cocción y una reactividad insuficiente entre ellos, como sería el caso de la presencia de piritas no oxidadas.

La necesaria homogeneización de la masa evitará, igualmente, la acumulación diferenciada de fragmentos de rocas y minerales en una misma pasta, lo cual daría lugar a deterioros similares por vetas diferenciadas, como fisuración y/o pérdidas de cohesión entre ellas.

A.2.2.1.4. Tamizado

De no realizarse el proceso de decantado, e incluso a veces paralelo a él, se lleva a cabo un tamizado que eliminará los componentes perjudiciales para el modelado y la cocción, y se asegura una granulometría homogénea. A tener en cuenta que una excesiva heterogeneidad en el tamaño de grano producirá una

mayor porosidad, que restará resistencia general a la terracota acabada. Incluso puede producir bolsas de aire, en fases previas a la cocción, que acabarán fracturando la pieza durante la cocción.

También es de vital importancia para el control del comportamiento de componentes específicos como el carbonato cálcico, ya que de encontrarse éste en un tamaño de grano demasiado grande pueden producirse roturas por caliche. Si el carbonato cálcico se encuentra correctamente triturado puede formar parte de la pasta hasta en un 20% sin producir daños²⁰.

Igual que en el desajelado, se eliminan fragmentos de granulometría demasiado gruesa que pudieran provocar heterogeneidad en la masa o que no interactúen con el resto de componentes durante la cocción

A.2.2.1.5. Pudrición

Este tratamiento consiste en dejar reposar en las charcas de pudrición o cubas, renovando el agua a diario para dar lugar a la decantación de las arcillas y favorecer la descomposición de la materia orgánica, además de llevar a solución algunos compuestos dañinos como los sulfatos, mejorar con este proceso la humectación de toda la masa arcillosa por igual y homogeneizar la pasta.

Es el proceso más común para todo tipo de arcillas, similar a la meteorización aunque menos agresiva en lo que respecta a la disgregación y disminución del tamaño de grano. Un defecto en su

²⁰BUENO y ÁLVAREZ (2008), FLORES (1999)

inadecuado proceder puede ocasionar similares efectos que los mencionados en el proceso de meteorización y deszajelado.

A.2.2.1.6. Molienda

A finales del siglo XIX todo este laborioso proceso se redujo de forma drástica al insertar un sistema de molienda mediante muelas y tornillos²¹ que sustituía todo el proceso de purificación, pasando directamente al amasado. No es práctica usual en las arcillas que se emplean en alfarería y escultura, sin embargo hay que considerarla ya que es posible que en algunas piezas la materia prima haya sido adquirida en alguna explotación que utilice este tratamiento. La arcilla resultante de este sistema tendrá características bastante diferentes al resto, será de peor calidad y puede contener muchos más componentes dañinos como sulfatos y otras sales solubles, pirita, carbonatos, etc. Al moler directamente la tierra recién cogida no se elimina de forma natural aquellos granos más grandes, ni se purifica de forma tan efectiva la masa, aunque sí se consigue la granulometría homogénea que evitará problemas de resistencia o roturas por caliche.

A.2.2.2. Elaboración de la escultura

Una vez conseguida la purificación total de la arcilla (definida solamente por factores empíricos, en realidad) se inicia el proceso real de elaboración de la escultura propiamente dicha.

²¹ Proceso descrito por GARCIA LOPEZ (1877)

A.2.2.2.1. Amasado

El primer paso consiste en dejar evaporar el agua superficial para pasar el barro a una placeta donde se deja "cuajar", para proceder al "pisado" y posterior amasado del mismo. Si la arcilla es molturada, se pasa directamente a añadir el agua para el amasado, normalmente también en húmedo.

La principal finalidad de esta fase de amasado es la eliminación del aire de la mezcla, demasiado disgregada tanto por la pérdida del agua de pudrición como por la falta de hidratación profunda en el caso de la molienda. Además, asegura el grado de humedad correcto en el momento del modelado, que ahora se modifica añadiendo agua o pasta más cuajada. De igual modo se procura la distribución homogénea de los diferentes componentes, eliminando en este último paso los grumos o acumulaciones de material más duro que los procesos anteriores no habían sido capaces de eliminar.

Es en este momento cuando se añaden diferentes tipos de tierras arcillosas para dar lugar a pastas de composiciones y características concretas según el uso que se vaya a hacer de ellas.

Este sencillo paso puede dar varios problemas de no realizarse correctamente: si por haber un exceso de agua de amasado²² ésta no es eliminada de forma homogénea durante el secado (mecanismo que veremos más adelante) al no poder ser correctamente eliminada por el sistema poroso durante el secado,

²² La proporción correcta referida en la bibliografía oscila entre el 18-20% según FLORES (1999), y 17-30% según SAIH et alii (2010)

la contracción de la masa arcillosa no sería homogénea, produciendo deformaciones y *microtensiones* internas que pueden dar lugar a la aparición de grietas e incluso roturas. Por otro lado, la falta de homogeneidad en la pasta produciría un exceso de ciertos componentes en determinadas zonas y su escasez en otras, con lo cual su comportamiento y evolución material a lo largo del tiempo sería diferente dentro de la misma pieza, produciendo reacciones diferenciales que derivarían en falta de adhesión de la propia materia, fracturas, descamaciones, disgregaciones locales, etc. Es el caso de las *vetas diferenciadas de materiales* que podrían posteriormente causar tensiones dentro de la misma obra, tanto durante el proceso de cocción como posteriormente a lo largo de la vida de la pieza acabada. Ejemplo de ello es la *separación de estratos* por desprendimiento de la materia más blanda²³ o las fisuras o *escisiones entre vetas*.

Con este último paso, las pellas de arcilla estarían listas para su uso en cualquier tipo de pieza, ya sea artística o artesana.

A.2.2.2.2. Modelado

Sea como fuera, a mano o por molde, aún se deben observar ciertos detalles técnicos que el artista ha debido tener en cuenta para que la cocción final resulte exitosa, y, como consecuencia, presente una adecuada estabilidad y conservación de la obra.

²³ FORCONI y LUCCHESI (2008)

Para las piezas elaboradas por modelado manual es importante controlar el método de tratado de la superficie, la naturaleza del alma usada como sustento de la escultura, el segmentado y vaciado del interior de la pieza para conseguir un grosor homogéneo de las paredes, el posterior ensamble de los segmentos y el correcto secado total y homogéneo de la pieza antes de llevarla al horno. Para la elaboración del modelado por moldes, los detalles técnicos a tener en cuenta son más escasos y todos comunes a los del modelado manual: adecuada humectación de la arcilla, correcta compactación de la pasta, grosor homogéneo, el posterior ensamble de las piezas, de haber varias, y el secado correcto previo al horneado.

La cantidad de agua incluida en la pasta es importante para el comportamiento de la pieza una vez terminada. Si contiene un exceso de agua, su contracción por secado será muy elevada provocando *fisuras y grietas pronunciadas* y, aunque traten de subsanarse posteriormente, la pasta tendrá como consecuencia una falta de compactación que tras la cocción conllevará *pérdida de densidad y exceso de porosidad*.

En el proceso de modelado, tanto manual como con el trabajo por moldes, si existen discontinuidades en la masa, como huecos, segmentos sin presionar, grandes diferencias en el apelmazado de las pellas que componen los volúmenes, etc., se producirán fisuras y roturas durante la cocción por la diferente actuación de las

tensiones en ella, o por la acumulación de burbujas de aire en el interior que daría lugar a *estallido por presencia de burbujas*²⁴.

Por el contrario, un exceso de compactación en una masa con granulometría muy fina, cierra demasiado el poro no dejando salir los gases, produciendo *estallidos internos durante la cocción*, incluso sin que se manifiesten previamente burbujas. Este caso se reconoce solo en el momento de sacar las piezas del horno. Los distintos fragmentos de rotura han sufrido procesos de cocción individuales, con sus correspondientes contracciones y dilataciones independientes, no encajando ni coincidiendo sus bordes; entendiéndose así que el estallido se ha producido durante el primer estadio de cocción. En nuestro caso, por parte del conservador/restaurador, lo reconoceremos porque la pieza acabada ha sufrido manipulaciones, retoques y reparaciones en origen para subsanar este defecto. Esto puede ocurrir igualmente en el caso de retención en exceso de humedad en el interior de la masa, que ya se abordará en el apartado de secado.

Por último, destacar que la manera de modelar puede producir una determinada orientación de la tierra arcillosa en sus planos superficiales, lo que provocaría, a la larga, *exfoliaciones* y *decapados laminares*. Un modelado normal ya puede producir este hecho, pero un exceso en la manipulación, compactación, trabajo de la materia de manera unidireccional, frotado y friccionado

²⁴ Ídem

insistente conlleva una excesiva ordenación de los filosilicatos, dando como consecuencia el "abrilantado" de la superficie²⁵.

Si se hace un tratamiento diferencial entre la superficie y el interior de la masa arcillosa, un exceso de humectación, por ejemplo, provoca contrastes de tensión en el proceso de cocción debido a diferencias de porosidad entre la superficie y el interior de la masa. Un tamaño de poro más pequeño en el exterior dificulta el correcto secado; además favorece la retención de humedad y gases que se desarrollan durante la fase de cocción, con los consiguientes estallidos.

A.2.2.2.3. Alma

En los casos en que la envergadura de la pieza o su morfología requieran de un alma o sustento interno para evitar que el barro se descuelgue, ésta puede ser definitiva o destinada a extraerse.

En los casos en los que se mantiene el alma, el artista tendrá en cuenta su naturaleza inflamable, escogiendo madera, papel, paja, tejidos, etc., para que se quemen a altas temperaturas sin ocasionar daños. En algún caso pueden producir manchas de quemado en el barro cocido conocidos como *golpes de calor*. Hay veces en que éstos son demasiado intensos y pueden dar lugar a una cocción diferenciada de ciertas zonas de la escultura que se identifican como *fusión parcial* y *deformaciones locales*, como consecuencia de evoluciones materiales diferentes. En casos más extremos si el

²⁵ Orientación superficial de caras, "abrilantados", GARCÍA VERDUCH (2001)

tamaño del alma es considerable o su disposición demasiado conflictiva, ésta puede ocasionar la formación de huecos en el interior de la pieza que afectarían al grosor de las paredes y a su consistencia, creando zonas de debilidad mecánica y posibles puntos débiles susceptibles de fractura. Si la superficie es poco porosa podría, también, interferir en el proceso de evacuación de los gases derivados de su combustión.

Evidentemente, en los casos con alma o elementos sustentantes de naturaleza metálica u otros materiales termodilatables, que no desaparecen en el proceso de cocción, éstos se verán asociados a *fisuras radiales* (en el mejor de los casos), roturas y fracturas en el barro cocido por las diferencias de comportamiento durante la cocción. Esto puede derivarse en una mayor debilidad de las piezas acabadas, al entenderse como puntos débiles de rotura aquellas zonas de grietas o fracturas. Además, las grietas o fracturas propiciarán el intercambio de oxígeno y humedad favoreciendo procesos de oxidación de estas almas metálicas con la consiguiente aparición de manchas de oxidación, microfisuraciones y nuevas fracturas,..., y el desarrollo de daños derivados de la propia termodilatación del elemento metálico y de su expansión por corrosión, que ocasiona, principalmente *microfisuras perpendiculares a la disposición del elemento metálico*.

Cuando el escultor recurre a un alma extraíble, ésta debe ser retirada en el momento de consistencia adecuada del barro y, en algunos casos, puede exigir la segmentación de la obra. Esta alma no es de interés desde el punto de vista de la conservación al estar destinada a eliminarse. No obstante, sí puede afectar su naturaleza

elástica o ligeramente deformable, ya que ello puede repercutir en la primera fase de secado provocando, en el proceso de contracción por pérdida de agua, desde pequeñas fisuras a grietas o incluso roturas importantes. Igualmente, el alma, puede interferir en la primera fase de secado por diferencias de humedad de unas zonas a otras dando lugar a tensiones por secado diferencial. En el caso de segmentación, esto puede traer consecuencias negativas si la subsiguiente unión no está correctamente realizada.

A.2.2.2.4. Despiece

Cuando se requiere este proceso para vaciar la pieza o eliminar el alma, es necesario ensamblarlas seguidamente para evitar que el secado de las piezas por separado produzca deformaciones²⁶ y no encajen correctamente. Si el pegado no ha sido correcto se traducirá en la aparición de defectos tales como: separaciones de piezas por defectos de unión (carencia o escasez de barbotina, unión viva sin incisiones en la superficie de contacto,...); uniones debilitadas por exceso de contracción de una barbotina muy líquida; ligeras deformaciones en el secado o en su manipulación; fracciones separadas tras la cocción si las piezas no llegaron a encajar correctamente; o si se aprovecha este despiece para ahuecar por separado las piezas y éstas no mantengan similares grosores que luego se traducirán en problemas durante la cocción.

Todo ello podría implicar la consiguiente corrección por el propio artista, o bien que estas separaciones se produzcan posteriormente

²⁶ Aunque llegados a este punto de secado la contracción primaria ha finalizado, se sigue produciendo una contracción secundaria, más lenta pero que igualmente puede producir deformaciones importantes.

y a lo largo de la vida de la obra por entenderse como puntos débiles de resistencia.

A.2.2.2.5. Ahuecado

El ahuecado es un paso indispensable ya que una pieza maciza estallaría durante la cocción. En este proceso es importante mantener un grosor de paredes lo más homogéneo posible, ya que en un grosor excesivo (más de 3 cm no es recomendable) o demasiado heterogéneo, la contracción por secado total de la pieza será diferente entre unas zonas y otras produciendo fisuras. Igualmente sucede, y con mayor intensidad, durante la cocción, provocando *roturas de diente de sierra* en las zonas entre grosores muy desiguales²⁷. Para este proceso es necesario un escrupuloso control en el manejo de la pieza, ya que se encuentra en una fase del secado muy delicado que la hace más propensa a los golpes y roces. El sistema de ahuecado también debe ser meticulosamente estudiado para controlar la total estabilidad de la obra evitando su volcado por falta de equilibrio y su rotura, su deformación, o la mayor fragilidad de la base que acabaría fracturándose y/o deformándose.

El correcto ahuecado no es solo imprescindible para la cocción de la obra, su mala ejecución conllevará similares efectos a los ya mencionados a lo largo de toda la vida de la pieza.

Existen algunas piezas que por su escasa envergadura, o difícil acceso para proceder al ahuecado se mantienen macizas. Estas

²⁷ FORCONI y LUCCHESI (2008)

zonas pueden sufrir estallidos si no se ha tenido la precaución de agujerear la superficie en varios puntos para favorecer la evacuación de vapores internos, y liberar las posibles burbujas de aire que han quedado atrapadas durante la fase de amasado²⁸. Este método, el de agujerear la superficie, no debe identificarse como un deterioro, sino como parte del procedimiento técnico que evitará un deterioro importante. El verdadero deterioro será el de la aparición de *burbujas* y *estallidos* durante la cocción.

Este mismo efecto, el de favorecer la evacuación de los gases, debe tenerse en cuenta igualmente en el caso de piezas de bulto redondo completas. Si bien por lo general están abiertas en su base, cuando esto no se considera por parte del artista, en el proceso de cocción provocará un aumento de volumen y, por consiguiente el estallido o rotura de la pieza. En el caso de haberse realizado segmentaciones para su ahuecado, serán estas zonas de unión puntos débiles por donde se abrirá. Podemos identificar este deterioro con facilidad, ya que de haberse cocido los fragmentos sin estar unidos habrán sufrido variaciones de volumen diferenciadas y deformaciones, siendo a veces imposible casarlos una vez extraída la pieza del horno²⁹. Esto daría lugar a *reparaciones en origen*. De ello se hablará en un apartado específico ya que, al tratarse en su mayoría de piezas exclusivas, si durante la manipulación de la pieza previa a su cocción o durante la cocción aparecen deterioros o daños relativamente fáciles de salvar, el artista recurrirá a repararla

²⁸ Ídem

²⁹ Ídem

en lugar de desestimarla, precisamente por su carácter de obra única.

Un caso distinto es que las piezas escultóricas resulten ser demasiado grandes para el horno, y se fragmenten previamente para su cocción. Si se han seguido pautas idénticas de ahuecado, grosor y secado en todos los fragmentos, no tiene porque causar graves problemas de cambios volumétricos o deformaciones que impidan su correcto encaje; si bien su unión tras la cocción será a su vez un punto débil de futuras separaciones y fracturas, sobre todo dependiendo de la naturaleza del adhesivo y su compatibilidad con la terracota. En el caso de no llevar a cabo correctamente este procedimiento presentarán el mismo defecto de desajuste en la unión de fragmentos y la consecuente reparación en origen.

Si no se hace correctamente el ahuecado en piezas de grandes dimensiones, pueden aparecer deformaciones y grietas estimuladas por cargas de flexión durante el proceso de secado, por una mala conformación estructural, reparto de pesos y mal cálculo del eje de equilibrio. Estos deterioros pueden aparecer igualmente por impedimento físico para que se realicen libremente las normales contracciones de secado al estar estas zonas sometidas a sobrecargas mientras se hallan en estado deformable; hasta el punto de producirse pequeñas distorsiones bajo su propio peso que el artista pueda no considerar como graves para desechar la pieza.

A.2.2.2.6. Secado

El último paso antes de la cocción de la pieza es el secado total del barro. Éste debe cumplir las condiciones de ser lento, homogéneo y

generalizado por toda la pieza para que no provoque alteraciones, ni antes ni durante la cocción³⁰. En este proceso se produce una contracción de la masa arcillosa por pérdida de agua, contracción que variará de forma significativa según la naturaleza de la propia arcilla³¹, por lo que debe procurarse que éste se produzca de forma homogénea en toda la pieza. El tipo de deterioro que se ocasionará variará dependiendo de las condiciones de secado que se hayan dado, pudiendo ir desde simples deformaciones, hasta fisuras, contracciones excesivas no homogéneas..., y roturas o descartado de la pieza.

Curiosamente, éste es el momento en el que el escultor verdaderamente será consciente de la adecuada selección de la materia prima. Independientemente de que el secado haya sido correcto, la inadecuada composición entorpecerá el proceso dando lugar a contracciones inesperadas y demasiado acusadas, generando grietas, fisuras y tensiones internas³². Un difícil secado de la masa plástica se dará en aquellos casos de un excesivo contenido en materia arcillosa y a una inadecuada composición mineralógica.

Igualmente, si el tratado de la arcilla no ha sido correcto, se generarán grietas acusadas e irregulares en la superficie por contracción diferencial durante el secado por paquetes de arcilla

³⁰ KORNMANN (2009) establece el tiempo de secado en 1-4 días.

³¹ Según FORCONI y LUCCHESI (2008), la contracción de las actuales arcillas de alfarero oscilan entre un 6-10%; según WENG y CHIANG (2003) y KORNMANN (2009) el porcentaje de contracción aceptable para asegurar buenas propiedades mecánicas y físicas se encuentra por debajo del 8%.

³² MEKKI et alii (2008)

orientada, por mezclado demasiado grosero de los componentes de arcilla o por la irregular distribución de agua en la masa. Esto se pone en mayor evidencia en el caso de piezas de grandes dimensiones; se puede apreciar una excesiva frecuencia de rotura en la base por la baja resistencia mecánica de la arcilla seca, grietas que aparecen en el proceso de secado y se hacen más acusadas tras la cocción.

Si durante el proceso de secado éste se hubiera forzado, provocaría un desequilibrio en el contenido hídrico quedando el interior aún húmedo; la densificación de la superficie, más seca, impediría la evaporación del agua ocluida en el interior. Esto, sumado a sus correspondientes contracciones diferenciadas, producirá tensiones que pueden llevar a la aparición de fisuras y *descamaciones superficiales*³³. Por otro lado, un secado excesivamente rápido provocará el desarrollo fisuras entre zonas de grosor desigual (que normalmente no provocarían problemas de ningún tipo), acentuándose este deterioro en la cocción y apareciendo roturas con aspecto de diente de sierra³⁴. Si aún quedara agua retenida en el interior de la masa arcillosa al llevarla a cocer la brusca evaporación de ésta produciría estallidos³⁵. Igualmente, por desequilibrios de secado ocasionados cuando se exponen a corrientes de aire para forzar el proceso se podrán producir deformaciones y grietas por desequilibrios al invertir cíclicamente las corrientes de aire. Y este efecto puede ocurrir tanto en secadero como al aire libre.

³³ FLORES (1999), BARAHONA (1974)

³⁴ FORCONI y LUCCHESI (2008)

³⁵ BARAHONA (1974)

El uso directo de humo para el secado estimula la formación de *velos de secado*³⁶, y la tendencia a desarrollar eflorescencias en las terracotas después de ser cocidas³⁷. En efecto, cuando se comete el error de utilizar directamente humos que se originan en el horno, ricos en azufre, la tendencia a aparecer nuevos deterioros, será mayor debido a la capacidad de captación de compuestos de azufre que tiene la arcilla cuando aún está húmeda.

En el caso de asoleado, que suele emplearse en las últimas fases del secado de la pieza, pueden producirse roturas, pequeñas deformaciones y fisuras en el caso de exceso de manipulación de la pieza debido a traslados para evitar las temperaturas extremas o, si no se resguardan las piezas o se secan cuando las condiciones climatológicas son desfavorables por un aumento de la humedad, pueden ocasionarse problemas de roturas y grietas por congelación del agua interna retenida o disoluciones y/o deformaciones parciales en caso de lluvia.

El secado diferenciado de la escultura zonalmente, produce deformaciones importantes derivándose en fisuras, grietas, roturas y escisión de las piezas ensambladas³⁸. Similares son los efectos cuando dos piezas son modeladas de forma independiente y fijadas por presión; éstas, durante el proceso de secado, tienden a

³⁶ La manifestación de los velos de secado durante este proceso, tanto de sales propias como de las añadidas por los humos procedentes de las chimeneas de los hornos, se ponen de manifiesto preferentemente en aristas y protuberancias más acusadas, lo que podría ennoblecer la apariencia de la obra final, y en algunas piezas podría identificarse erróneamente como un tratamiento artístico (no confundir recurso plástico con deterioro)

³⁷ GARCIA VERDUCH (2001)

³⁸ CARRASCOSA (2005)

separase si el grado de humedad de las piezas es diferente, manifestándose más en el proceso de cocción.

La naturaleza de la superficie de apoyo de la pieza puede provocar un desajuste en el proceso de secado de la base o zona de apoyo de la obra. Habrá que considerar si ésta es demasiado impermeable, o, por el contrario, demasiado absorbente, provocando pequeñas deformaciones y grietas en la base. Esto mismo puede ocurrir de no girar la pieza impidiendo la libre aireación en la cara de apoyo, que provocará deformaciones y grietas estimuladas por que el anclaje en una misma posición impide el libre desplazamiento de la base para adaptarse a las nuevas dimensiones que dicta la contracción por secado. Igualmente, la textura de esta superficie de apoyo, puede dejar marcas o relieves no pretendidos sobre la obra, que podrían confundirse con recursos plásticos o deterioros, no siendo ninguno de estos casos.

En algunos casos, una vez seca la pieza, curiosamente se pueden dar deformaciones producidas por efectos de la memoria plástica de la arcilla, relacionadas con anteriores deformaciones en húmedo. Si el manipulador no lo tiene en cuenta y no lo corrige esto puede dejar constancia en la obra final, siendo difícil concretar el verdadero origen de esta deformación.

Finalizado el proceso de secado, si la obra pasa a un ambiente en el que la humedad es mucho más elevada y la temperatura más baja, se provoca una absorción de agua desde la superficie que, si supera el 60%, puede ocasionar un aumento de volumen en las capas externas, pérdida de resistencia en seco de hasta un 80%,

disoluciones y/o deformaciones parciales y, en casos extremos, disgregación de la pieza. Esto es lo que se conoce como *revenido*³⁹. Sus efectos sobre la terracota serán de pérdida de resistencia, con escisión entre estratos, incrementándose el efecto en el proceso de cocción y afectando a la porosidad final.

El proceso de secado de la arcilla condicionará de manera decisiva el sistema poroso general de una terracota, por cómo el agua es conducida del interior al exterior para evaporarse. Por otro lado, la contracción general de la masa arcillosa es paralela a la contracción del tamaño de poro⁴⁰. Para una adecuada conservación de la escultura en terracota, es más aconsejable una porosidad regular y homogénea antes que una excesiva oclusión de los poros externos para un comportamiento homogéneo de la misma.

Por último, destacar que cualquier defecto que se empiece a manifestar durante el secado, se incrementará en la cocción. Todo daño ocasionado durante este proceso puede dar lugar a descartar la pieza, o a reparaciones en origen si se trata de obras únicas o a deterioros de poca consideración.

A.2.2.2.7. Cocción

Es un proceso vital mediante el cual la arcilla sufre una serie de transformaciones físicas y químicas para darle las características y propiedades propias de una terracota, como son reacciones de

³⁹ VELASCO VELEZ (2005)

⁴⁰ FLORES (1999)

descomposición (pérdida del agua estructural, procesos de oxidación y reducción...), recombinaciones y formación de nuevos minerales, fundidos, desprendimiento de gases, dilataciones y contracciones, modificaciones y alteraciones de color, recristalización de nuevas fases minerales por enfriamiento....⁴¹. Todas las reacciones dependen de varios factores: composición de la arcilla, distribución del tamaño de partícula, velocidad de calentamiento, temperatura máxima alcanzada, tiempo de cocción, atmósfera del horno y tipo de horno.

Este proceso es igual de delicado y escrupuloso que todos los anteriores, y cualquier error, omisión o negligencia puede dar como resultado una serie de efectos negativos que irán desde la aparición de una pequeña fisura a todo tipo de grietas, roturas e, incluso, la fusión parcial o total de la obra y su pérdida irremediable⁴². Será, igualmente, durante esta fase cuando se manifestarán los errores que se pudieran haber cometido en etapas anteriores o cuando éstos se pongan de manifiesto de manera más acusada. Y todos estos defectos no solo se ocasionarán durante o inmediatamente después de la cocción, sino que, como ya se ha comentado en casos anteriores, éstos seguirán repercutiendo y condicionando el estado de conservación de la obra a lo largo de su vida material. Por esto, es fácil encontrarnos con gran cantidad de piezas que presentan defectos provocados en esta etapa y, según el alcance y grado de deterioro, las correspondientes reparaciones de origen.

⁴¹ SÁNCHEZ (2001)

⁴² En un taller puede llegar a desecharse entre un 1 y un 3% de la producción por problemas derivados de la cocción

Uno de los efectos más comunes en esta fase es la aparición de *velos de cocción*. Éstos pueden originarse bien a partir de los velos de secado, consolidados por las condiciones del proceso de cocción al reaccionar con la arcilla; o bien son velos de la propia cocción producidos por la condensación de gases sulfurosos⁴³ en la superficie de la pieza. También pueden producirse por la presencia de elementos sulfurosos constitutivos en la arcilla de origen. Estos velos son muy difíciles de eliminar. Se identifican porque suelen ser de color amarillento o rosáceo, mates, de aspecto seco, no eliminables por frotación. Sus efectos son similares a los producidos por las eflorescencias. Pueden realzar estéticamente la pieza, por lo que no hay que confundirlos con un recurso plástico del artista.

Temporización de fases de cocción y temperatura máxima alcanzada

Comporta consideraciones específicas en cuanto a la velocidad de aumento de la temperatura, el tiempo de estabilización de la temperatura máxima y la velocidad de enfriamiento⁴⁴, que deben seguir un modelo específico para no provocar deterioros. Además, dependerá del tamaño de horno, su capacidad, número de piezas y sus características.... Debe considerarse como un proceso lento, gradual y constante.

⁴³ Condensación de humos al principio de la cocción, al estar la temperatura de la chimenea de salida de humos por debajo del punto de rocío, con lo que se forma ácido sulfúrico que dará lugar a sulfatos en contacto con la arcilla. VELASCO VELEZ (2005)

⁴⁴ MORALES (2005), PIRES (2003), AMORÓS y ORTS (2001), SÁNCHEZ (2001), Asociación de Ceramología (1992), VAZQUEZ et alii (1993), PADOA (1971), PICCOLPASSO (XVI)

*Definición del objeto de estudio.
Concepto de arcilla y terracota, su técnica y procedimientos.*

En la primera fase de cocción, hasta aproximadamente los 200°C, se requiere de un aumento de la temperatura muy despacio y paulatinamente, ya que de no evacuarse con lentitud el vapor de agua que puede haber quedado ocluido, se pueden producir roturas y/o estallidos o *desconchados por pérdida súbita de agua*.

El aumento rápido de temperatura a partir de los 250 °C será causa de un tipo de fisuración específica ocasionada por reacciones endotérmicas y exotérmicas por pérdida de agua intersticial. El rango de 400-600 °C es determinante para la correcta oxidación de materia orgánica y piritas. De producirse demasiado rápido, puede llegar a darse, incluso, la inversión α - β del cuarzo en transformación, la defectuosa oxidación de las piritas y la formación de *corazón negro*. Del mismo modo, debemos tener en cuenta que la arcilla reacciona al calor dilatándose y contrayéndose más o menos según la naturaleza de la fase arcillosa y sus aditivos, con lo que si la temperatura aumenta demasiado rápidamente o se producen fluctuaciones bruscas en la misma, daría lugar a grietas de importancia y roturas, si bien serían más leves y de menor consideración que los estallidos por oclusión del vapor.

El control del grado de temperatura máximo conseguido, determinará sus propiedades mecánicas. Es muy importante conocer cuál es la temperatura adecuada para cada tipo de pasta arcillosa ya que, tanto por exceso como por defecto, su elección afectará a la pieza restándole resistencia a la abrasión y al desgaste. Pequeñas variaciones de temperatura pueden originar deformaciones irreversibles o una cocción insuficiente. Para todas las arcillas, y dependiendo del tipo de horno, no hay una constante

uniforme, no puede darse un rango absoluto como temperatura ideal de cocción. Como se ha comentado, todo depende del tipo de arcilla, la mezcla, posible presencia de aditivos, su composición, grado de molienda y cribado...; no obstante, se pueden establecer unos máximos y mínimos para diferenciar una arcilla cocida o terracota de una cerámica, pasta refractaria,... Normalmente para una terracota oscila entre 750-800 °C a unos 900-950°C⁴⁵, si bien, técnicamente, sería más correcto decir que, para todo tipo de pastas arcillosas, la temperatura óptima de cocción será aquella en la que se reduzca la porosidad abierta y todavía no haya comenzado a incrementarse la porosidad cerrada o secundaria. La porosidad final de la pieza cocida depende, por tanto, de su tamaño en la pieza cruda, del proceso de secado y de la temperatura final de cocción alcanzada; y esta porosidad condicionará, como ya se ha explicado, su resistencia mecánica final y su respuesta a fluctuaciones térmicas y de humedad, principalmente, determinando la durabilidad y conservación material.

Para una mezcla que sea poco refractaria, de molienda más fina y un alto contenido en fundentes, los rangos de tiempo y temperatura en los que se pueden producir la fusión brusca son demasiado cortos. En este caso, el exceso de temperatura no sólo produce la

⁴⁵ CIRUJANO (2010), RAMOS (1999), BERSON et alii (1997), FABBRI (1996), MEGIAS (1990), ROSSENTHAL (1958).

fusión parcial o total de la escultura⁴⁶, también provocará otros efectos, aunque menos graves, como *alteraciones cromáticas*.

Una cocción a temperatura demasiado baja producirá falta de tenacidad y de resistencia a la abrasión por falta de vitrificación de la masa arcillosa, lo que obstaculiza la unión necesaria entre los granos. De hecho, por debajo de los 750 °C, ni siquiera llegarían a completarse las transformaciones químicas y mineralógicas que le darían las características propias de una terracota. Podemos determinar que la temperatura de cocción ha sido escasa porque los carbonatos aún no se encuentran totalmente descompuestos, y el sistema poroso aún no ha comenzado a transformarse. En general, para un estado de cocción insuficiente la obra será mucho más sensible a variaciones de humedad, pudiendo producirse disgregaciones y falta de ligazón entre el propio material que puede llegar a desmoronarse con la simple manipulación, contacto o condensación de agua, o exceso de humedad relativa ambiental. Este tipo de problemas es más acusado en presencia de arcillas expansivas que, ante cualquier cambio de humedad ambiental, aunque sea mínimo, tenderán a cambiar de tamaño provocando tensiones en el seno de la propia terracota que acabarán dando lugar a *deformaciones, pérdidas de cohesión y desprendimientos*.

Destacar que, en principio, cualquier tipo de deformación, salvo la distorsión plástica que pudiera provocar, incluidas las posibles reparaciones de origen, no debe considerarse como un deterioro,

⁴⁶ La fusión de los componentes cambia la naturaleza de la arcilla, elimina la porosidad, aumenta la densidad y fluidifica la pieza dando lugar a deformaciones. La pieza dejaría de considerarse una "terracota"

salvo en aquellos casos en que por su localización pudiera afectar al equilibrio, o a la resistencia de la zona.

No sólo hay que controlar el aumento de la temperatura a lo largo de todo el proceso; es imprescindible hacerlo de la misma manera en la fase de enfriamiento, que debe ser igualmente muy lenta y paulatina. De no ser así las piezas cocidas sufren contracciones bruscas que acabarán dando lugar a roturas, grietas y escisiones debido a tensiones entre los componentes termodilatables y los termoestables. Éstas serán proporcionales al contenido en cuarzo⁴⁷.

En el caso de presencia de corazón negro y/o fusión parcial, en el proceso de enfriamiento estas zonas pierden parte de su elasticidad, corriendo peligro de fisurarse si se producen bruscos cambios que provoquen dilataciones y contracciones groseras.

Será en esta fase de enfriamiento cuando se manifiesten por primera vez los llamados caliches, siempre que estén presentes los minerales responsables de su formación. En ocasiones, una práctica tradicional muy habitual en talleres que usan tierras arcillosas prominentemente calcáreas, y donde los deterioros por *caliche* serían muy abundantes, para evitar la hidratación y carbonatación de la cal viva con la humedad ambiental, las piezas, al salir del horno, se sumergen totalmente en agua durante unas horas, con lo que la cal viva se apaga y se dispersa en el agua, dando lugar piezas totalmente sanas, sin roturas ni descantillados. De esta manera se evita el estallido y el nódulo de carbonato deja, en ocasiones, una marca, moteado, mancha o cerco blanquecino que

⁴⁷ CULTRONE et alii (2004)

al conservador-restaurador le sería indicativo de que se ha realizado esta acción, no siendo, en principio, causante de deterioro posterior.

Atmósfera del horno

Es importante este punto ya que afecta en gran medida, sobre todo, a la coloración de la terracota. El color final, no solo dependerá de la composición y la temperatura máxima alcanzada, sino también de la atmósfera en el horno, oxidante o reductora, que igualmente debe ser la misma durante todo el proceso.

Una atmósfera oxidante o reductora puede afectar a la aparición del llamado *corazón negro* que se forma por insuficiencia de descomposición de la materia orgánica debido a una falta de oxígeno durante la cocción. Esto es debido, en general, a una falta de oxígeno durante la cocción que no llega a penetrar en el interior de la pieza, sobre todo en piezas de cierto grosor y densidad. Este defecto también puede estar asociado a un aumento muy rápido de la temperatura, con lo que más bien su aparición sería el indicativo ideal para poner atención en otros deterioros de mayor envergadura provocados por estas causas. Este deterioro también podemos encontrarlo en otras fuentes denominado como *núcleo de reducción*⁴⁸ e, igualmente, puede ser causante de hinchamientos con separaciones o escisiones de fragmentos de la propia masa, fisuraciones y alteraciones de color de las piezas.

Durante el proceso de cocción pueden producirse *hinchamientos* debidos al desarrollo de gases en el interior de la masa, derivados

⁴⁸ VELASCO (2005)

de la oxidación del carbono de la materia orgánica y la masa arcillosa es demasiado deformable por su estado de fusión o estado pirolástico. Éstos suelen ir asociados al corazón negro y afectan negativamente a la resistencia mecánica de la terracota final. Siendo un problema a veces difícil de detectar a simple vista y, sumado a la fragilidad del material, puede igualmente favorecer roturas con fragmentación.

Otra alteración que surge a raíz de una falta de oxígeno en la atmósfera del horno es una *diferenciación de color* dentro de la misma masa cerámica, apreciándose casos en los que las capas más externas de la pieza son de color más rojizo, siendo las internas de tonalidad más amarillenta. Esto es solo una alteración de orden estético, no siendo causante ni indicio, en principio, de ningún deterioro.

La atmósfera reductora durante la cocción puede ocasionar una textura irregular, o moteados, en la superficie de la escultura, provocada por la adhesión de cenizas y otros materiales de combustión que se acumulan en el interior del horno por permanecer todas las trampillas y salidas de aire cerradas.

Tipo de horno

El horno utilizado puede ser fuente de deterioros en una escultura en terracota, ya que todo el proceso de cocción está condicionado por su tipología, estructura, funcionamiento y manejo. Los daños se seleccionarán en función del tipo de combustión: los tradicionales han sido los hornos de leña, si bien algunos usan otros combustibles orgánicos como hueso de aceituna, cáscara de almendra,...;

además están los que funcionan con combustibles fósiles, principalmente de gasoil, y los eléctricos.

Los tipos de hornos en los siglos XVI-XVIII solían ser del mismo tipo, con combustibles de leña, el fuego aislado de las piezas, de tiro vertical u horizontal y, habitualmente, de planta más o menos regular.

Los defectos producidos por los hornos de leña suelen ser derivados principalmente por una falta de homogeneidad en la temperatura dentro de la cámara, y una circulación del aire muy heterogénea. En los hornos de tiro vertical⁴⁹ es común que las piezas reciban una temperatura más elevada en las zonas inferiores, en contacto con el suelo, y una cocción a menor temperatura de las zonas altas, provocando una diferenciación de cocido dentro de la misma pieza. Si bien en la mayoría de los casos esta diferencia no es muy acusada, y no suele provocar problemas, en casos de cocción a baja temperatura puede darse una cocción deficiente de la parte superior. Esto es fácilmente discernible por las diferencias de tonalidad en la propia terracota y trae como consecuencia inmediata alteraciones por pérdida de resistencia de la terracota en las zonas deficientemente cocidas, y propiedades y comportamientos diferenciados frente a alterantes como el medioambiente, sobre todo a la humedad, lo que comportará la aparición de fisuras, grietas y disgregaciones zonales, viéndose acelerado el proceso de envejecimiento general de la escultura.

⁴⁹ Los hornos de tiro vertical son aquellos en los que la cámara de combustión se encuentra debajo de la cámara de cocción y el respiradero en la zona superior

Los hornos verticales suelen presentar problemas por el tiro y la expulsión de los gases quemados; factores éstos que pueden causar la adhesión de productos de combustión a la superficie de las piezas y corrientes de aire. Esto puede llegar a ocasionar el enfriamiento brusco de toda la cámara, con los consecuentes efectos sobre las piezas, o enfriamiento zonal de una misma pieza. Ello conllevará efectos de dilataciones o contracciones bruscas generales o locales. La adhesión de cenizas y otros materiales de combustión que se acumulan en el interior del horno al permanecer todas las trampillas y salidas de aire cerradas para crear una atmósfera reductora, en principio no debe considerarse como un deterioro ni como un recurso plástico, si bien algunos escultores pueden considerarlo así. No obstante, según la naturaleza o ambiente en el que se conserva la pieza, puede ocasionar reacciones químicas, manchas, depósitos de suciedad endurecida, disoluciones parciales de estas cenizas que penetren por capilaridad ante una humedad excesiva, llegando a formar parte o cuerpo con la terracota dando información falseada de coloración, composición, grado de temperatura alcanzada durante la cocción, afectar a la porosidad y sus propiedades físicas,... y condicionar posteriores tratamientos de conservación-restauración sobre ella.

En cuanto a los hornos horizontales⁵⁰, el problema de heterogeneidad en la temperatura suele ser el mismo, aunque en este caso, en lugar de tener diferencias de cocción entre la parte superior y la inferior en la obra, el resultado es una diferencia de cocción lateral; si bien en ambos casos, normalmente, y

⁵⁰ En los hornos de tiro horizontal las cámaras de combustión y almacenaje de piezas se encuentran en paralelo

dependiendo del tamaño del horno y el tipo de producción, se colocan las piezas en función de los grados de cocción que precisan o las características de cada material, situando las piezas que precisan de mayor temperatura en la parte inferior de los hornos de tiro vertical y piezas que requieren menor grado de cocción en la parte superior.

Igualmente, en los hornos de leña puede ser común encontrar piezas con ahumados, *ahumado por defecto*, y manchas locales o generales en la superficie provocadas por contacto con la llama, en el caso de las horneras⁵¹, o por exceso de carbono⁵².

Otro detalle a tener en cuenta es la propia posición de la pieza dentro del horno, ya que tanto en los antiguos hornos de leña como en los actuales eléctricos, es posible que la excesiva proximidad a la fuente de calor provoque gresificaciones localizadas, bien por contacto (por ejemplo con una resistencia), o por proximidad a una boca de entrada de calor⁵³. Esta gresificación no sólo determina el oscurecimiento de la superficie en forma de mancha, sino que provoca un cierre local de la porosidad, lo que produce una sección de superficie con un comportamiento diferente respecto a los posteriores procesos de policromado, dando lugar a problemas de adhesión entre estratos.

⁵¹ Las horneras constan de una sola cámara donde comparten espacio los combustibles y los objetos a cocer, produciéndose la cocción por contacto, COLL y GARCÍA (2010)

⁵² HERAS (1992)

⁵³ FORCONI y LUCCHESI (2008)

En casos de hornos eléctricos cociendo a atmosfera ambiente (es decir, oxidante), las arcillas con sustancias reductoras, porosidad muy fina y gran plasticidad, pueden sufrir la formación de corazón negro si se dan las condiciones de velocidad de cocción excesivamente alta, aún cuando no haya una atmosfera reductora en el horno.

A.2.2.2.8. Reparaciones en origen

Hay un último punto a tener en cuenta, y es el de las reparaciones en origen de las esculturas que durante todos estos procesos han sufrido algún deterioro. Se sabe por varias fuentes⁵⁴, además de nuestra propia experiencia, que las piezas escultóricas que sufrían roturas, estallidos o deformaciones no eran desechadas directamente, ya que la elaboración de estas obras era larga y costosa, con lo que, una vez salían del horno, y antes del policromado, si tenían defectos posibles de solucionar se reparaban, y eran los propios autores quienes solían hacerlo según el caso por distintos medios,, , policromando después al seco para venderlas igualmente. Estas prácticas deben también ser documentadas y analizadas para comprobar si estas reparaciones han influido en la conservación de las piezas negativamente, por la inserción de elementos incompatibles, masillas demasiado duras, etc.

En general, cualquier material diferente de la terracota posee coeficientes de dilatación térmica e higroscópica distintos de ésta, lo que provocará a la larga su desprendimiento y deterioro. De

⁵⁴ LABBE (1997), BERSON (1997)

forma más concreta, se puede distinguir una amplia gama de materiales utilizados en estas reparaciones en origen, entre los cuales destaca el uso de metales y madera con función esquelética o de sostén de la estructura, el uso de telas y papeles para ocultar o disimular uniones o defectos superficiales de la pieza, los adhesivos empleados para adherir dichos materiales, y el empleo de masillas naturales o sintéticas tales como escayolas o resinas.

Uno de los casos encontrados con más asiduidad en escultura en terracota consiste en el uso de elementos metálicos en las uniones de piezas. Dichos elementos pueden venir asociados a un manchado de la masa arcillosa al transmitir su oxidación a la masa fresca durante el secado. También se producen fisuras y grietas de distintos tipos según su origen: por la contracción de la arcilla en el secado suelen aparecer grietas en diente de sierra, continuas pero de bordes serrados e irregulares, mientras que los diferentes coeficientes de dilatación térmica durante la cocción provocan más bien grietas de bordes lisos y estallidos que suelen fragmentar la pieza. Además, provocan una alteración a lo largo de la vida de la pieza por varias causas: en primer lugar, su coeficiente de dilatación térmica implicará que ante variaciones importantes de la temperatura ambiental provoquen tensiones en la terracota, acentuando grietas preexistentes o provocando grietas y fisuras nuevas, igualmente de bordes lisos, que den lugar a fragmentaciones. Por otro lado, su corrosión por estar expuestos a la humedad ambiental supondrá de nuevo una expansión del material que producirá estos mismos daños, además de transmitir su oxidación a la terracota. Mientras que las manchas de óxido transmitidas durante el secado son más difusas, más expandidas en

la masa, las manchas de óxido tras la cocción suelen ser más intensas en color y más concentradas en torno al metal.

El segundo elemento de sostén más habitual es la madera, inserto en la estructura tras la cocción. El principal problema de este material es la pérdida de sus propiedades por ataques de xilófagos o de hongos, haciendo que la pieza pierda su punto de apoyo o de resistencia en la zona reparada. De forma más aislada y menos agresiva, su coeficiente de dilatación por humedad puede provocar tensiones sobre la terracota ante cambios bruscos de humedad ambiental, dando lugar a roturas.

Otros materiales utilizados en las reparaciones de origen son papeles o telas que, como en el caso de la escultura en madera, se utilizan para cubrir o reforzar uniones de piezas u oquedades no deseadas. Estos materiales, sensibles a la oxidación y acidificación a lo largo del tiempo, sufrirán una pérdida progresiva de sus funciones sustentantes, además de poder llegar a arrancar material de soporte de la terracota por sus procesos de contracción-dilatación por humedad, en combinación con la cristalización y contracción de los productos adhesivos utilizados para fijarlos a la terracota.

Al igual que los adhesivos, el empleo de resinas naturales para formar masillas de relleno o la adhesión de otros elementos, sufren inevitablemente procesos de envejecimiento que provocan su cristalización, contracción y pérdida de propiedades, además de poder sufrir ataques por hongos. Tanto este tipo de adhesivos y resinas naturales como las sintéticas provocan un bloqueo de la

porosidad en la terracota, dando lugar a zonas de comportamiento diferenciado en la obra.

Las resinas sintéticas no sufren esos procesos de envejecimiento, pero igualmente tienen una dureza y estabilidad que tampoco se adapta a las dilataciones de la terracota, aportando microtensiones que acabarán fracturando la terracota por fatiga del material.

Por último, una masilla muy utilizada en la reparación de terracota es la escayola. Si bien su dureza suele ser inferior al soporte original, no provocando en éste un deterioro por tensiones, aporta al material una gran cantidad de sulfatos, sales que pueden circular disueltas y recristalizar en el seno o superficie de la terracota, provocando los daños previamente descritos en el apartado A.2.2.1.1.

Una vez concretado el material sobre el que vamos a realizar el estudio, y todas las variables de información que le atañen, el plan de elaboración de este protocolo continúa con el planteamiento de los objetivos del mismo, atendiendo básicamente a dos cuestiones: ¿cuál es la información que se desea obtener? ¿Se trata de cuestiones puntuales, de variable sencilla, o de cuestiones con diferentes facetas y dimensiones que la transforman en una variable más compleja? Con las respuestas a estas preguntas se acotarán los campos específicos de conocimiento que se quiere investigar, y desglosándolos se podrán representar de manera más clara.

Una vez definidos estos objetivos y facetas, se deberá llevar a cabo una revisión de las técnicas analíticas más efectivas y habitualmente utilizadas en todas las disciplinas mencionadas en los Antecedentes de esta Tesis, elaborando un borrador de la posible clasificación de estas técnicas para que respondan a nuestras necesidades en forma eficaz. Se ordenarán en un sistema estándar de representación claro y sencillo, según su capacidad de suplir cada necesidad concreta de conocimiento, además de atender a datos particulares relevantes (grado de precisión, destructividad de la muestra, asequibilidad, etc.).

Establecida esta tabla de clasificación general, se podrá observar de manera visual de cuántas técnicas se dispone en cada campo de conocimiento y su grado de idoneidad para aportar información completa siguiendo los parámetros adecuados, lo que prácticamente definirá por sí sola la selección final.

B.1. Determinación de las aportaciones requeridas para su caracterización

Uno de los factores principales que van a determinar las técnicas analíticas a seleccionar es la información que se necesita extraer, que en cualquier obra artística se centra en:

- Composición material
- Tecnología de creación
- Estado de conservación actual

Estos tres campos, no obstante, serían considerados como variables complejas, ya que se componen de parcelas de información individuales que, en combinación, conformarían la información completa.

Además de esta diferenciación de variables, se debe tener en cuenta que lo ideal es que el mismo análisis aporte información a varios niveles, es decir, en varios de los aspectos que nos interesan conocer, para optimizar los esfuerzos y la dedicación tanto temporal como económica.

Es por esto que primero deberemos desglosar las implicaciones de cada una de estas variables complejas. De forma resumida, estos tres apartados abarcan, en definitiva, los aspectos matéricos de la pieza que se engloban en:

- Físicos
- Químicos

Por lo que resultará mucho más clarificador especificar las propiedades y características físicas y químicas del material a estudiar, para posteriormente atribuir la incidencia de estas particularidades en la definición de su tecnología, composición o grado de alteración de la obra.

B.1.1. Aspectos matéricos de la terracota

La terracota, como material pétreo artificial que es, es en sí mismo un agregado poliminerálico compuesto por constituyentes tanto cristalinos como amorfos, además de espacios vacíos que pueden ser fisuras o poros. Su naturaleza, así pues, es prominentemente inorgánica, ya que los propios procesos por los que ha pasado para su transformación de la tierra arcillosa a terracota eliminan los componentes orgánicos. La forma, tamaño, naturaleza, disposición y transformaciones en los procesos de elaboración de los minerales que conforman este soporte, deben tener unas propiedades concretas para cumplir sus funciones ya sea como esqueleto, medio de trabazón, conexión interna, etc. Para comprobar el papel que juegan en la elaboración de la escultura, sus funciones y su estado de conservación, es necesario estudiar todos estos elementos tanto de forma individual como en su conjunto, de una forma sistemática, en todos sus aspectos materiales.

Básicamente, los aspectos materiales de cualquier objeto se dividen en físicos y químicos. El estudio de las características químicas se reduce al análisis y caracterización de sus elementos, mientras que

el estudio de las propiedades físicas resulta más complejo al abarcar muchos más campos de información superficial e interna,

B.1.1.1. Químicos

La utilidad del estudio de las características químicas de este soporte se resume en el análisis y caracterización de la composición de los diferentes elementos inorgánicos. Si bien esto puede parecer sencillo, es necesario hacer hincapié en la importancia de poder identificar la presencia de esos elementos en distintas concentraciones (mayoritarios, minoritarios y trazas), según la finalidad de la información obtenida.

Los elementos mayoritarios concederán al soporte sus características principales de comportamiento, tanto durante los procesos de elaboración como en sus transformaciones durante los pasos de conformación de la escultura y su posterior evolución a lo largo del tiempo. Los elementos minoritarios y en traza, por otro lado, pueden ser vitales para identificar procedencias concretas del material de base, e incluso para explicar ciertos deterioros por evolución natural que no se deben a su composición general. Por tanto, según el caso, será imprescindible o no para el investigador hacer un análisis más pormenorizado de la materia o simplemente conocer la composición general.

B.1.1.2. Físicos

Las propiedades físicas se desglosan de una forma mucho más extensa, abarcando gran cantidad de características superficiales e internas que será necesario tratar individualmente debido a su gran importancia en nuestro caso: estructura material (aplicada tanto a sus componentes materiales como a su porosidad), propiedades mecánicas y color.

B.1.1.2.1 Estructura material y porosa

Se entiende por estructura la ordenación en el espacio de los componentes de una muestra, propiedades de aspecto y forma concretas, tamaño, posición e interacción tanto de los elementos que la constituyen, como de sus espacios vacíos; ya que se ha de tener en cuenta que no solamente componen un material los granos minerales, sino también los huecos entre ellos, ya sean fisuras, grietas o poros.

Dentro de la estructura material se pueden investigar varios aspectos. Por un lado el tamaño y forma de los componentes de un material, es decir, su textura. También la mineralogía, que informa sobre las fases cristalinas presentes en la muestra.

Por otro lado, respecto al estudio del sistema poroso o porimetría, destacar que el estudio del tamaño, forma, cantidad, disposición y comunicación de poros en la terracota es muy importante debido al conocimiento derivado de éste, que incluye comportamiento de la materia frente a los líquidos y vapores, además de permitir el cálculo

de la densidad específica del material en sí y, por tanto, de su resistencia⁵⁵.

B.1.1.2.2. Propiedades mecánicas

Es importante conocer, en un material tan frágil al impacto como es la terracota, y sin embargo con una gran estabilidad física, sus propiedades mecánicas de resistencia al roce, al golpe, a la compresión y a la tracción por el simple hecho de que, según su grado de resistencia, necesitará más o menos medidas de precaución en su manejo, además de indicarnos si precisará una estabilización del soporte con tratamientos más o menos drásticos por su propia estructura más o menos frágil, o debido a alteraciones concretas.

B.1.1.2.3. Color

El conocimiento del color de un soporte de terracota resulta especialmente útil para determinar en muchos casos tanto la composición de la arcilla utilizada como la tecnología de elaboración de una pieza, ya que el tipo de horno, la procedencia y estabilidad del calor recibido, la atmósfera de cocción, incluso el correcto o incorrecto proceso de cocción deja marcas claras en el color final, tanto superficial como interno, de la pasta cerámica.

⁵⁵ Más información en RODRÍGUEZ NAVARRO (1996)

B.1.2. Campos de influencia de los aspectos matéricos

Una vez identificados los aspectos materiales susceptibles de ser estudiados, es necesario destacar la aplicación de la información que se extrae de ellos. Este apartado es de gran importancia ya que podremos seleccionar las técnicas analíticas más apropiadas.

Aunque lo ideal sería poder estudiar en profundidad todas las características, particularidades y casos excepcionales presentes en las obras a restaurar, muchas veces ni el tiempo ni el presupuesto permiten realizar un análisis completo que aborde todos los campos, por lo que, en la mayoría de los casos, deberemos ceñirnos al uso de aquellas técnicas que se ajusten exactamente a la información que precisamos conocer.

Los campos que deseamos conocer en el estudio de una obra artística son: su composición material, la tecnología de creación utilizada en sus procesos de elaboración y el estado de conservación actual respecto a degradaciones concretas.

B.1.2.1. Composición material

Abarca tanto la composición química (inorgánica) como la mineralogía de los componentes del soporte, desde sus componentes mayoritarios a sus particularidades y elementos traza. El conocimiento de este aspecto nos permitirán concretar si existen elementos propios de la misma composición que hayan derivado o puedan derivar en alteraciones, como por ejemplo un exceso en

carbonatos que den lugar a la aparición de caliches, la presencia de sales solubles o insolubles (propias o añadidas por materiales yuxtapuestos), un exceso o defecto de elementos fundentes o estructurales (que dejen patente una falta de conglomeración de los elementos o una falta de esqueleto estructural), etc.

El estudio global de la composición permitirá comprender cómo se comporta la terracota, y si la conducta de sus elementos individuales está influyendo en el mayor o menor deterioro de la pieza en general, tanto en la actualidad como en el futuro. Por otro lado, el estudio de elementos traza nos permitiría identificar elementos marcadores que pudieran llevarnos a establecer el yacimiento de extracción de origen de la tierra arcillosa y, por tanto, su atribución geográfica.

B.1.2.2. Tecnología de creación o procesos de elaboración

Debido a la variedad de procesos previos por los que pasa una arcilla hasta transformarse en terracota, la complejidad de esos pasos y la gran cantidad de factores que influyen en una correcta ejecución de este tipo de escultura, este apartado incluye características muy variadas como el color de la masa (externo e interno), granulometría de sus componentes, resistencia del soporte, aspecto microscópico de sus elementos, distribución, orientación y homogeneidad de los distintos minerales, grado de transformación, etc., ya que se pretende conseguir todo tipo de información que implique los procesos de elaboración.

Es evidente que una observación macroscópica directa nos aportará mucha información sobre los procesos de conformación de una escultura: la percepción de un alma quemada en el interior, la observación de piezas unidas, marcas de herramientas de ahuecado o huellas de dedos, manchas por oxidación superficial, fisuras, grietas, etc. Sin embargo, para conocer todos los aspectos tecnológicos previos a la elaboración de la escultura, como el lavado, la molienda o cribado, el amasado, el tipo de modelado que implique una ordenación de los granos minerales en superficie, la presencia y cantidad de poros, e incluso las condiciones de cocción, temperatura alcanzada y atmósfera de horno, se precisará de las técnicas analíticas. En concreto, serán vitales aquellas que nos informen sobre sus características texturales, porosidad, densidad, color y grado de transformación de los componentes.

B.1.2.3. Estado de conservación actual

Toda la información anterior no será realmente útil por sí sola más que para el campo histórico-artístico, ya que para poder darle una aplicación en lo respectivo a la restauración-conservación, se debe comparar todos esos datos con la revisión de los deterioros que ha sufrido la obra, y en qué estado se encuentra en la actualidad el soporte, física, mecánica y químicamente. Esta comparación permitirá establecer las conexiones correctas y extraer las conclusiones adecuadas sobre el origen de las alteraciones, pudiendo tratarlas con fiabilidad.

Este apartado se surtirá de una doble vertiente: por un lado, la observación e identificación de las alteraciones llevará a buscar las causas de las mismas por medios analíticos. Por otro, mediante el análisis previo se podrá identificar la presencia de debilidades patentes, que aún sin haberse exteriorizado puedan suponer un deterioro más severo en el futuro.

Concretamente, se detectarán las anomalías en el comportamiento de la obra: elementos añadidos (contaminantes, sales, oxidantes, etc.), transformados o faltantes (lavados, disoluciones, etc.) mediante estudios químicos, aparición de grietas, fisuras, etc., además de la medida física las propiedades del material para comprobar si su estabilidad, dureza, resistencia y compactación son correctos. Tras esto, será necesario revisar los resultados con el fin de comprobar los factores alterantes que han provocado los deterioros.

B.2. Selección de las técnicas analíticas que aportan información relevante

Tal como se comentaba en el apartado de Antecedentes, existe una gran diversidad de técnicas analíticas utilizadas en las diferentes disciplinas que sirven de referencia para esta Tesis Doctoral, principalmente englobadas según el aspecto matérico que investigan. En principio, se hará una pequeña introducción a la clasificación de los métodos de análisis a este respecto, para posteriormente analizar la oferta que de éstas hay en las diversas disciplinas de estudio de la terracota.

De todos ellos, se preseleccionarán aquellos más adecuados para un protocolo básico siguiendo pautas de idoneidad y asequibilidad, para finalmente realizar la selección definitiva a probar en el presente trabajo.

B.2.1. Introducción a las técnicas analíticas

Existen, en general, dos tipos de métodos de análisis, los químicos y los físicos, cada uno con sus particularidades, ventajas, desventajas y campos de estudio concretos.

B.2.1.1. Métodos químicos

La función de los análisis consiste en la caracterización química de los elementos presentes en una muestra por medio del análisis de los átomos que forman parte de un material para identificarlo. Se basan en estimular en la muestra la reacción de ciertos compuestos específicos para proceder a la identificación de los elementos que componen un material.

Su defecto es que precisan de una separación o disociación previa de los componentes de un material para posteriormente analizarlo, con lo que siempre son destructivos variando tan sólo la cantidad de muestra a tomar. Sus ventajas radican principalmente en su exactitud y en que nos aportan resultados cuantitativos además de cualitativos.

Existe tradicionalmente una división entre los métodos clásicos (o análisis de química analítica, que precisan una separación previa de los analitos o elementos componentes de una muestra, y a veces su activación con un reactivo para dar lugar a un producto de análisis válido) y los métodos instrumentales (que incluyen los estudios de química-física como las técnicas cromatográficas y aquellas que miden propiedades físico-químicas de la materia, como la absorción, emisión, dispersión o difracción de radiaciones⁵⁶) entre los que no se hará diferencia en esta Tesis Doctoral, al considerarse que serán útiles tanto los extraídos de un campo como de otro, por lo

⁵⁶ Más información en FARALDOS y GOBERNA (2011)

que se seleccionarán tan sólo por su aplicabilidad, y no por su metodología de desarrollo.

B.2.1.2. Métodos físicos

Los métodos físicos permitirán estudiar propiedades del material muy diversas, en muchos casos mediante la observación de la superficie, en otras mediante ensayos, o mediante mediciones de las reacciones de sus componentes a determinados estímulos. La subdivisión de estas propiedades se engloba en estructura material (aplicada tanto a sus componentes materiales como a su porosidad), propiedades mecánicas y color. Su principio básico es medir las propiedades físicas de la materia tanto a nivel macroscópico como microscópico y atómico. Suelen ser cualitativos y no cuantitativos, salvo en ciertos análisis en los que se pueden aplicar los análisis de imágenes de forma digital, en una fase posterior. La principal ventaja es que en muchos casos son ensayos no destructivos o semidestructivos.

B.2.2. Revisión de otras disciplinas

Es necesaria una gama amplia de análisis que permitan estudiar todos los aspectos físicos y químicos de la terracota, y se ha recurrido a todas las disciplinas que estudian el material cerámico y la arcilla cruda para seleccionarlos: escultura en terracota,

arqueología, arquitectura patrimonial, estudios de materias primas, y escultura en piedra.

En resumen, los más importantes métodos de análisis y ensayos aplicados en las diferentes disciplinas revisadas se encuentran reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 1. TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO ARCILLOSO						
ASPECTO MATÉRICO ESTUDIADO		DISCIPLINA DE ESTUDIO				Calidad de materias primas
		Escultura terracota	Arqueología	Arquitectura patrimonial		
				Ornamental	Constructivo	
CARACTERIZACIÓN DE LA PASTA	Composición química	LIBS XRF ADT	LIBS XRF ED-XRF AMS	XRF AAS ICP-AES ICP-MS GV V OES SEM-EDX NAA PIXE EM REE	LIBS XRF ADT-TG AAS ICP-AES ICP-MS GV V OES SEM-EDX NAA PIXE EM REE	ICP-AES XRF ADT-TG FAES TEM
	Composición mineralógica	XRD SEM-EDX LIBS PIXE EM EMS AAS FTIR ES	XRD SEM LIBS PIXE OES ICP-AES ICP-MS LA-ICP-MS AAS NAA+INAA XRF CL TL MS FTIR TXRF IS	XRD POM SEM	XRD SEM-EDX EM EPR	XRD SEM-EDX EDTA CS CSIA SSS IEC CFS

	Características físicas	POM SEM End. SFM	POM SEM OES IRTI SLDV WP XR MD	POM SEM	POM ESEM PIM OES UWP	POM SEM MIP HT GT wL wP CPT RBT Batch TD
	Sistema poroso	HT	MIP	HT HP MIP		HT HP MIP
	Propiedades mecánicas			BCT PLT BT E ST CPT HK		BCT PLT BT E ST CPT HK
CONDICIONES FABRICACION DE LA CERÁMICA	Termómetro mineralógico	XRD	XRD SEM	XRD	XRD FT-Raman RAMAN	--
	Método térmico			TDA TG-ADT	TDA TG-ADT	TDA TG-ADT
	Atmósfera			C	C	
DATACIÓN	TL	FD C14 TL	MM RD TL			----

Leyenda: **Ornamental** - elementos ornamentales; **Constructivo** - elementos constructivos

AAS – Espectroscopía de absorción atómica

ADT – Análisis térmico diferencial

AMS – Espectrometría de masas por acelerador

Batch –Ensayo de adsorción-desorción de Batch

BCT – Ensayo de resistencia a la compresión
BT - Ensayo de resistencia a la flexión
C – Colorimetría
C14 – Datación por Carbono 14
CFS – Separación de la fracción <math> < 2\mu\text{m}</math>
CL – Espectroscopía catodoluminiscente
CPT - Ensayo de penetración estática
CS – Extracción de fracción carbonatada
CSIA – Análisis isotópico-compuesto específico
E - Módulo de elasticidad
EDTA – Titulación con ácido etilendiaminotetraacético
ED-XRF – Fluorescencia de energía de dispersión de rayos X
EM – Espectroscopía de Mössbauer
EMS – Microsonda de electrones
End. – Endoscopia
EPR – Espectroscopía de resonancia paramagnética electrónica
ES – Espectrometría de emisión
ESEM – Microscopía electrónica de barrido ambiental
FAES – Espectrometría de emisión atómica en llama
FD – Datación por flúor
FTIR – Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier
FT-Raman – Espectroscopía de Raman con transformada de Fourier
GT – Ensayo de granulometría
GV - Gravimetría
HK - Ensayo de microdureza de Knopp
HP – Pícnometría de helio
HT – Ensayos hídricos
ICP-AES – Espectrometría de plasma de inducción acoplada
ICP-MS – Espectroscopía de masas-plasma acoplado inductivamente
IEC– Determinación de iones intercambiables
IRTI – Imágenes térmicas de infrarrojos
IS – Espectroscopía de impedancia acústica
LA-ICP-MS- Espectroscopía de Masas por Ablación Láser de Acoplamiento Inductivo
LIBS – Espectroscopía de plasma inducido por láser
MD – Micro taladrado

MET – Microscopía electrónica de transmisión
MIP – Porosimetría de inyección de mercurio
MM – Métodos magnéticos
MS – Susceptibilidad magnética
NAA+INAA – Análisis de activación neutrónica
OES – Espectrometría de emisión óptica
PIXE – Emisión de rayosX inducida por haz se protones
PLT - Ensayo de resistencia a compresión puntual
POM – Microscopía óptica de polarización
PT – Ensayo de permeabilidad
RAMAN – Espectroscopía de Raman
RBP – Ensayo de presión de hinchamiento
RD – Datación por Isótopos radiactivos
REE – Espectroscopía de resonancia de spin electrónico
SEM-EDX – Microscopía electrónica de barrido microanálisis por
energía de dispersión de rayos X
SFM – Espectrofotometría
SIA– Análisis de isótopos estables
SLDV – Vibrómetro Doppler láser de barrido
SSS – Extracción de sales solubles
ST - Ensayo de rayado
TD – Ensayos de difusión
TDA – Análisis Termodilatométrico
TG – Termogravimetría
TL – Termoluminiscencia
TXRF – Fluorescencia de rayos X de reflexión total
UWP – Propagación de ondas ultrasónicas
V - Volumetría
wL – Límite líquido
wP – Límite plástico
WP – Porosimetría por agua
XR – Radiografía
XRD – Difracción de rayos X
XRF – Fluorescencia de rayos X

De esta tabla, destacar la gran cantidad de ensayos que se aplican en los materiales de construcción, ya sean ornamentales o constructivos, para su caracterización física, siendo los análisis mineralógicos mucho más abundantes en el campo de la arqueología y en el estudio de calidad de materias primas. Respecto a los análisis realizados sobre escultura en terracota se debe señalar que han sido recogidos de manera dispersa a lo largo de toda la bibliografía revisada, sin encontrar estudios que sumen dichos métodos sacando conclusiones transversales de los resultados de todos ellos, o al menos comparando varios, cosa que sí sucede con asiduidad en el resto de disciplinas.

Si se comparan estadísticamente las técnicas más utilizadas en todas las disciplinas, sobre todo en cuanto a la utilidad de los resultados extraídos, se puede elaborar la siguiente tabla.

**Tabla 2. TÉCNICAS ANALÍTICAS MÁS USADAS
PARA LA CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTO ARCILLOSO**

ASPECTO MATÉRICO ESTUDIADO		TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS
CARACTERIZACIÓN DE LA PASTA	Composición química	ADT ICP-AES ICP-MS LIBS SEM-EDX XRF
	Composición mineralógica	AAS EM EMS ES FTIR LIBS PIXE POM SEM-EDX XRD
	Características físicas	MD POM SEM SFM
	Sistema poroso	HP HT MIP WP
	Propiedades mecánicas	BCT BT CPT HK PLT ST
CONDICIONES FABRICACION DE LA CERÁMICA	Termómetro mineralógico	RAMAN SEM XRD
	Método térmico	TDA TG-ADT
	Atmósfera	C
DATACIÓN		C14 TL

AAS – Espectroscopía de absorción atómica

ADT – Análisis térmico diferencial

BCT – Ensayo de resistencia a la compresión

BT - Ensayo de resistencia a la flexión
C – Colorimetría
C14 – Datación por Carbono 14
CPT - Ensayo de penetración estática
EM – Espectroscopía de Mössbauer
EMS – Microsonda de electrones
ES – Espectrometría de emisión
FTIR – Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier
HK - Ensayo de microdureza de Knopp
HP – Picnometría de helio
HT – Ensayos hídricos
ICP-AES – Espectrometría de plasma de inducción acoplada
ICP-MS – Espectroscopía de masas-plasma acoplado inductivamente
LIBS – Espectroscopía de plasma inducido por láser
MD – Micro taladrado
MIP – Porosimetría de inyección de mercurio
NAA – Análisis de activación neutrónica
PIXE – Emisión de rayosX inducida por haz se protones
POM – Microscopía óptica de polarización
PLT - Ensayo de resistencia a compresión puntual
RAMAN – Espectroscopía de Raman
SEM-EDX – Microscopía electrónica de barrido microanálisis por energía de dispersión de rayos X
SFM – Espectrofotometría
ST - Ensayo de rayado
TDA – Análisis Termodilatométrico
TG – Termogravimetría
TL – Termoluminiscencia
WP – Porosimetría por agua
XRD – Difracción de rayos X
XRF – Fluorescencia de rayos X

B.2.3. Preselección según parámetros de aplicabilidad y utilidad

De todas estas técnicas disponibles han sido descartadas en principio aquellas que precisan una cantidad de muestra excesiva, o que tan sólo serían aplicables al estudio de la materia prima arcillosa y no a la terracota.

Con esta premisa se ha seleccionado una lista de técnicas de análisis más reducida a formar parte de la Propuesta de Protocolo:

Tabla 3. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS POR EL ASPECTO MATÉRICO ESTUDIADO				
FÍSICO	ESTRUCTURA	MATERIAL	Tamaño y forma	POM SEM TEM
			Mineralogía	XRD POM FTIR RAMAN
		POROSA		MIP HP HT
	PROPIEDADES MECÁNICAS			UWP HK ST PLT
	COLORIMETRÍA			C SPF
	DATACION			TL - Conteo α y β
QUÍMICO	ANÁLISIS ELEMENTAL	INORGÁNICO		AAS ICP-EAS EDX XRF

Leyenda: **AAS** – espectroscopía de absorción atómica; **ST** – ensayo de rayado; **PLT** – ensayo de compresión puntual; **EDX** – microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **HK** – ensayo de microdureza de Knopp; **FTIR** – espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier; **HP** – picnometría de helio; **HT** – ensayos hídricos; **ICP-EAS** – espectrometría de plasma de inducción acoplada; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **RAMAN** – espectroscopía de Raman; **SEM** – microscopía electrónica de barrido; **C** – colorimetría; **SPF** – espectrofotometría; **TEM** – microscopía electrónica de transmisión; **TL-Conteo partículas α y β** – termoluminiscencia con conteo partículas α y β ; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X

B.2.3.1. Descripción de las técnicas analíticas

Existen diferentes manuales que describen en detalle las técnicas de análisis, así que se resumirán aquellos métodos más usuales, sus características concretas, los procesos tecnológicos de cada análisis y ensayo para tener una idea general de sus bases científicas y técnicas, las ventajas y desventajas que presentan cada uno y el tipo y cantidad de muestra que precisan o límite de detección de la técnica⁵⁷.

Microscopía óptica de polarización (POM). El principio básico es el aumento de la imagen por medio de lentes y radiación de luz visible y polarizada (reflejada o transmitida) a través de la muestra, de hasta 1.000x. En el campo de la composición mineralógica permite identificar las fases minerales por su hábito, relieve, exfoliación, pleocroísmo, ángulo de extinción, color de interferencia y signo óptico. También se pueden observar relaciones entre cristales, poros y/o fisuras presentes⁵⁸. Ventajas de la técnica: la rapidez y facilidad para identificarlas fases minerales, capacidad de identificar minerales escasamente presentes, y resulta mucho más asequible respecto a otros métodos. Desventajas: requieren el conocimiento sobre todo tipo de minerales que pueden estar presentes en la terracota y sus fases de transformación por procesos de cocción. Además, estas últimas suelen ser de tamaño muy pequeño y, por

⁵⁷ Concentración mínima o máxima de analito que el instrumento o ensayo en cuestión detecta. Varía de un método a otro, por lo que serán complementados unos con otros para conseguir mediciones cuantitativas completas

⁵⁸ Más información en VELILLA (1996) y (2003)

tanto, no detectables mediante esta técnica. El estudio puede ser destructivo realizando una lámina delgada, o delgado-pulida, para su observación por luz transmitida; o no destructivo, ya que se puede observar directamente sobre la obra, aunque sólo con luz reflejada.

Microscopía electrónica de barrido (SEM). Pese a seguir los mismos principios fundamentales de la microscopía óptica, tiene variantes importantes que hacen su resolución mucho mayor y mejor profundidad en la imagen. Mide los haces secundarios o retrodispersados de electrones reflejados por la materia, consiguiendo una imagen de la textura o de la composición química y unos 50.000x aumentos.⁵⁹ Su principal ventaja se centra en la observación tanto de los componentes minerales como de los huecos y también con su aspecto tridimensional real. Como desventaja principal aporta una imagen en escala de grises, con lo que se pierde información. Es una técnica destructiva, precisa una muestra ya sea en fragmento o lámina delgado-pulida previamente metalizados.

Microscopía electrónica de transmisión (TEM). Este método puede llegar a alcanzar una resolución de hasta 1.000.000x, permitiendo observar la microestructura, la estructura cristalina, defectos en la red cristalina y los efectos del enlace atómico⁶⁰. Esto sería tanto una ventaja como su mayor inconveniente al condicionar la observación con tal grado de detalle que puede perderse la visión global de la muestra. Es una técnica destructiva ya que precisa de

⁵⁹ Más información en ORTEGA y DE LA TORRE (1996)

⁶⁰ Más información en DOMÉNECH y YUSÁ (2006)

pequeños fragmentos de muestra que requieren un tratamiento muy específico por lo que después no puede emplearse para otros estudios.

Difracción de rayos X (XRD). Se basa en la observación de la muestra mediante la difracción de haces de rayos X. Cada red cristalina tiene, debido a la ordenación de los átomos, una sola dirección en la que cada tipo de haz excitante se ve potenciado, con lo que al ser característica de cada elemento es reconocible y medible. Es un método muy fiable de reconocer y cuantificar las fases minerales de la terracota, tanto originales, de neoformación durante la cocción, añadidos por un deterioro posterior, o transformados⁶¹. Su principal ventaja es la rapidez, exactitud y utilidad en casi todos los campos que nos interesa estudiar. Como desventajas mide sólo fases cristalinas, por lo que no es capaz de identificar los amorfos, y presenta un porcentaje de error de $\pm 5\%$. Precisa de una muestra en polvo con tamaño de grano inferior a $53 \mu\text{m}$, que al no sufrir preparación no se contamina ni destruye y puede emplearse posteriormente para otro estudio.

Espectroscopía Infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). Se basa en provocar la vibración de los átomos y la rotación de moléculas mediante radiación infrarroja a través de un interferómetro de Michelson. El interferograma obtenido, a través del método matemático de Fourier, se transforma en un espectro para determinar la naturaleza química de los elementos presentes en la

⁶¹ Más información en SEBASTIÁN (2003)

muestra⁶². Esta técnica está principalmente indicada para identificación de moléculas orgánicas, o también para el estudio de aniones inorgánicos como sulfatos, carbonatos, silicatos, nitratos y cromatos. Como principal ventaja se trata de un análisis tanto cualitativo como cuantitativo de gran precisión, y no requiere calibrado previo de la longitud de onda. Es una técnica capaz de concretar la presencia y naturaleza de las sales mencionadas, pero presenta cierta dificultad en identificar otros compuestos inorgánicos. Necesita una muestra de muy poca superficie que no es destruida tras el análisis.

Espectroscopía RAMAN (RAMAN). Es una técnica fotónica de alta resolución que aporta información química y estructural, permitiendo la identificación molecular de cualquier muestra, especialmente indicado para las inorgánicas. Se basa en el fenómeno denominado efecto Raman, o dispersión inelástica de la luz al incidir sobre la materia (es decir, cuando la luz dispersada sufre un cambio de frecuencia debido a su interacción con la materia). Para conseguir este efecto, la muestra es irradiada con un haz láser cuya longitud de onda puede ser cualquiera entre UV-visible-IR. Es una técnica no invasiva y no destructiva, ya que se realiza el análisis directamente sobre el material, sin precisar ningún tratamiento ni conllevar alteración alguna de la superficie, aunque puede analizar también micromuestras. Como inconveniente, destacar que es una técnica que presenta ruido en los espectros, principalmente debido a una emisión fluorescente que se produce a la vez que el efecto Raman.

⁶² Más información en PÉREZ y ORTIZ (2011)

Picnometría por He (PH). El Helio es uno de los gases con menor tamaño de molécula, lo que le permite entrar en los intersticios más pequeños de un sólido, siendo capaz de informar sobre su porosidad de una forma muy precisa. Se trata de insertar la muestra en una cámara de volumen conocido conectada con otra vacía del mismo volumen; al calcular la diferencia de presión del Helio entre ambas cámaras obtendremos el volumen en seco de la muestra, es decir, de sólido y, por tanto, la cantidad de huecos. Sus ventajas son la rapidez del análisis y que permite analizar la muestra sin que sus componentes se vean alterados por contaminaciones o lavados⁶³. Precisa de una complementación con otros análisis para calcular la porosidad total y es un método destructivo ya que hay que extraer un fragmento de 1 cm³.

Porosimetría de inyección de mercurio (MIP). Hoy día es el método más idóneo para estudiar el sistema poroso de los materiales y medir las densidades, aparente y real, empleando para ello el mercurio como único líquido que no penetra en un material poroso si no es aplicando una presión; la medición de la presión ejercida determinará las características de los huecos: tamaño de poro, cantidad, distribución y comunicación⁶⁴. La principal desventaja es que la complejidad de estructura de los sistemas porosos puede llevar a conclusiones erróneas si sólo se utiliza esta técnica⁶⁵ ya que los considera todos de forma cilíndrica, por lo que es necesario utilizar otros métodos como los ensayos hídricos. Es un ensayo

⁶³ Más información en RODRÍGUEZ (1996) y (2003)

⁶⁴ Más información en DEL REY (1996)

⁶⁵ RODRÍGUEZ (2003)

destruictivo, precisa fragmentos de 1 g que se contaminan tras el análisis.

Ensayos hídricos (HT). Permiten determinar el porcentaje de porosidad abierta de la muestra, es decir, de los huecos intercomunicados entre sí que forman una red porosa, por lo que los poros aislados no se verán reflejados por esta prueba. Se puede estudiar la permeabilidad al vapor de agua, absorción libre y forzada, coeficiente de saturación, absorción por capilaridad, desorción⁶⁶, tanto de agua en estado líquido como de vapor. Están regulados por las normalizaciones internacionales⁶⁷ y aportan información fiable. Estos ensayos, completados con una pesada hidrostática, aportan información complementaria como densidad real y aparente y porosidad abierta. Los datos obtenidos pueden variar en función del grado de cocción de la terracota, su vitrificación, granulometría, grado de deterioro,..., de ahí que sean buenos indicativos para deducir estos parámetros. Estos ensayos son bastante accesibles, no precisan de instrumental muy costoso, y su facilidad de ejecución al estar las pautas bien definidas, por lo que es fácil que pueda llevarlos a cabo el propio restaurador, aunque tendrá que precisar de una gran diligencia y escrupulosidad a la hora de realizar los ensayos para que aporten información exacta en muestras extraídas de obra real (considerablemente pequeñas). Lo deseable es ejecutar estos ensayos al menos en tres muestras diferentes de una misma obra para determinar su precisión y

⁶⁶ Más información en DE LA TORRE (2003), y en ONTIVEROS (2006)

⁶⁷ Existen actualmente varios tipos de documentos normalizados que fijan las metodologías a aplicar en cada ensayo, las normas UNE, Raccomandazioni NORMAL, RILEM test y ASTM standards, todos ellos reconocidos internacionalmente

exactitud mediante el cálculo del porcentaje de error⁶⁸. Estos fragmentos pueden ser devueltos a la obra una vez utilizados, por lo que estas pruebas son semidestructivas, teniendo como único condicionante el prever no tomar muestra con policromía.

Propagación de ondas ultrasónicas (UWP). La velocidad de propagación de las ondas elásticas ultrasónicas a través de un sólido es una de las propiedades físicas más usadas como ensayo no destructivo, y se basa en la medición de la velocidad de propagación de las mismas a través de una muestra sólida de grosor conocido y detectadas por un receptor. Se realizan medidas sobre ondas longitudinales (o primarias) y transversales (o secundarias) que nos permiten calcular entre otros el Módulo de Elasticidad del material que nos informa sobre el comportamiento deformacional del mismo. Según la velocidad de propagación podremos igualmente comprobar si existen fisuras o disgregaciones en zonas puntuales, la homogeneidad de la terracota, compacidad, anisotropía y zonas alteradas⁶⁹. Es una técnica muy efectiva en la terracota al tratarse de un material de alta conductividad ultrasónica. Es necesario emplear un gel para asegurar una transmisión correcta de las ondas que, según el escogido, podrá dejar más o menos residuos.

Ensayo de rayado (ST). Mediante el rayado de la superficie de la pieza a analizar con una punta de acero o de diamante aplicando diferentes presiones de carga obtendremos mediciones sobre la mayor o menor penetración de rayado y la presión ejercida que

⁶⁸ Porcentaje de desviación estándar, en FARALDOS y GOBERNA (2011)

⁶⁹ Más información en MONTOTO (1996)

determinan su resistencia. Es un ensayo preciso e inmediato, se puede repetir en varias zonas de la pieza y puede considerarse destructivo al provocar una alteración física de la superficie. Su accesibilidad tiene como contrapartida su poca utilidad general, ya que la información que aporta puede no ser determinante en un estudio general de la obra, salvo excepciones, y no es un ensayo muy preciso⁷⁰.

Ensayo de microdureza de Knoop (HK). Determina el grado de dureza y compacidad superficial, entendida como comportamiento mecánico de una pieza, utilizando un microdurómetro con un penetrador de diamante que produce huellas en la superficie. Este ensayo debe llevarse a cabo repetidamente en una misma zona para establecer, de forma representativa, una relación entre la carga aplicada sobre el instrumento y la profundidad de la huella obtenida⁷¹. Si bien no necesita extraerse una muestra, al igual que en el caso anterior, provoca una alteración en la superficie y requiere un número mínimo de pruebas, que además deben estar pulidas para observar con claridad la huella dejada por el microdurómetro. Se trata de un ensayo destructivo rápido y sencillo y obtendremos información fiable y útil según los casos.

Colorimetría (C). Esta técnica no destructiva identifica el valor y el matiz para medir objetivamente el color utilizando valores triestímulos del espacio de color $L^*a^*b^*$ ⁷². Estos valores pueden no ser exactos o reales matemáticamente hablando ya que éstos pueden

⁷⁰ ONTIVEROS y VILLEGAS (1999)

⁷¹ Ídem

⁷² Más información en CAPILLA, ARTIGAS y PUJOL (2002)

variar de un colorímetro a otro y según el diseño de los filtros empleados. Esta falta de fiabilidad es su principal desventaja, si bien no será un problema si lo que se pretende es comparar medidas con un mismo aparato. Su principal ventaja es que su coste es mucho menor que el de un espectrofotómetro, permite la comparación de patrones y en la mayoría de los casos estos datos son más que suficientes para estudios relativos al color y sus posibles cambios.

Espectrofotometría (SPF). Es una técnica no destructiva de medición del color y realiza la medida en gama RGB, que corresponde con la sensibilidad al color del ojo humano. Mide la intensidad de la luz a cada longitud de onda. Permite hacer análisis cuantitativos que podemos representar gráfica o numéricamente mediante los parámetros del espacio de color $L^*a^*b^{*73}$. Su principal ventaja es la rapidez y precisión de la medida, que se puede repetir con una exactitud matemática siendo las medidas de los valores y de las coordenadas cromáticas exactos. Precisa una superficie lisa.

Espectrometría de absorción atómica (AAS). Permite medir la energía absorbida por los diferentes componentes de una muestra para su identificación. La muestra extraída se transforma en una llama de componentes atómicos y se bombardea con emisiones catódicas diferentes, una para cada elemento y emitida en la frecuencia del mismo, midiendo la energía absorbida⁷⁴. Mide la mayoría de elementos metálicos, aunque con gran precisión tanto

⁷³ Ídem

⁷⁴ Más información en SKOOG, VEST y HOOLER (1997)

cuantitativa como cualitativamente. La muestra, de pocos micrómetros, es destruida en el proceso.

Espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES). La muestra extraída se calienta a 8.000-10.000°C en una atmósfera de argón para llevarla al estado de plasma. Se bombardea entonces con diferentes emisiones catódicas, una para cada elemento y emitida en la frecuencia del mismo, midiendo la energía emitida como respuesta por el elemento analizado. Identifica y cuantifica elementos en cantidades de ultratrazas con gran precisión, incluso aquellos más difícilmente atomizables, si bien sólo está indicado en casos puntuales de identificación de elementos concretos y de escasa presencia en una terracota. La muestra queda destruida en el proceso.

Espectrometría de masas acoplada inductivamente (ICP-MS). El proceso de este análisis es parecido al de ICP-EAS, y permite determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica, si bien es un análisis primordialmente de compuestos inorgánicos. Mientras que la ICP-EAS localiza elementos ligeros, la ICP-MS cuantifica elementos más pesados, habituales y significativos. Permite, la determinación de multielementos a nivel de traza con gran precisión y determinar elementos difícilmente caracterizados por otros métodos⁷⁵. Su principal desventaja es que se puede producir el efecto matriz durante el análisis, interferencias

⁷⁵ DATE y GRAY (1985)

o aberraciones, que pueden no obstante ser solventadas⁷⁶. Precisa una muestra muy pequeña, en polvo, que es destruida.

Espectroscopía de plasma inducido por láser (LIPS). Análisis elemental cualitativo que permite caracterizar la pasta cerámica y sus perfiles de composición en profundidad. Mediante la aplicación de un haz de láser pulsado sobre la propia obra, cuando la energía que llega a la superficie y supera un cierto límite se forma un plasma sobre el área irradiada, analizándose el espectro de emisión e informando sobre la composición elemental de la superficie alcanzada⁷⁷. Se pueden realizar barridos superficiales y obtener no sólo la composición de un punto de la superficie sino de toda la escultura, además de obtener un análisis capa a capa, realizando irradiaciones repetidas en el mismo punto, para obtener perfiles de composición en profundidad⁷⁸. Aporta información cuantitativa y cualitativa y no requiere preparación de las muestras. No requiere condiciones ambientales especiales, y permite realizar el análisis in situ. Su principal desventaja radica en que en la actualidad no existen patrones con los que comparar los análisis cuantitativos extraídos con esta técnica y puede producirse un efecto matriz de importancia en algunos casos.

Microanálisis de energía de dispersión de rayos X (EDX). Se basa en el bombardeo de la muestra de un haz de electrones acelerados, cuyos elementos emiten en respuesta un haz de rayos X. Cada elemento emite una frecuencia distinta, por lo que se puede

⁷⁶ JENNER et alii (1990)

⁷⁷ LÓPEZ et alii (2005)

⁷⁸ VADILLO y LASERNA (2004)

identificar cualitativamente todo tipo de componentes. Está asociado a la microscopía electrónica como el SEM o el TEM, lo que permite localizar visualmente los elementos y comprobar su morfología y características físicas además de su composición. Se trata de un análisis cualitativo y precisa la extracción de una muestra que se contamina.

Fluorescencia de rayos X (XRF).La fluorescencia de rayos X (XRF) ha sido ampliamente utilizada para la caracterización tanto de la arcilla cruda como de la cerámica en muy diversos campos de estudio⁷⁹. Mide la fluorescencia emitida por los componentes de una muestra al ser bombardeada con rayos X, permitiéndonos identificar con gran precisión tanto cualitativa como cuantitativamente todos los compuestos presentes, hasta los trazas. Como inconveniente precisa una elevada cantidad de muestra, 6 g en polvo con partículas de tamaño inferior a 53 μm , que se destruye en el proceso. Para el análisis de elementos mayoritarios existe la posibilidad de usar tan sólo 1,5 g, si complementamos la caracterización química de elementos traza con otros análisis, como ICP-MS.

Termoluminiscencia con conteo de partículas α y β (TL conteo α y β).

Este análisis se basa en la medida de la radiación acumulada por los objetos a lo largo de su vida desde el último proceso de calentamiento por encima de los 400 °C sufrido. Se analiza de manera paralela el yacimiento de extracción y en las piezas extraídas para cotejar los datos de la radiación contenida en el

⁷⁹PILLAY et alii (2000), ADAN-BAYEWITZ et alii (1999), LABRECQUE (1998), FABBRI y MALDERA (1989)

ambiente de preservación con la contenida en el objeto, como fuente indispensable que confirmen la edad de la obra al medir la acumulación ralentizada o acelerada por el ambiente. De no disponer de datos ambientales de radiación (piezas no arqueológicas) se complementa este análisis con el de conteo de partículas α y β para obtener la radiación contenida ahora solamente por la fase cristalina del cuarzo. Técnica destructiva, muy fiable, precisa de gran cantidad de muestra (2 g).

Una vez se han comprobado los datos que nos aporta cada técnica analítica, se repasará de forma concisa su aplicabilidad en los tres campos de interés descritos anteriormente, véase, la composición material, tecnología de creación y estado de conservación.

B.2.3.2. Clasificación por campo de aplicación

Este apartado es de gran importancia ya que se podrán seleccionar las técnicas según los resultados que se quieren estudiar.

Composición material

Es necesario conocer la composición mineralógica de la terracota, desde sus componentes mayoritarios a sus particularidades y elementos traza. Los análisis más apropiados para ello son XRD, POM, SEM-EDX, XRF, que son los más habituales por su alta efectividad y asequibilidad, siendo las espectroscopías (AAS, ICP-EAS y FTIR) menos comunes en el estudio de obras de arte, más bien indicadas para muestras muy pequeñas de las que se quiera

obtener una información muy concreta de ultratrazas, elementos difícilmente perceptibles por otras técnicas, etc. que no puedan ser solventados por EDX.

Tecnología de creación

En lo relativo al soporte, para conocer todos los aspectos tecnológicos previos a la elaboración de la escultura, como el lavado, el molienda o cribado, el amasado previo, el tipo de modelado que implique una ordenación de los granos minerales en superficie, la presencia y cantidad de poros, etc., podemos observar claramente su estructura microscópica gracias a POM, SEM, y también nos informará del sistema poroso de la terracota, aunque su medida indirecta será más exhaustiva por medio de MIP, EH y HP.

Otra parte importante es lo relativo a la temperatura y condiciones de cocción, que se pueden estudiar identificando la fases minerales de neoformación, mediante XRD y en parte por XRF, o por observación directa por POM y SEM. La medida del color informa igualmente sobre el grado de cocción y las condiciones del horno, además de datos relativos a diferencias entre la parte externa e interna de la masa, que se comprobará mediante SFM.

Por último, la datación de la pieza se podrá estimar según Termoluminiscencia, con el apoyo del Conteo de partículas α y β .

Estado de conservación actual

En este apartado se considera concretamente la detección de anomalías en el comportamiento de la obra: componentes de

origen secundario (contaminantes, sales, oxidantes, etc.), transformados o faltantes (lavados, disoluciones, etc.), aparición de grietas, fisuras, etc. y comprobar los factores alterantes que han provocado deterioros.

Los métodos más eficaces son la observación directa microscópica de su estado físico por POM, SEM para observar la interrelación de los componentes y su estado, y medir físicamente las propiedades del material para comprobar si su estabilidad, dureza, resistencia y compacidad es correcta, por UWP, HK, D. Superficial y Compresión puntual. Otro apartado indispensable es la medición química de sus elementos para comprobar la asimilación de componentes externos, por las técnicas de XRD, EDX, FRX, y en menor medida las espectroscopías AAS, ICP-EAS para localizar elementos ultratrazas.

Tabla 4. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS
POR EL CAMPO DE APLICACIÓN

Tabla 4. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS POR EL CAMPO DE APLICACIÓN		
CARACTERIZACIÓN MATERIAL	SOPORTE	XRD POM SEM-EDX TEM XRF RAMAN AAS ICP-EAS
TECNOLOGÍA DE CREACIÓN	ELABORACIÓN DE LA ARCILLA	POM SEM MIP HP HT
	PROCESO DE COCCIÓN	POM SEM-EDX XRD XRF SPF
	DATACIÓN	TL - Conteo α y β
ESTADO DE CONSERVACIÓN	MODIFICACIONES FÍSICAS	POM SEM UWP HK ST PLT
	MODIFICACIONES QUÍMICAS	EDX TEM XRD XRF AAS ICP-EAS FTIR

Leyenda: **AAS** – espectroscopía de absorción atómica; **ST** – ensayo de rayado; **PLT** – ensayo de compresión puntual; **HK** – ensayo de microdureza de Knopp; **FTIR** – espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier; **HP** – picnometría de helio; **HT** – ensayos hídricos; **ICP-EAS** – espectrometría de plasma de inducción acoplada; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **RAMAN** – espectroscopía de Raman; **SEM-EDX** – microscopía electrónica de barrido–microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **TEM** – microscopía electrónica de transmisión; **TL-Conteo partículas α y β** –termoluminiscencia con conteo partículas α y β ; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRF** – fluorescencia de rayos X; **XRD** – difracción de rayos X

B.2.3.3. Justificación de la selección definitiva

Una vez revisados todos los métodos de análisis de que se dispone en el resto de disciplinas, se ha realizado una selección que reúne los requisitos imprescindibles para formar parte de un protocolo de estudios completo en los aspectos antes destacados. Estos requisitos están marcados por los objetivos que se pretende conseguir con este protocolo, siempre enfocado a la intención de establecerlo como normalizado, con lo que no debe ser un sistema ideal, sino práctico y asequible, aparte de ser, por supuesto, completo y eficaz. Dadas estas características, para su elaboración se ha partido de las especificaciones existentes en los estudios de mercado para la creación de un nuevo producto, revisando los factores básicos para su éxito, necesidades que debe cubrir y método de prueba del mismo, para asegurar que tanto su conformación como su utilización sea razonable, práctica y asequible.

Los puntos principales para el éxito en la difusión y uso de un protocolo de este tipo se resumirían en:

- La utilidad y novedad en los resultados que de él se obtengan
- Una menor complejidad (sin afectar a su fiabilidad) en su ejecución
- La flexibilidad del proceso, que permita variables según las necesidades particulares
- Un coste bajo del proceso, que lo hará más asequible

Con estos parámetros en mente, se han establecido las siguientes cribas para fijar la selección de los análisis definitivos:

-Clasificar los métodos analíticos de un mismo bloque de información por su fiabilidad, eliminando los análisis que aporta una información parcial

-Seleccionar, de entre aquellos que aportan la misma información, los de más sencillo manejo o que gozan de una mayor difusión

-Se han procurado seleccionar para cada bloque varios análisis de igual o parecida calidad

-De los restantes, se han mantenido aquellos de coste más bajo y más asequibles

El resultado ha sido la selección de aquellos métodos y ensayos mediante los cuales se pueda tener una visión general, y particular de ser necesario, de todos los aspectos importantes que conciernen a la investigación y conservación de una obra de arte escultórica en terracota, plasmando de forma clara su funcionalidad, sus aplicaciones, su optimización según comparativa con los resultados de otros análisis, y aportando siempre una gama de posibilidades que puedan seleccionarse según los intereses particulares de cada investigador. La tabla definitiva quedaría como se refleja a continuación:

Tabla 5. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL SOPORTE ESCULTÓRICO EN TERRACOTA		
CARACTERIZACIÓN MATERIAL	Composición mineralógica	XRD SEM-EDX POM
	Composición química	XRF SEM-EDX
	Características físicas	POM SEM SFM PIM HT
	Características mecánicas	UWP
TECNOLOGÍA DE CREACIÓN	Elaboración previa de la arcilla	POM SEM MIP HT
	Proceso de cocción	XRD
	Datación	TL- conteo α y β
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Modificaciones físicas	POM SEM UWP
	Modificaciones químicas	EDX XRD XRF

Leyenda: **HT** – ensayos hídricos; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** – microscopía electrónica de barrido-microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **TL-conteo α y β** –termoluminiscencia con conteo partículas α y β ; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X

A pesar de haberla incluido en el protocolo como una técnica extremadamente interesante, fiable y útil para la datación de las piezas cerámicas, el coste de la Termoluminiscencia con conteo de partículas es muy elevado, por lo que no es fácil aplicarlo sobre piezas de terracota.

**APLICACIÓN DE LA PROPUESTA
Y COMPROBACIÓN DEL PROTOCOLO**

C

El siguiente paso para el desarrollo definitivo del protocolo será probarlo en una pequeña muestra representativa de la “población” de piezas de terracota que se quieren analizar, para obtener datos cuantitativos sobre su aplicabilidad y efectividad de cada técnica, observando sus variables y comprobando de manera extensa cuál de ellas es la más apropiada para conseguir extraer la información útil, añadiendo al protocolo definitivo la metodología concreta que haya probado su mayor eficacia.

Para esta primera prueba del sistema se ha comenzado por la caracterización de probetas, que se tratarán como obra escultórica real.

Con esto, se terminaría el diseño del protocolo, dando paso a la segunda fase que consiste en la recolección de los datos por medio del protocolo, ya de forma sistemática, programada y verificada. En esta segunda fase se ha procedido a aplicar el protocolo sobre las obras escultóricas reales mediante esta metodología específica, recopilando los datos extraídos.

La tercera parte del plan de flujo es el estudio de los resultados obtenidos, mediante la tabulación y codificación de los datos extraídos, entendiendo con “codificación” el proceso de traducción de los resultados a categorías específicas para la obtención de resultados concluyentes. Por “tabulación” se entiende el registro de los datos extraídos en cada una de sus categorías, después de lo cual seguiría el análisis estadístico conveniente: porcentajes, promedios, relaciones individuales y pruebas apropiadas de

significancia. Estos datos, una vez realizada su tabulación, serán analizados e interpretados para valorar los resultados del proceso interpretativo, que determinará el grado de validez de los análisis incluidos en el protocolo y, por tanto, su viabilidad.

C.1. Estudios del protocolo de actuación sobre probetas

Se han seleccionado las probetas de la prueba del protocolo, porque era necesaria la caracterización de un material de nueva factura para poder comparar sus resultados con los de la obra real, contrastar características físicas y químicas y poder establecer así un grado de envejecimiento natural de la obra real. Al tratarse de probetas de nueva factura, y a pesar de que pretendemos actuar sobre ellas como si se tratara de obra real, existe la ventaja de disponer de mayor cantidad de muestra, de un número suficiente de cada tipo de materia prima para poder comprobar la rigurosidad científica del protocolo aplicado, y poder así incluir las modificaciones necesarias definitivas que acaben de estipular las pautas metodológicas del protocolo.

Estas probetas se han elaborado a partir de las arcillas extraídas de los yacimientos de origen más probables al rango de piezas escultóricas en proceso de estudio en esta Tesis, basando la selección de estos yacimientos en datos documentales e históricos. Igualmente, su elaboración se ha llevado a cabo siguiendo las pautas marcadas por la tradición cerámica preponderante en la época de creación de las piezas escultóricas tratadas, y tanto las características en sus procesos de conformación como sus

dimensiones y forma están planteadas para servir como material de "sustitución" del original en esta primera prueba, comprobando que los resultados aportados son de rigurosidad científica.

Sobre estos yacimientos se han realizado dos baterías de análisis diferentes: en primer lugar, una vez que se ha realizado el trabajo de selección, ubicación y muestreo de los yacimientos tradicionales de la provincia de Granada, se han caracterizado los mismos mediante una serie de técnicas de análisis estándar aplicada al estudio de materias primas. Este primer grupo de análisis permitirá conocer en profundidad las propiedades y características de estos yacimientos; sirviéndonos, además, como material sano sin envejecer para comparar con las obras reales. La segunda batería de análisis se compone de aquellos ensayos seleccionados para el protocolo de caracterización de la obra real.

Algunos de estos análisis son comunes tanto a la caracterización estándar de los yacimientos como al protocolo que se pretende aplicar a la obra real, por lo que cumplirán una doble función.

Tabla 6. TÉCNICAS ANALÍTICAS APLICADAS A LAS PROBETAS DE MATERIAL NUEVO			
TIPO DE INFORMACIÓN		CARACTERIZACIÓN DE YACIMIENTOS	PROTOCOLO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE OBRA REAL
CARACTERIZACIÓN MATERIAL	Composición química	-	XRF EDX
	Composición mineralógica	CFS XRD	XRD SEM-EDX POM
	Características físicas	CS CC We	POM SEM SFM MIP HT
	Características mecánicas	-	UWP
TECNOLOGÍA DE CREACIÓN	Elaboración previa de la arcilla	XRD Agua de amasado	POM SEM MIP HT
	Proceso de cocción	-	XRD SPF
	Datación	-	TL conteo α y β
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Modificaciones físicas	-	POM SEM UWP
	Modificaciones químicas	-	EDX XRD XRF

Leyenda: **HT** – ensayos hídricos; **CFS** – separación de fracción arcilla; **CS** – contracción lineal por secado; **CC** – contracción lineal por cocción; **We** – pérdida de peso por cocción; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** – microscopía electrónica de barrido-microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **TL-Conteo α y β** –termoluminiscencia con conteo partículas α y β ; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X

A lo largo de este capítulo se presentarán los resultados de las técnicas analíticas de forma ordenada, de modo que se facilite la representación e interpretación de los resultados. Al final del capítulo se establecerá no solamente el protocolo con todas sus variaciones, sino el orden de aplicación de las técnicas, tal y como se llevará a cabo sobre la obra real.

C.1.2. Localización de yacimientos

Las probetas se han elaborado a partir de las tierras arcillosas extraídas de los yacimientos de origen más probables al rango de piezas escultóricas que se están estudiando, basando la selección de estos yacimientos en datos documentales e históricos. Igualmente, su elaboración se ha llevado a cabo siguiendo las pautas marcadas por la tradición cerámica preponderante en los siglos XVII-XIX, y tanto las características en sus procesos de conformación como sus dimensiones y forma están planteadas para servir como material de "sustitución" de la obra escultórica, para así comprobar los resultados que podrían obtenerse de obra real con rigurosidad científica.

El primer paso a seguir es tratar de ubicar los posibles yacimientos de arcillas originales, en principio para conocer los métodos particulares (si los hubiera) de extracción y tratado de las arcillas según localidades, y fundamentalmente para caracterizar sus propiedades; para ello, se atenderá a varios factores antropológicos y geológicos que nos guíen hacia los yacimientos más explotados en el pasado, estableciendo una clasificación según

probabilidades, donde los datos más importantes de los que partir los aportan las propias esculturas, siendo: el rango de tiempo de creación, y el espacio geográfico de creación de la pieza.

La cantidad de yacimientos de sedimentos arcillosos es muy abundante en la superficie terrestre, sin embargo el número de éstos que han sido tradicionalmente explotados para la extracción de este material se reduce atendiendo a factores tales como la envergadura del yacimiento, su accesibilidad, la calidad del barro extraído y, por tanto, la necesidad de mayor o menor preparación previa.

Teniendo en cuenta que el periodo de tiempo en que se encuadra la creación de las terracotas a estudiar presumiblemente ronda entre el siglo XVII y el XIX, se debe atender, a la hora de fijar los posibles yacimientos de origen de nuestras arcillas, a aquellos que hayan sido abundantemente utilizados en el pasado, que no precisen de maquinaria de extracción, situados tradicionalmente como centro de la industria alfarera artesanal, donde la propia praxis de la creación cerámica haya fijado siglo tras siglo la tecnología más apropiada, los aditivos que precisa o las particularidades en su uso.

Dentro de todos ellos, se priorizarán los que se sitúen más cerca de la localidad en que se ubicara en ese momento el artista o el taller, comprendiendo que, por mera economización de recursos, se suelen usar los yacimientos más próximos al lugar de realización de la pieza, donde también se ubican los hornos. En este aspecto, se reducirá en principio la búsqueda atendiendo a la ubicación de

talleres y artistas de mayor relieve y de los que históricamente se tiene constancia de su emplazamiento, circunscribiéndonos, por tanto a Granada capital, sobre todo en su zona norte y noreste de la provincia y algún yacimiento más desplazado hacia el sur.

Además de la localización de estos yacimientos por causas históricas, será conveniente comprender las características de la formación geológica en la que se ubican. Es por esto que se hará un resumen de la geología de las zonas, de forma general y también concretando en cada una de las zonas de extracción.

Geología del área fuente de las materias primas

Los materiales seleccionados para la fabricación de las probetas se han clasificado en tres zonas principales: zona centro de Granada (denominada Granada capital), zona noreste (Zona norte) y zona sureste (Zona sureste). Todos estos materiales se encuentran en dos cuencas de la Cordillera Bética, la Cuenca de Granada y la Cuenca de Guadix.

Para enmarcar geológicamente estas zonas, explicar brevemente que la Cordillera Bética, ubicada al sur de la Península Ibérica, es junto con el Rif (ubicado al norte de África) uno de los elementos más occidentales de las cadenas alpinas circummediterráneas, limitada al sur por la Cuenca de Alborán y al norte por el Macizo Ibérico y su cobertera. Su formación se debió a la colisión entre las denominadas Zonas Externas (el margen sudoriental Ibérico,

compuesto por sedimentos mesozoicos y del terciario inferior) y las Zonas Internas (el Dominio Cortical de Alborán).

En esta Cordillera pueden separarse diferentes dominios estructurales y paleográficos, con evoluciones independientes durante las etapas eoalpina y nealpina⁸⁰, entre las que se encuentran las cuencas neógeno-cuaternarias, de las cuales forman parte las depresiones de Guadix y Granada.

Las cuencas neógeno-cuaternarias (VISERAS et alii 2004c y 2005) son afloramientos formados en y tras el Mioceno Inferior y Medio, que, de forma abundante, interrumpen las directrices que definen cartográficamente los dominios mayores de la Cordillera Bética, superponiéndose parcialmente al área de sedimentación de cuencas más antiguas. Las cuencas de Guadix y Granada se ubican, en concreto, en el sector central de la Cordillera Bética (fig. 1), cubriendo parcialmente el contacto entre el paleomargen ibérico meridional y el dominio de Alborán. Es por esto que la parte noroccidental de su basamento está constituido por materiales del Mesozoico y Terciario de las Zonas Externas, mientras que la parte sudoriental se conforma por materiales del Paleozoico y Triásico de los complejos metamórficos de las Zonas Internas.

⁸⁰Más información en SORIA y VISERAS (2008)

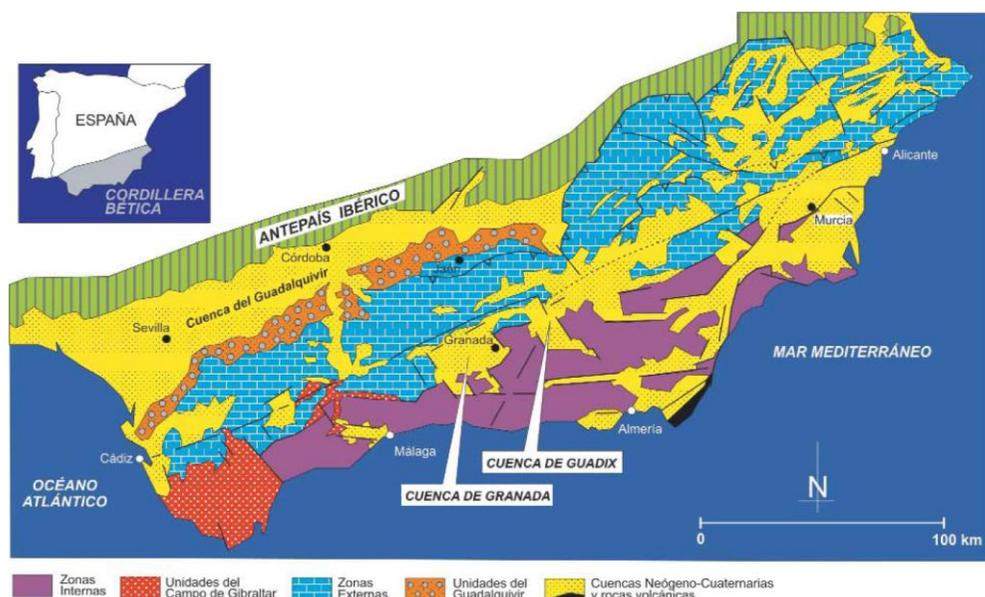


Figura 1. Localización de las Cuencas de Guadix y Granada en la Cordillera Bética. Mapa extraído de SORIA y VISERAS (2008), y modificado para localizar la Cuenca de Granada

El nombre “Cuenca de Guadix” se refiere en concreto a la gran depresión intramontañosa que ocupa la zona norte de la Provincia de Granada (SORIA y VISERAS 2008), divisible en dos subcuencas de marcadas diferencias litoestratigráficas, la de Baza y la de Guadix propiamente dicha. En éstas, el registro sedimentario se compone de unidades estratigráficas que van desde unidades marinas de edad Tortoniense superior, a continentales que abarcan desde el Turolense superior al Pleistoceno superior (MARTÍN PENELA, 1987). Por otro lado, desde el Pleistoceno superior a nuestros días, esta cuenca ha sufrido procesos erosivos marcados, relacionados con un intenso encajamiento de la red de drenaje. El registro sedimentario de esta fase erosiva se manifiesta en forma de terrazas fluviales, glaciares de acumulación, abanicos aluviales y travertinos (VISERAS et alii 2004a).

Por otro lado, la Cuenca de Granada es igualmente una depresión intramontañosa ubicada en la zona oeste de la provincia, y su registro sedimentario se forma por unidades estratigráficas cuyos materiales más antiguos son infra Tortonioses y los más recientes se han datado como del Pleistoceno Medio (RUIZ BUSTOS et alii 1990). Durante el Holoceno y probablemente durante parte del Pleistoceno Superior, los procesos de erosión y sedimentación estaban, igualmente, condicionados por el sistema fluvial actual (FERNÁNDEZ et alii 1996a y 1996b).

Si analizamos la organización estratigráfica de ambas cuencas, las secuencias más antiguas (Tortonioses) se corresponden a una transgresión durante la fase de sedimentación marina; en un nivel intermedio se produce una transición marino-continental (Tortonioses Superior), y finalmente las unidades estratigráficas superiores se corresponden con la fase de regresión marina (post Tortonioses)⁸¹.

De forma breve, destacar que durante la transgresión marina del Tortonioses inferior, la secuencia deposicional se caracteriza por una paleografía irregular en las primeras fases de creación del relieve (fuertes variaciones de los espesores y geometrías de tipo onlap en los bordes de las cuencas). El ambiente sedimentario más característico son las rampas carbonáticas, conteniendo calcarenitas bioclásticas en las áreas de poca profundidad y margas con foraminíferos en los depocentros. Ya en el Tortonioses Superior la secuencia deposicional aún comprende margas en el centro de las cuencas, que pasan a sedimentos deltaicos

⁸¹Más información en CULTRONE 2001

procedentes de Sierra Nevada en los márgenes meridionales (VERA y RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, 1988), restringiéndose la comunicación con el mar abierto de manera progresiva conforme se desplaza hacia arriba.

En el límite Tortonense-Messiniense, una caída del nivel eustático aísla definitivamente la mayoría de las cuencas béticas intramontañosas y la del Mediterráneo respecto al Atlántico, dándose aquí la transición marino-continental. Debido a esto, emergen áreas marginales y cuencas marinas poco profundas en las áreas centrales, caracterizando la paleografía. La secuencia estratigráfica se compone por materiales de diferente litología depositados en distintos ambientes según la profundidad del mar: en la Cuenca de Granada (DABRIO et alii 1982) encontramos sedimentos aluviales (conglomerados y arenas) de Sierra Nevada y Sierra Arana, lutitas con estromatolitos, y yeso y halita en el centro de la cuenca. En la Cuenca de Guadix se encuentran sedimentos aluviales, sedimentos deltaicos y plataformas calcareníficas.

La definitiva regresión marina o continentalización de estas cuencas se produce al final del Tortonense, debido a la depresión eustática y movimientos tectónicos, que causaron la migración de los depocentros, estructuras asociadas con la actividad de sistemas de fallas que darán lugar al levantamiento de Sierra Nevada (FERNÁNDEZ et alii 1991). En esta fase, las cuencas tienen una asimetría marcada con un progresivo desplazamiento de los depocentros hacia el norte, y se caracterizan por variaciones de espesor y una sedimentación fluvio-lacustre derivada de la

tectónica y las fluctuaciones en el nivel de los lagos (ARRIBAS et alii 1988).

Todos los yacimientos utilizados como fuente de materia prima en esta Tesis Doctoral se encuentran ubicados en las cuencas neógeno-cuaternarias, si bien sus características son bastantes diferentes, lo que se tratará en los subapartados correspondientes.

C.1.2.1. Granada Capital

El uso y la explotación del barro en la provincia de Granada ha sido muy importante por toda la geografía granadina, al ser muy abundantes los yacimientos superficiales de tierras arcillosas. No obstante, tanto tradicionalmente como en la actualidad, la mayoría de establecimientos y fábricas dedicados a la explotación y tratado de las arcillas se ubican en las proximidades de Granada capital, que siempre ha sido el mercado más importante, habiendo también afloramientos de calidad en el norte (Baza, Guadix, Diezma) y zona sur de la provincia (Monachil, Motril).

GARZON (2004) en su estudio de los yacimientos más explotados para la fajalauza granadina actual centraba su atención en las zonas geográficas ubicadas al noreste de la capital, al ser la zona de más extensa formación arcillosa y mayor tradición de explotación, también señalado por RODRIGUEZ (2001) como el centro alfarero principal a partir del siglo XVI: principalmente los

barrios de Albaycín, Cartuja y San Isidro⁸², abastecidos desde los yacimientos de Víznar, El Fargue, Beiro y Jun, donde de hecho aún se conservan nombres de calles como “Ronda de los alfareros” o “Calle Fajalauza”, y donde han sido documentados talleres y fábricas desde el siglo XVI a nuestros días. Había otro centro alfarero en la zona de Realejo⁸³, abastecido desde los yacimientos de Carmen de los Mártires y Cuevas de Rabel, que hacia principios-mediados del siglo XVI estaba en franca decadencia, trasladándose los alfareros de todo tipo a los barrios antes mencionados.

La importancia de la investigación de esta zona se ve corroborada no sólo por la abundante presencia de artesanos alfareros, sino también por el hecho de que los artistas barristas granadinos más importantes (Hnos. García y Fray Luis de Santiago en el siglo XVII, y José Risueño en el XVIII) vivían en torno a estos mismos barrios⁸⁴, por lo que se han seleccionado como yacimientos más probables de extracción de arcillas aquellos que, según estudios históricos, eran más explotados por su calidad: Camino de Víznar, Camino viejo de El Fargue, alrededores del río Beiro y Canteras de Jun.

⁸² Una amplia y completa relación de todas las explotaciones y alfares presentes en estos barrios de los siglos XVI-XVIII la hace GARZON (2004), continuando con los alfares actuales

⁸³ VILLANUEVA RICO (1961)

⁸⁴ Más información en SÁNCHEZ-MESA (1971), OROZCO DÍAZ (1956, 1941 y 1936)

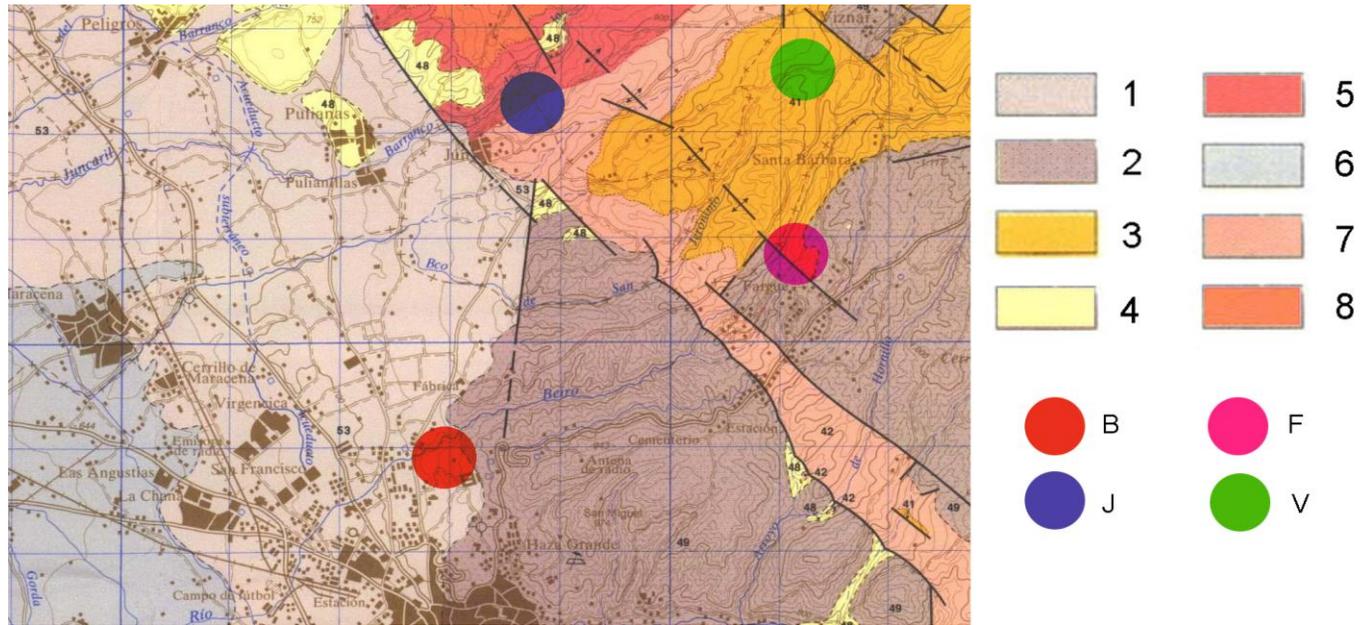


Figura 2. Mapa geológico del área centro de Granada, tomado del pliego 1009 del Mapa Geológico de España⁸⁵. Leyenda: **1**-arcilla rojas, gravas y arenas (paleosuelos) de Cuaternario **2** –conglomerados y arenas “Conglomerado de la Alhambra” del Plioceno (Terciario)/Pleistoceno (Cuaternario); **3** –calizas y margocalizas con gasterópodos del Tuoliense superior; **4** –arcillas, limos y conglomerados del Plioceno (Terciario) Pleistoceno (Cuaternario); **5** –arcillas grises, limos y arenas del Tuoliense medio; **6** –aluvial del Cuaternario; **7** – limos micáceos, arenas y gravas “Limos de Cenes-Jun” del Tuoliense medio; **8** – yesos masivos y laminados con lutitas y carbonatos del MALM (Jurásico). **B** – yacimiento del río Beiro; **F** – yacimiento de Fargue; **J** – yacimiento de Jun; **V** – yacimiento de Víznar.

⁸⁵Más información en el mapa geológico del IGME, Magna 50 pliego 1009

Los yacimientos Beiro (B), El Fargue (F), Jun (J) y Víznar (V) se ubican geográficamente en la Cuenca de Granada.

Como ya se ha comentado anteriormente, se trata de una cuenca intramontañosa situada entre las Zonas Externas y las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas, rellena por materiales neógenos y cuaternarios. El relleno comenzó en el Serravalliense-Tortonense, y posteriormente los depocentros han ido sufriendo un desplazamiento progresivo hacia el norte, de modo que, a partir del Turoliense superior, la sedimentación se ha producido principalmente en la mitad norte de la depresión (FERNÁNDEZ y SORIA 1987). El área que nos interesa investigar se constituye por sedimentos lacustres pliocenos, en concreto conglomerados y arenas de origen continental que se disponen en discordancia sobre los términos miocenos; también por limos, arenas y gravas de color grisáceo claro localizados encima y en concordancia con el tramo anterior.

En esta cuenca se pueden distinguir las siguientes formaciones, según FERNÁNDEZ et alii (1996a): Formación Quentar, Formación Dúdar, Formación Pinos del Genil, Yesos con lutitas, limos, arenas y carbonatos, y la Formación Alhambra⁸⁶.

Concretamente, en los casos que nos interesan a nosotros son (fig. 2): el yacimiento del río Beiro, compuesto por arcillas rojas, gravas y arenas; paleosuelos del Cuaternario; el yacimiento de Fargue, localizado en zonas de calizas y margocalizas con gasterópodos del

⁸⁶Más información en VERA (ed.) 2004

Turolinense superior; el yacimiento de Jun, compuesto por arcillas grises, limos y arenas del Turolinense medio y zonas de limos micáceos, arenas y gravas denominadas "Limos de Cenes-Jun" del Turolinense medio; el yacimiento de Víznar, compuesto por calizas y margocalizas con gasterópodos del Turolinense superior.

CAMINO DE VÍZNAR

Esta cantera se ubica en el borde norte del Camino de Víznar (GR-3102) a 2,8 km de distancia del cruce entre dicha carretera y la que une Granada a Alfacar (GR-3103), con las coordenadas $-3^{\circ}34'22''/37^{\circ}12'32''$ (fig. 3).



Figura 3. Localización del yacimiento de Víznar. Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015



Figura 4. Yacimiento de Víznar

La cantera tradicional se viene explotando desde hace más de dos siglos, por lo que se sabe, primero en la zona de Haza Negra y posteriormente en su ubicación por el propietario del Cortijo de Arquillo desde principios del siglo XIX, en su ubicación actual (fig. 4).

A él venían a comprar desde la capital muchos artistas alfareros que precisaban de la calidad de su materia prima⁸⁷.

Tradicionalmente, el único trato que recibía dicha arcilla era el deszajelado a través de arroyuelos artificiales dirigidos hasta grandes charcas de almacenamiento. En esta gran charca se almacenaba, cambiando el agua diariamente durante un mes aproximadamente, para que se pudriera y decantara la arcilla, y tras el cuajado se extraía y amasaba, poniéndola a la venta.

Las características de esta arcilla era que resultaba muy plástica, muy buena para trabajarla, pero con demasiada contracción durante el secado, y las consecuentes fisuraciones. Es por esto que a menudo se mezclaba con la de El Fargue o con la de Beiro para conseguir una estabilidad adecuada.

RÍO BEIRO

Para llegar a la cantera tradicional bastaba con llegar hasta el puente de Cartuja, en la intersección entre Paseo de Cartuja y la calle Doctor González Vega. Aquí comenzaba el río Beiro y a sus orillas se recogía la arcilla. Sus coordenadas son $-3^{\circ}34'17''/ 37^{\circ}12'11''$ (fig. 5).

⁸⁷ Conversación con don Francisco Castillo Siles, actual propietario de la fábrica Cerámicas San Francisco



Figura 5. Localización del yacimiento de Beiro. Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015



Figura 6. Yacimiento de Beiro

Esta cantera, que era antiguamente también explotada aunque en menor cantidad, y sobre todo usada para mezclarla con la de Camino de Víznar para mejorar su trabajabilidad, se encuentra hoy día enterrada bajo las nuevas urbanizaciones (fig. 6). El decantado del material lo propiciaba el mismo río, con lo que su extracción era más directa y precisaba menos pasos intermedios.

Las características de esta arcilla son que resultaba menos plástica y moldeable pero con una estabilidad considerable durante el secado, con lo cual procuraba una cocción con buenos resultados pero permitía poco trabajo artístico.

JUN

Se encuentra en la carretera Granada-Alfacar (GR-3103), en el desvío hacia el norte a 500m después de la salida hacia la Urbanización Cortijo de Baltodano; siguiendo ese desvío 250 m más hacia el norte, se encuentra el frente de extracción más antiguo

antes de la constitución de la empresa que actualmente explota la zona. Las coordenadas exactas son $-3^{\circ}35'11''/37^{\circ}13'27''$ (fig. 7).



Figura 7. Localización del yacimiento Jun. Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015



Figura 8. Yacimiento de Jun

Actualmente la explotación de esta zona ha adquirido una envergadura importante, sacándose materia prima prácticamente de toda la montaña en sus dos flancos, el yacimiento tradicional y más antiguo ubicado, que data de mediados del siglo XVIII, es el de las coordenadas descritas anteriormente. Este frente tiene tres vetas bien definidas con características visuales muy diferentes que se mezclaban para su uso, ya que se deszajelaba el material de la montaña en todo su frente de forma natural, desmenuzando todo el estrato desde el corte mencionado y dirigiendo el material hacia una gran charca artificial encontrada al fondo de la montaña (visible aún hoy, fig. 8), por medio de un pequeño arroyo natural.

CAMINO VIEJO DE EL FARGUE

Se llega subiendo por la Carretera Antigua de Murcia (A-4002), desviándose por la Calle Fajalauza hasta llegar a Camino viejo de El Fargue. Desviándose por la calle Olivo, al final de ésta se accede directamente a una gran explanada que antaño fue una montaña más del barranco, tan ampliamente explotada que se encuentra ya agotada. Sus coordenadas son $-3^{\circ}35'25''/37^{\circ}12'11''$ (fig. 9).



Figura 9. Localización del yacimiento El Fargue Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015



Figura 10. Yacimiento de El Fargue

Prácticamente todo el lateral del barranco es de la misma composición, por eso ha sido utilizada en grandes cantidades para abastecer a las alfarerías de Granada (fig. 10). Como la de Beiro, esta arcilla tiene muy poca plasticidad y, por tanto, muy bajo grado de contracción durante el secado, y solía ser mezclada con otras más plásticas para el trabajo artístico.

C.1.2.2. Norte de Granada

Una vez revisados los yacimientos más importantes que aportaban material a la capital, se indican los del resto de la provincia que abastecían otros focos importantes de tradición alfarera, haciendo especial hincapié en los cercanos al núcleo de Baza y Guadix, donde se cree que se encontraban los talleres de otros ilustres escultores de los que se conservan algunas piezas en terracota policromada, como son José de Mora y Pedro de Mena.⁸⁸

⁸⁸ Más información en ORUETA y DUARTE (1914), GALLEGO y BURÍN (1925), OROZCO (1941)

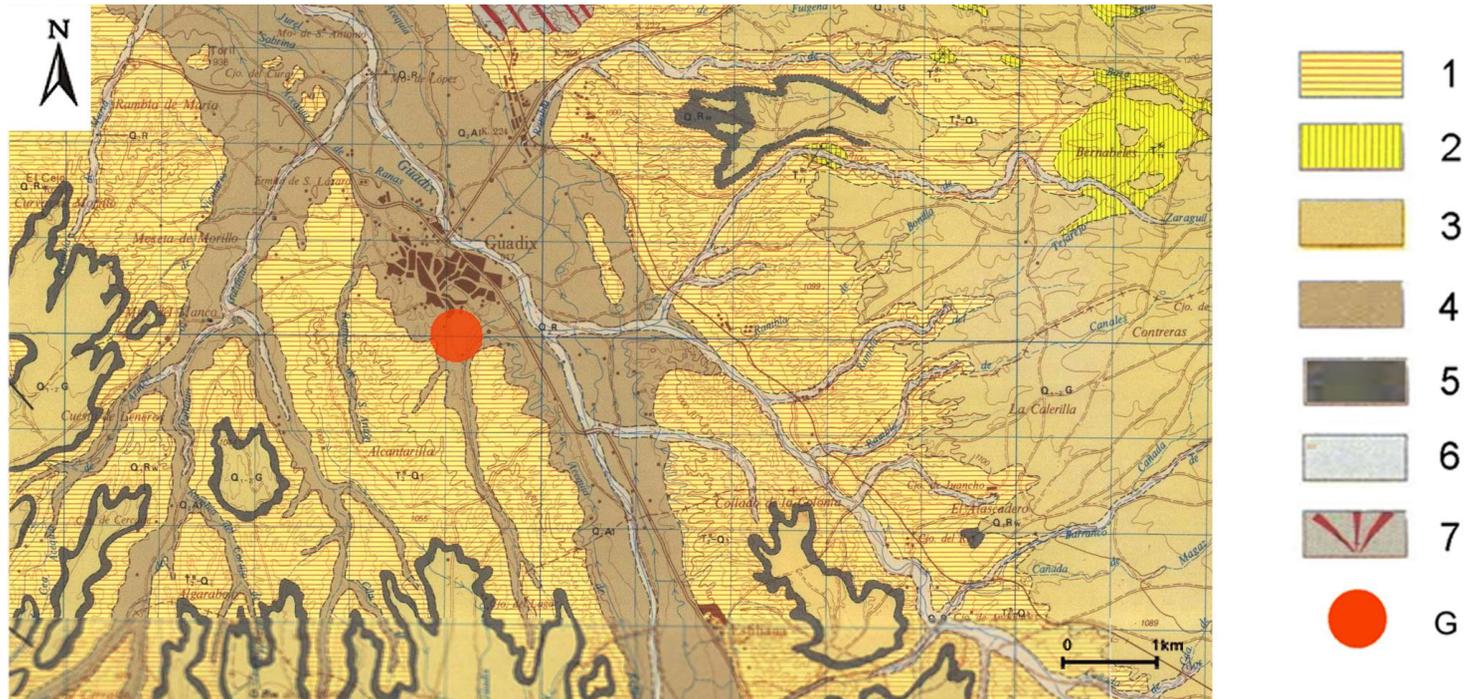


Figura 11. Mapa geológico del área noreste de Granada, tomado del pliego 1011 del Mapa Geológico de España⁸⁹. Leyenda: **1** – conglomerados y arenas del pleistoceno (Cuaternario/plioceno Terciario); **2** – limos, margas y areniscas calcáreas del tortoniense; **3** – gravas y arcillas rojas con costras calizas; **4** – depósitos aluviales del holoceno Cuaternario; **5** – limos y arcillas rojas y grises con nódulos calizos del pleistoceno Cuaternario y Cuaternario superior; **6** – depósitos de Ramblas del holoceno Cuaternario; **7** – glaciares del holoceno Cuaternario; **G** – yacimiento de Guadix.

⁸⁹Más información en el mapa geológico del IGME, Magna 50 pliego 1011

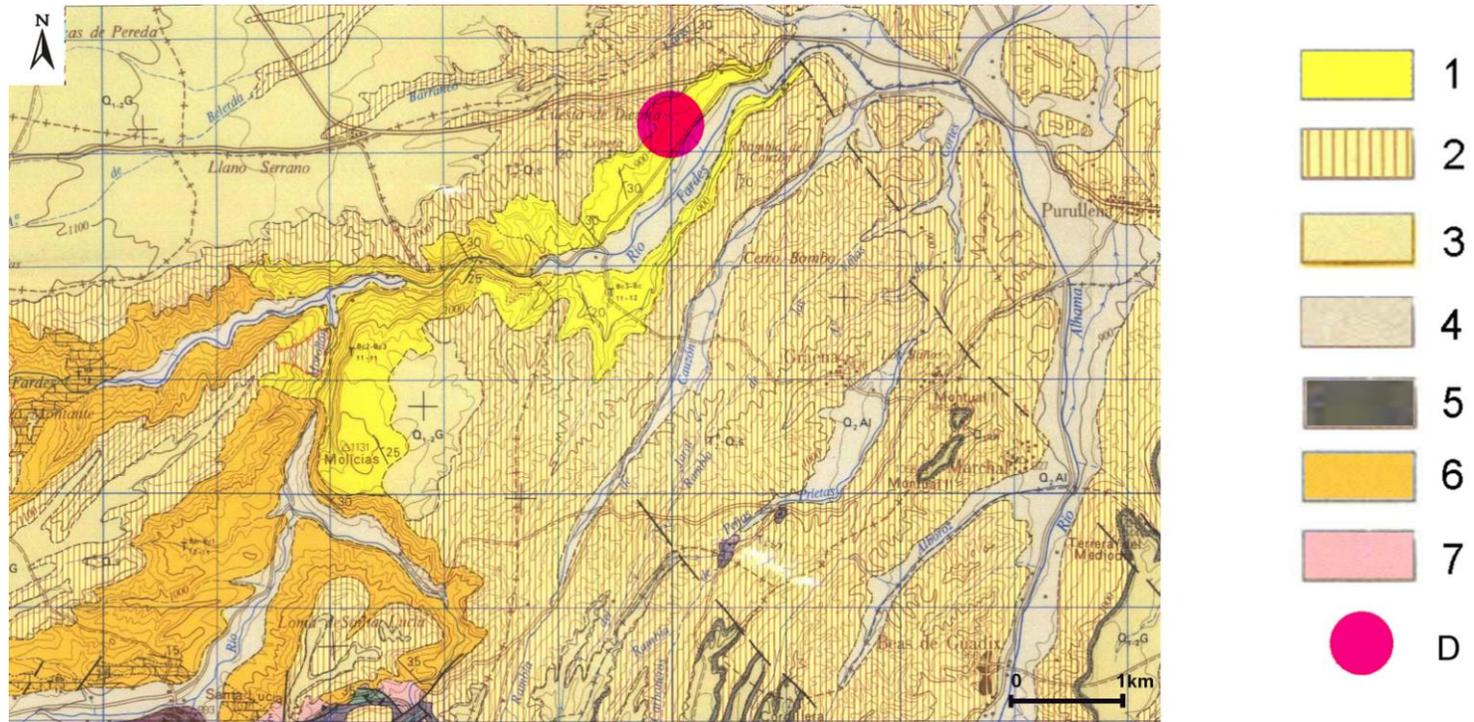


Figura 12. Mapa geológico del área noreste de Granada, tomando el pliego 1010 del Mapa Geológico de España⁹⁰. Leyenda: **1** – limos, arenas y algún conglomerado hacia arriba del Messiniense (Terciario); **2** – conglomerados y arenas del Plioceno (Terciario) y Pleistoceno (Cuaternario); **3** – gravas y arcillas con costras calcáreas del Cuaternario; **4** – aluviales del Holoceno (Cuaternario); **5** – limos y margas del Pleistoceno (Cuaternario); **6** – depósitos de Ramblas del Holoceno (Cuaternario); **7** – micaesquistos y cuarzoesquistos con granate y andalucita del Paleozoico superior; **D** – yacimiento de Diezma

⁹⁰Más información en el IGME, Magna 50 pliego 1010

Los yacimientos del área norte de Granada son Guadix (G) y Diezma (D), ubicados geológicamente en la Cuenca de Guadix.

Esta cuenca, como ya hemos comentado anteriormente, ocupa una parte del sector central de las Cordilleras Béticas sobre el contacto de las Zonas Internas y Externas de la cadena. Está formada por materiales depositados desde el Mioceno (Aquitaniense) hasta el Cuaternario (post Villafranquiense), si bien el Mioceno aflora únicamente en pequeños sectores localizados en los bordes de la depresión Guadix-Baza, y consta de niveles margosos y limosos, además de areniscas y conglomerados cementados con carbonatos. En discordancia con el Mioceno, los aportes del Plioceno ocupan la mayor parte de la depresión y están constituidos por materiales detríticos que presentan diferencias texturales según la posición respecto al borde de la cuenca (SEBASTIÁN PARDO et alii 1980). En SORIA et alii (1998) se han definido diferentes formaciones desde el Mioceno hasta el Cuaternario, basándose en características litológicas y sedimentarias diferentes: Formación Coto Cerrín, Formaciones Dehesas y Negrafín, Formación Río Gor, Formación Tamojares, Formación Guadix.

En el caso que nos ocupa, el yacimiento de Guadix está formado por depósitos aluviales del Holoceno (fig. 11), y Diezma está constituido por limos, arenas y algún conglomerado hacia arriba, del Messiniense (fig. 12).

GUADIX

Este yacimiento se encuentra a 500 m al suroeste de Guadix, con coordenadas $-3^{\circ}08'41''/37^{\circ}16'17''$ (fig. 13).

Ha sido ampliamente usado en el pasado y sigue siendo explotado en la actualidad. Presenta un alto grado de plasticidad, pero no excesivo, con lo que precisa pocas modificaciones para hacerla apropiada para el trabajo artístico.

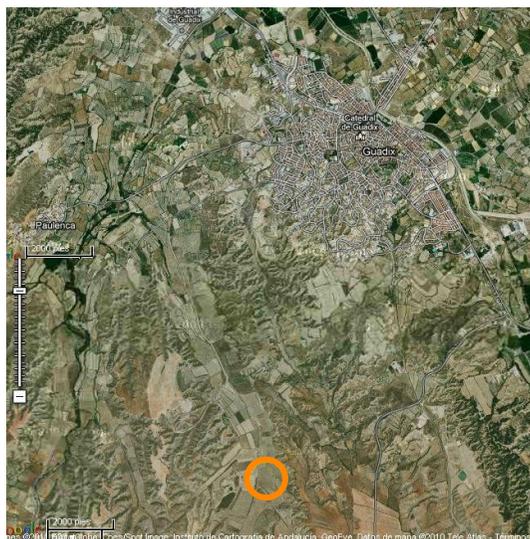


Figura 13. Localización del yacimiento en Guadix. Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015

DIEZMA

Bajando por la carretera que lleva desde Diezma hacia la Peza, en la penúltima curva antes de llegar al lecho del río Fardes, se encuentra la primera zona de extracción ubicada junto al tejár más antiguo.

Siguiendo el mismo camino, más adelante, en dirección Este, encontramos la segunda zona. Las coordenadas son $-3^{\circ}18'43''/37^{\circ}18'00''$ y $-3^{\circ}18'33''/37^{\circ}18'6''$ respectivamente (fig. 14).

Este yacimiento ha sido explotado por tres tejares cuyos restos se encuentran a lo largo de la carretera, actualmente abandonados, y cuenta con dos zonas de extracción bastante diferentes en tipo de



Figura 14. Localización de los yacimientos de Diezma. Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015

materia prima y características básicas. El desajelado se realizaba también por agua corriente, aunque en un recorrido mucho más corto, y las charcas de almacenaje ocupan una gran extensión bajo cada uno de los dos yacimientos.

Yacimiento 1:

-3°18'43''/37°18'00'. De arcilla fina y en estratos homogéneos, de aspecto plástico y grisáceo. Los frentes de explotación están bien definidos debido a su excavación, y tienen una profundidad máxima de 6,4 m (fig. 15).



Figura 15. Yacimiento Diezma gris con las zonas de muestreo de arcillas

Yacimiento 2:

-3°18'33"/37°18'6". Es un material mucho más rojizo y granulometría igualmente fina, y homogénea en sus estratos. Contiene vetas muy marcadas de arcilla de color que tiende al verde. Su altura total es de unos 14m, pero por la morfología de la ladera puede que la arcilla no se extrajera del propio frente arcilloso, como es el caso del Yacimiento 1, sino por el desprendimiento natural del mismo que se iba acumulando en el fondo de la ladera (fig. 16).



Figura 16. Yacimiento Diezma roja con las zonas de muestreo de arcillas

C.1.2.3. Sureste de Granada

Completando el elenco de yacimientos seleccionados, y al saber igualmente de la importancia que las arcillas del sur tuvieron para otros talleres menores de barristas y, sobre todo, para la elaboración de teja, se ha seleccionado al menos una ubicación que sirva como breve muestra de "la otra" tipología de arcilla extraída en Granada, como son los yacimientos casi gemelos de Monachil pueblo, y Monachil río.

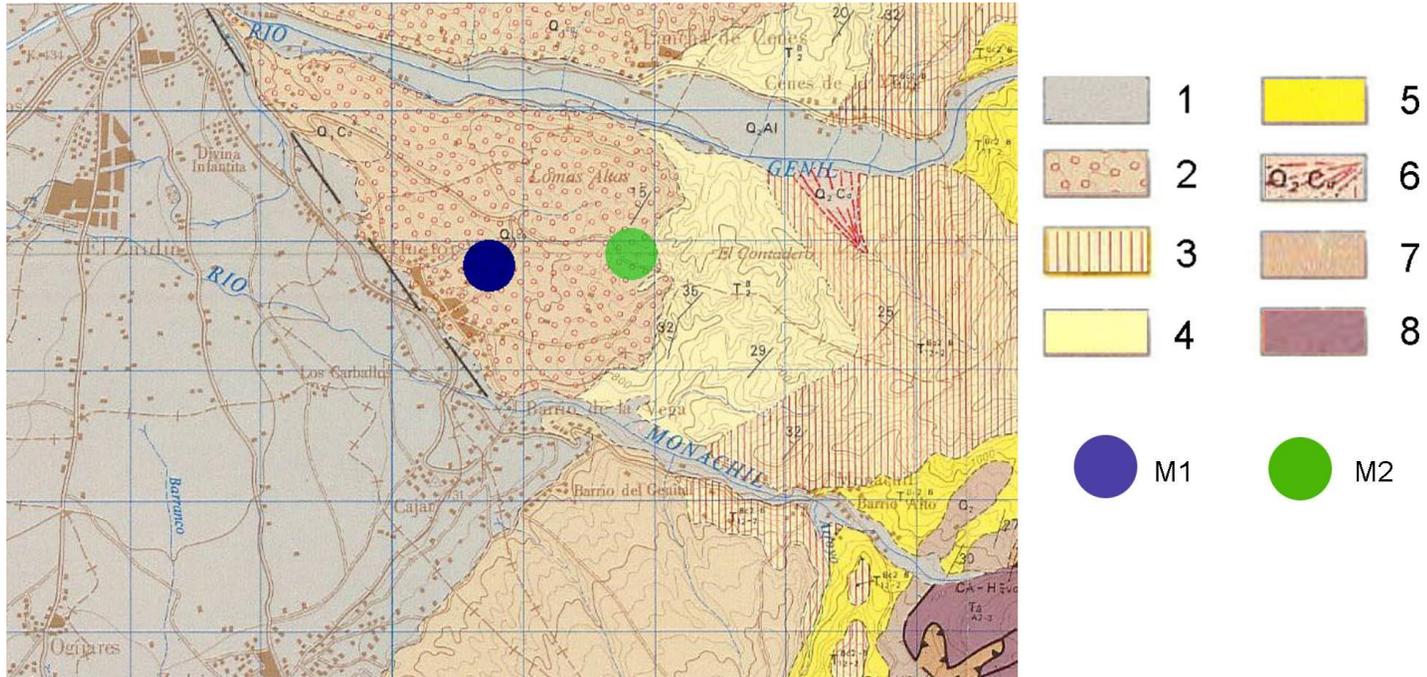


Figura 17. Mapa geológico del área sureste de Granada, tomado del pliego 1026 del Mapa Geológico de España⁹¹. Leyenda: **1** – aluvial del Holoceno (Cuaternario); **2** – conglomerados del Pleistoceno (Cuaternario); **3** – abanicos aluviales del Plioceno (Terciario); **4** – limos, arenas y conglomerados del Plioceno (Terciario); **5** – limos, yesos, arenas y conglomerados del Terciario; **6** – conos de deyección del Holoceno (Cuaternario); **7** – conos de deyección de Pleistoceno (Terciario); **8** – dolomías y mármoles dolomíticos “kafiríticas”; **M1** -yacimiento de Monachil 1; **M2** - yacimiento de Monachil 2.

⁹¹Más información en el mapa geológico del IGME, Magna 50 pliego 1026

Los yacimientos del área sureste de Granada, son el yacimiento de Monachil 1, ubicado en el pueblo, y Monachil 2, ubicado en la vera del río, ambos se ubican geográficamente en la Cuenca de Granada, ya descrita en el apartado C.1.2.1.

En este caso, están conformados por conglomerados del Pleistoceno (fig. 17).

MONACHIL

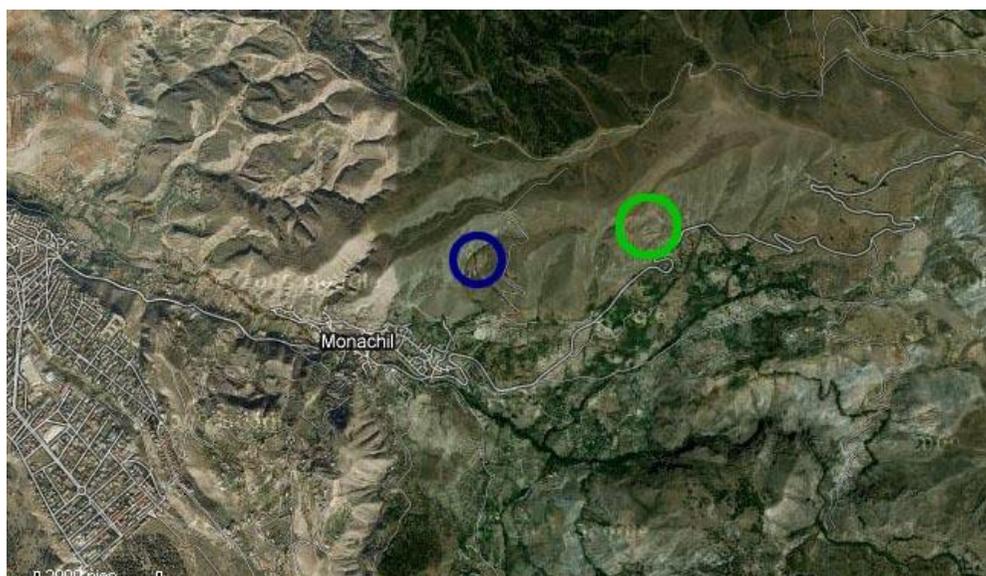


Figura 18. Localización de los yacimientos de Monachil. Imagen extraída de Google, Instituto Geográfico Nacional, ©2015

Yacimiento 1: se encuentra a 500 m al noroeste del pueblo, y se accede por la carretera de entrada a Monachil (GR-3202), desviándose por la carretera de El Purche. En la segunda curva pronunciada se encuentra la entrada al tejero que hasta 1990 explotaba la cantera, encontrándonos con un frente abierto muy profundo. Sus coordenadas son - 3°32'1''/37°8'5'' (fig. 19).



Figura 19. Yacimiento de Monachil 1

Según informan los propios habitantes, este yacimiento era el de mejor calidad, utilizado preferentemente para la elaboración de teja, y por la profundidad de las zonas trabajadas podemos comprobar que ha sido muy explotado, ya que su frente de extracción tiene una altura superior a los 8 m (fig. 19).

Consta de tres niveles de altura de los cuales dos han sido trabajados con maquinaria pesada, de la que podemos ver marcas en la figura 19. Además, se trata de una cantera que posee tanto vetas de una finura y dureza considerable (que dan lugar a arcillas más grises y plásticas), intercaladas con otras más amarillentas y desgranadas (que aportan mayor esqueleto y firmeza), como otras compuestas por granos de aspecto nacarado y una granulometría mucho mayor. Se puede deducir que la cantera tradicional sí que constaba de una charca de acumulación, hoy en día muy

mermada por la gran profundidad a la que se ha seguido excavando la montaña, pero aún visible perfectamente.

Como se puede comprobar por la forma estratigráfica del terreno, las vetas de material son diagonales, con lo que tanto en la zona inferior como en la superior mantienen las mismas propiedades y composición.

Yacimiento 2: se ubica a 1 km al sur del pueblo, accediendo desde el Camino de la Cuesta al camino que circula paralelo al río Huenas. Para poder llegar al yacimiento, una vez nos encontramos a 1 km del pueblo debemos tomar una vereda estrecha que asciende en sentido inverso. Sus coordenadas son $-3^{\circ}32'6''/37^{\circ}7'25''$ (fig. 18).



Figura 20. Yacimiento de Monachil 2

De mucha menor envergadura, se comprueba visualmente que se ha tratado de una explotación tradicional y manual, sin uso de maquinaria pesada como era el caso del Yacimiento 1. Es mucho más homogénea en sus estratos y contiene mayor cantidad de materia orgánica precisamente por su poca profundidad, y aunque también dispone de una zona de *deszajelado* no existe charca de almacenaje, seguramente por la poca cantidad de material que se extraía (fig. 20).

C.1.3. Elaboración de las probetas

Este apartado no se limita a la elaboración de las probetas y su cocción, sino que incluye también todas las fases previas de procesamiento de la arcilla, comenzando por la extracción de material del yacimiento, y se extiende hasta su secado final, cocción y almacenamiento definitivo. Todo este proceso contiene una gran cantidad de factores a tener en cuenta, que van desde las condiciones en las que se va a trabajar hasta el establecimiento de un método sistemático paso a paso para aplicar a todas las muestras los mismos procesos en las mismas condiciones, pasando por determinar el número de piezas a fabricar y su forma.

Es necesario establecer todas estas condiciones de antemano, plantear todo el trabajo de forma teórica, justificada y razonada incluso antes de acceder in situ a los yacimientos para extraer la arcilla, porque cuestiones incluso relativas a cuánta cantidad de material extraer de cada veta y estrato, estarán estipulados por el uso que de ellos se vaya a hacer y los objetivos que se persigan.

Tras este planteamiento preliminar de los procesos, se procedió a la fabricación de las probetas en sí siguiendo todos esos parámetros de forma sistemática, en términos de secado, pudrición, cribado, amasado, modelado, conformación de la probeta, secado, cocción, enfriamiento y almacenado.

C.1.3.1. Justificación de la conformación de probetas

Antes de comenzar siquiera la extracción de la arcilla, se plantea el modo de crear las simulaciones actuales, lo cual incluye la cantidad de piezas necesarias, los procesos por los que van a pasar, el tamaño y forma de las mismas, las herramientas y útiles necesarios para elaborarlas, e incluso la necesidad de reservar cierta parte del material. Todo el planteamiento teórico se organiza en base a varios objetivos con la creación de los supuestos:

- 1.** Conseguir unas muestras representativas de las arcillas de cada yacimiento, utilizadas en el rango temporal estipulado (ss. XVII-XIX)
- 2.** Reproducir la tecnología tradicional, tanto en materiales como en procesos.
- 3.** Conseguir rigurosidad en los resultados de los análisis, lo que incluye contar con un número suficiente de supuestos a analizar, elaborados sin contaminaciones, variaciones en los procesos, etc., para que tan sólo influyan en su reacción las propiedades específicas de cada tipo de arcilla y la tecnología general y sistemática aplicada por igual a todas ellas.

Estas tres líneas básicas de trabajo obligan a tener en cuenta una gran cantidad de factores, que se definen en el planteamiento teórico de todas y cada una de las fases.

Extracción de muestra

Para conseguir una muestra representativa de las arcillas de cada yacimiento, se han seleccionado las zonas que documentalmente, ya sea por noticias escritas u orales, han sido de explotación más antigua. Atendiendo a factores tanto antropológicos como temporales, y comprendiendo que en el pasado se comenzaron a explotar los yacimientos a partir de los estratos más cercanos a la superficie, se ha prestado especial atención a la profundidad del yacimiento: en cortes verticales de gran altura, se han seleccionado tres o cuatro franjas de extracción de muestras según la altura total del yacimiento, tomando muestras también a nivel de suelo donde se encuentra el material deszajelado, y también en varias alturas de dos metros de distancia entre unas y otras, hasta llegar a la superficie.

Si dichos yacimientos verticales no han sido tratados por deszajelado, sino que hay marcas claras de extracción con maquinaria, se tomaron muestras solamente de aquellos niveles superiores, relativos a la explotación tradicional, con el mismo procedimiento.

Otra característica a tener en cuenta es la presencia de varias vetas de material diferente, caso en el que se han tomado muestras de todas las vetas presentes en el yacimiento, realizando la mezcla para crear la probeta solamente en los casos en los que se sepa con seguridad que esa era la práctica habitual del yacimiento. No obstante, sus propiedades en crudo se analizarán también por

separado para conocer el efecto de cada una de las tipologías de arcillas contenidas en un mismo yacimiento.

Procesado de la arcilla

Para reproducir la tecnología tradicional de procesado de la arcilla y posterior conformado de las piezas, se clasifican las etapas de producción en el mismo orden que previamente vemos reflejado en el apartado D.1.2.2.: recogida, secado, pudrición, batido, cribado, mezcla, cuajado, amasado, modelado, secado, cocción, inmersión en agua, secado final, almacenado. Estudiando detenidamente cada uno de estos procesos, se definen las herramientas y útiles necesarios para llevarlas a cabo, construyendo los instrumentos necesarios.

Se plantea la recogida por medios manuales, con pala metálica, almacenando cada tipo de arcilla en contenedores aislados de plástico para evitar la contaminación entre ellas. Se planteó disponerlas en grandes superficies plastificadas para secar el material y deshacer los terrones más grandes con maza de madera. Se dispuso utilizar contenedores de gran envergadura para poder dejar reposar las arcillas en el proceso de pudrición, suficientemente grandes para permitir su batido. La criba se realiza mediante tamices de 600 μm , pasando las arcillas purificadas a otro contenedor que permita su mezcla de ser necesario. Las cantidades de arcillas a mezclar se pesan mediante balanza electrónica, volviendo a los contenedores para batirlos y mezclarlos

concienzudamente. Se disponen mesas, también plastificadas, para el cuajado de la masa y su amasado.

Durante todos los procesos en húmedo se utiliza agua destilada y desionizada, ya que aunque no conocemos la composición de las aguas naturales usadas en la antigüedad, seguramente de composición ligeramente diferente según cada yacimiento, sí evitaríamos así que las piezas actuales se contaminaran con los productos utilizados actualmente para purificar el agua potable.

Conformación de las probetas

Respecto a la forma y tamaño de las piezas, debía igualmente ser similar a las muestras que se manejarán de la obra artística, deben tener sus mismas características, y por ello, sabiendo que la mayoría de las obras son piezas huecas de grosor regular no mayor de 3 cm, aunque sí puede ser mucho más fino hasta llegar a los 1,5 cm según el tamaño de la escultura, se decide elaborar probetas en forma rectangular, con unas dimensiones de 10x4x1,7 cm. Este tamaño permite igualmente hacer ensayos de contracción lineal y volumétrica.

El molde para configurarlas se realiza con envergadura suficiente para contener toda la arcilla a usar de un mismo yacimiento, con un sistema que permita retirarlo con la arcilla aún en húmedo, y tras un primer secado poder cortar las probetas, reproduciendo del mismo modo la tecnología del seccionado y vaciado de la escultura en textura de cuero. Así el secado es similar al de la obra real, y

también lo es su contracción lineal y volumétrica. Para la mejor homogeneidad de las probetas se idea un sistema de listones de madera unidos por bisagras que formarán una estructura rectangular de dimensiones 15,5 x 10 x 4,2 cm. Dicho bloque se seccionaría en 9 probetas de 1,7 cm de grosor con un pequeño resto. Este molde, una vez lleno de arcilla puede desensamblarse para retirarlo sin peligro.

Para que no se pegara la arcilla húmeda en el interior del molde, y sabiendo que la práctica tradicional de la reproducción por moldes incluía que éste fuera poroso y absorbiera parte del agua de la masa arcillosa, se unta el interior del molde con una finísima capa de la misma arcilla de fabricación de las probetas (evitando así añadir materiales externos que pudieran contaminar la muestra) y se dejasecar, de forma que al llenar el molde con arcilla húmeda, la fina capa de arcilla seca sirva de desmoldeante para que al retirar el molde de madera la pieza quede en perfecta configuración sin sufrir tensiones de ningún tipo. La cantidad de arcilla seca adherida al molde es lo suficientemente escasa como para evitar la adhesión sin crear una costra seca en la superficie del bloque conformado, al humectarse en el mismo momento de separar el molde, sin producir tampoco ningún efecto de secado diferencial.

Posteriormente se procede al cortado, marcada la distancia exacta con una rejilla construida con las dimensiones exactas, utilizando un hilo acerado como solía hacerse para el seccionado de la escultura, dividiendo el bloque general en las probetas antes estipuladas.

En este momento se marcarán las dos señales estándar que permitirán, tras su nueva medida una vez secas y luego cocidas las piezas, controlar el grado de contracción que hayan sufrido.

Para que su secado sea homogéneo por todas sus caras sin sufrir deformaciones, al impedir el soporte de base la evaporación de agua, se preparan paneles de madera sin barnizar que no absorban en exceso el agua, pero sí permitan a las piezas secar lentamente por la superficie de contacto, y en un segundo momento se terminan de secar sobre rejillas para permitir la circulación de aire por la zona inferior.

Para que la cocción de las piezas cubra el rango más habitual de cocción de las esculturas en terracota, se deciden realizar tres cocciones en las temperaturas seleccionadas como las más representativas dentro del rango de la terracota: 850, 900 y 950 °C.

Para tener rigurosidad científica, los análisis aplicados deben ser comparativos mínimo de tres piezas, lo que permite comparar los resultados aportados por las tres, comprobar el porcentaje de error y poder definir que el análisis ha dado resultados representativos del material al completo, sin verse influido por contaminaciones de ningún tipo. Por ello elaborar tres probetas para cada temperatura de cocción, lo que supone un total de 9 probetas por yacimiento.

Con la finalidad de evitar contaminaciones y para reproducir todos los pasos de tratamiento de la arcilla cruda en las mismas condiciones para todos los yacimientos, se utilizar una ubicación interior con temperatura de 18 °C y humedad ambiental controlada del 65%.

Cocción

Respecto a la cocción, realizada en un horno eléctrico controlando así perfectamente el proceso y reduciendo la posibilidad de deterioros, con lo que se dispondrá de ejemplares sanos que caracterizar, asegurando sus propiedades antes del deterioro. Tanto los tiempos de cocción como la velocidad de aumento de temperatura y los rangos de mantenimiento de las condiciones son de vital importancia para asegurar la obtención de piezas o probetas sin deterioros, por lo que este proceso es estrechamente controlado en todo momento, siguiendo las pautas establecidas por la bibliografía que veremos en el apartado D.3.1.3.2.

Determinadas las pautas previas, se define el proceso de recogida de la arcilla, se construyen los instrumentos necesarios, y se procede a cocerlas.

C.1.3.2. Elaboración de las probetas

Extracción de muestra

La cantidad de material extraído de cada afloramiento de arcilla ha sido de un peso mínimo de 5 kg. Se han recogido por medios manuales, almacenándolas aisladamente unas de otras para evitar contaminaciones.

BEIRO: Se ha extraído una muestra de material a 1,5m de altura medidos desde el nivel de suelo, tratando de obtener un modelo representativo de la arcilla que podía ser usada.

DIEZMA: Yacimiento 1. Gris. Tiene una potencia máxima de 6,4 m. por lo que se ha efectuado una toma de muestra en tres alturas: 3m y 6m de altura medidos desde el suelo, por si las diferencias de composición fueran significativas, y otra a nivel del suelo donde todo el material se encuentra mezclado, y donde seguramente se encontraba la charca de almacenaje.

Yacimiento 2. Roja. Tiene una potencia máxima de 14m. Se han tomado muestras acumuladas en la base del yacimiento, donde había más acumulación de material desprendido, de 4 m de altura, 8 m y 12 m de altura medidos desde el suelo para comprobar si existen diferencias significativas en la composición.

CAMINO VIEJO DE EL FARGUE: La muestra extraída se ha obtenido de una altura de 3m medida desde el suelo, en el frente norte de la cantera, el que se encuentra visualmente más completo en estratos de profundidad y donde presenta cualidades más apropiadas como tierra arcillosa de alfarero.

GUADIX: La muestra tomada consta de una mezcla de varios estratos, de una gran similitud entre ellos, del frente de extracción señalado como el más antiguo, a una altura media de 2m desde el nivel del suelo.

JUN: Se han extraído cuatro muestras, una de cada tipo de arcilla a una altura media de 1,5 m medida desde el suelo, y otra con la

mezcla de las tres arcillas en proporciones iguales. Los tipos de arcilla se diferencian por su color y textura diferentes.

MONACHIL: Yacimiento 1. La zona de explotación tradicional tiene una altura máxima de 4m, siendo de otros 5m la zona de extracción con maquinaria. Está estratificado en tres tipos de arcilla de veta muy marcada, diferenciados principalmente por su color. Se encuentran en estratos paralelos y con cierto buzamiento hacia el este. Por eso en este caso se han tomado las muestras, no guiándonos por la altura sino por la tipología de arcilla: arcilla gris, arcilla rubia y arcilla de aspecto nacarado. Por la morfología de la extracción en el propio yacimiento, su explotación se realizó de forma homogénea en las tres vetas, que se deszajelaban de manera natural por el mismo sistema de Jun a la charca de almacenamiento que se encuentra al fondo de la ladera⁹².

Yacimiento 2. La muestra tomada ha sido homogénea por la poca profundidad del yacimiento, de una altura media de 1,5m medidos desde la superficie, por el frente sureste de la cantera, que se encuentra más completo, ya que el norte se encuentra demasiado invadido de vegetación y el oeste se ha visto desmoronado por completo por las lluvias de la primavera de 2010.

VIZNAR: La muestra ha sido extraída de la charca más antigua usada para el almacenaje del material cribado, abandonado su uso hace casi un siglo.

⁹² Conversación mantenida con el actual propietario del tejat, el señor Fernández Mesa

Procesado de la arcilla



Figura 21. Mezclado manual de la arcilla en humectación



Figura 22. Cribado de la arcilla por tamiz con luz de 600 μm



Figura 23. Reposado al aire de la arcilla



Figura 24. Textura de la arcilla con humedad óptima

Tras dejar secar al aire la tierra arcillosa durante tres días, desmenuzando los terrones más grandes hasta comprobar que la evaporación de agua era total en aquellas muestras que se tomaron húmedas, se pusieron a pudrir durante 3 semanas en agua

desionizada obtenida del desmineralizador OSMO BL 6 de la Sociedad Española de Tratamiento de Aguas, cambiando el agua cada dos días. Durante el proceso, tras cada cambio de agua se batió la arcilla para homogeneizar la humectación de la masa (fig. 21), aprovechando para romper algunos grumos más compactados. Para emular el efecto del *deszajelado* tradicional, tras dejar decantar la arcilla se tamizó en húmedo con una criba con luz de 600 μm (fig. 22), pasándola después a otro contenedor. Las arcillas que precisaban ser mezcladas se midieron en peso a partes iguales mediante la balanza eléctrica METTLER PM con una precisión de 0,1g, y se mezclaron en este momento, cuando la masa, aún bastante húmeda, permitía batirlas juntas y conseguir una mezcla homogénea. Posteriormente se dejó reposar la masa hasta que evaporara el resto de agua sobrante.

Cuando el barro estaba cuajado, se sacó del contenedor para dejarlo reposar extendido sobre una superficie aislante (fig. 23), hasta que el porcentaje de humedad era correcto para su manejo y amasado, porcentaje que se comprobó de forma empírica (su textura permitía conformar una bola sin que quedara material adherido a las manos y abrir orificios en él sin que se formaran grietas, fig. 24). Cada tipo de arcilla precisó un porcentaje de humedad diferente debido a sus propias características, que rondaron entre un 18-26% medida en volumen⁹³.

⁹³El análisis de la manejabilidad de las tierras arcillosas según el agua de amasado se realizará en el apartado C.1.4.2., figura 66

Conformación de la probeta

Para darle forma a la probeta se ideó un sistema que permitiera realizar todas las piezas con el mismo grado de amasado, compactación, forma, tamaño y tratamiento, ya que los análisis posteriores aplicados a todas ellas no debían verse afectados por diferentes métodos de elaboración para poder ser representativos.



Figura 25. Aplicación de barbotina en el molde



Figura 26. Relleno por presión del molde



Figura 27. Presionado de tipo escultórico



Figura 28. Alisado superficial de la probeta



Figura 29. Primer secado dentro en el molde



Figura 30. Extracción del molde



Figura 31. Marcado para el corte



Figura 32. Corte de las probetas

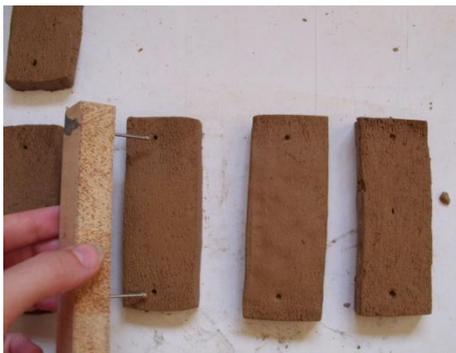


Figura 33. Marcado para la medida de la contracción lineal



Figura 34. Secado de las probetas sobre una rejilla

Se untó con *barbotina* la superficie de contacto entre molde y la arcilla, y se dejó secar por completo (fig. 25). Se amasó la tierra arcillosa de forma concienzuda, y, colocando el molde sobre una superficie aislante, se aplicó el barro en el molde “por apretón” (figs. 26 y 27), para simular el trato que recibiría la pasta tanto en el modelado como en la elaboración de escultura por moldes, igualando la superficie para que quedara un bloque regular (fig. 28). Tras un ligero secado dentro del molde (fig. 29) se retiró éste (fig. 30) y se pasó el bloque a una madera sin barnizar. Cuando el barro había perdido agua suficiente para hacerlo resistente y no deformable al tacto, se marcaron las líneas de corte con una rejilla (fig. 31) y se cortaron las probetas con un hilo acerado (fig. 32), colocándolas sobre otra superficie de madera, donde se clasificaron respecto a la letra del yacimiento, número de probeta y temperatura de cocción, además de realizar las marcas que permitirán medir la contracción lineal en las probetas, mediante un puntero de dos puntas en forma de U con una distancia controlada entre los dos extremos, de 8 cm (fig. 33).

Se dejaron secar las probetas crudas de forma natural en un laboratorio de condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (18-20 °C y 65%), durante 15 días siguiendo el método tradicional (fig. 34). De esta forma, se obtuvieron las probetas de las características y proporciones precisadas (fig. 35).



Figura 35. Conformación de las probetas y designación de sus superficies

Cocción

Una vez secas, se procedió a la cocción de las piezas en el horno eléctrico Herotec modelo CR-35, con un visualizador de temperaturas JUMO LAN M, a las siguientes temperaturas: 850 °C, 900 °C, 950 °C. La progresión de la cocción de las probetas se estableció como sigue:

Tabla 7. TEMPORIZACIÓN DEL CALENTAMIENTO		
TEMPERATURA (°C)	REGULACIÓN TERMOSTATO	TIEMPO (min)
0	0	-
100	0	60
200	0	5
250	0	3
300	0	5
350	0	5
400	0	5
450	0	9
500	0	10
550	1	13
600	1	16
650	2	11
700	2	13
750	3	10
800	3	12
850	3	33
900	3	16
950	3	180
TIEMPO TOTAL		406

Tras un calentamiento en estufa a 100 °C durante 4 horas, las probetas se colocaron en mufla, apoyadas sobre el canto. Antes de aumentar gradualmente la temperatura, se mantuvieron durante 1 hora más a 100 °C para eliminar completamente el agua que pudiera haber quedado en su interior.

Se incrementó la máxima temperatura, con regulación de intensidad de energía para que el ascenso de la misma no fuera muy brusco. En la Tabla 5 y en la figura 36 se muestra la progresión de calentamiento de las muestras.

Alcanzada la temperatura máxima se mantiene esa temperatura durante 3 horas más para asegurar una cocción uniforme de la pieza, especialmente en su parte interna.

A continuación se apagó el horno y el enfriado fue gradual tardando alrededor de 8 horas.

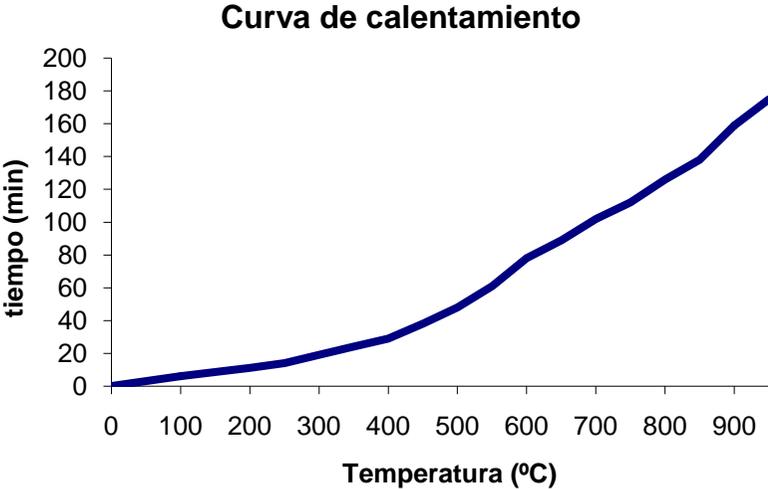


Figura 36. Curva de calentamiento de las muestras en el horno. Temperatura (en °C) versus tiempo (en minutos)

Al sacar las piezas del horno, se sumergieron en agua durante 5 horas para evitar posibles estallidos por caliche por la reacción de

los carbonatos (si estuvieran presentes en la materia prima arcillosa) con la humedad ambiental⁹⁴.

C.1.3.3. Resultados

Antes de comentar los primeros resultados obtenidos, para la clarificación en la exposición de los mismos, las muestras se han siglado de la siguiente manera:

B – Río Beiro

D1 – Diezma gris, nivel del suelo

D2 – Diezma gris, altura 3 m

D3 – Diezma gris, altura 6 m

DR1 – Diezma rojo, nivel del suelo

DR2 – Diezma rojo, altura 4 m

DR3 – Diezma rojo, altura 6 m

DR4 – Diezma rojo, altura 8 m

F – Camino viejo de El Fargue

G - Guadix

J1 – Jun veta 1

J2 – Jun veta 2

J3 – Jun veta 3

Jm– Jun mezcla

M1a – Monachil yacimiento 1, arcilla gris

M1b – Monachil yacimiento 1, arcilla rubia

M1c – Monachil yacimiento 1, veta de grano grueso

⁹⁴ LAIRD & WORCESTER (1956)

M1 – Monachil yacimiento 1, mezcla arcilla gris y rubia

M2 – Monachil yacimiento 2

V – Camino de Víznar

A estas siglas por la muestra de cada yacimiento, se le añadirán seguidamente el valor numérico del grado de cocción al que han sido sometidas, por ejemplo en Beiro (B), si está cocida a 850 °C, la muestra se llamará B850. Al haber tres probetas de cada temperatura, se denominan por números romanos, es decir, B850 I, B850 II y B850 III en el mismo ejemplo.

Respecto a las probetas cocidas a **850 °C**, al sumergirlas en agua tras la cocción, las tres probetas de F se han fracturado debido presumiblemente a la gran cantidad de carbonato de calcio y/o magnesio presente en su composición, dejando en la superficie del agua una característica película blanca de recarbonatación del óxido de calcio. Dr1, Dr2, D2, G, J y V no muestran esa pátina en el agua. Finalmente, B, D1, D3, M1 y M2 presentan un comportamiento intermedio, es decir, cierta presencia de partículas blancas que son más abundantes en las piezas de B.



Figura 37. Rotura de las muestras Dr1 y Dr2 durante la cocción a 850 °C

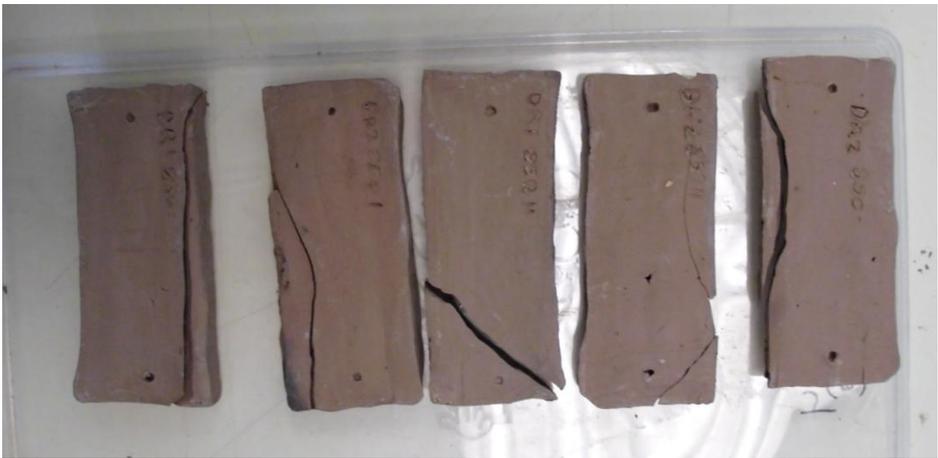


Figura 38. Resultado de la rotura de probetas Dr1 y Dr2 tras la cocción a 900 °C



Figura 39. Aspecto moteado de la textura de las muestras de Dr1



Figuras 40 y 41. Rotura tras la inmersión de las muestras cocidas F (nótese el aspecto turbio del agua), y aspecto cristalino del agua donde se sumergieron las piezas cocidas de D1, respectivamente.



Figura 42. Aspecto de las muestras de F850 I, F850 II y F850 III tras su rotura.

Todas las probetas Dr1 y Dr2 sufrieron un estallido dentro del horno al llegar a los 300 °C, lo que puede deberse a la liberación de gases por combustión de materia orgánica en una arcilla muy plástica más que a un exceso de humedad en las muestras ya que la rotura de las piezas tendría que haber ocurrido a una temperatura más baja (figs. 37 y 38). Además debe tenerse en cuenta que las muestras se secaron a 100 °C por un periodo total de 5 horas. La

hipótesis del desarrollo de gases por presencia de materia orgánica y que éstos tuvieran dificultad en salir de las piezas parece confirmarse por el desarrollo de un corazón negro. Otro dato a tener en cuenta es que en Dr1 se observó una textura moteada de color blanquecino en la superficie (fig.39), lo que puede sugerir la presencia de pequeños granos de carbonatos que sufrieron un proceso de calcinación por encima de los 700 °C.

Se utilizaron las probetas reservadas para imprevistos de los yacimientos Dr1 y Dr2, que se secaron durante más tiempo en estufa. Tras una nueva cocción a 850 °C, las probetas siguieron agrietándose.

En cuanto a las probetas cocidas a **900 °C**, las F, al sumergirlas en agua, se fracturaron de una manera parecida o incluso más acusada que las cocidas a temperatura más baja. Todos los demás yacimientos no presentaron problemas al sumergirlas en agua (fig. 41) excepto B, que mostraba cierto enturbiamiento del agua.

En el caso de Dr1 y Dr2 algunas de las probetas se agrietaron, por lo que fue necesaria una segunda cocción de algunas de las probetas. Igualmente, presentaban corazón negro, y las probetas de Dr1 estaban moteadas, mientras que las de Dr2 estaban limpias en superficie.

Por último en las probetas de **950 °C**, en las tres correspondientes a F fue imposible obtener piezas íntegras por la aparición de importantes grietas, aunque sí son más compactas que las cocidas a temperaturas más bajas (figs. 40 y 42). Todos los demás yacimientos no mostraron defectos a simple vista, y tras las

experiencias anteriores las piezas de Dr1 y Dr2 se secaron durante más tiempo antes de la cocción. Gracias a esto, la cocción finalizó sin percances.

C.1.3.4. Discusión de resultados

Los datos obtenidos tras la cocción de las piezas sugieren que los yacimientos con mayor cantidad en carbonatos (calcita y/o dolomita) son en primer lugar Fargue y en menor medida B, D1, D3, M1 y M2. Estas suposiciones deberán confirmarse mediante el estudio de la mineralogía por difracción de rayos X.

En cuanto al comportamiento de Dr1 y Dr2, tanto en la aparición de grietas después de la cocción como por la presencia de corazón negro en su interior, sugiere que son muestras con tamaño de grano muy fino⁹⁵, además de presentar una mayor cantidad de materia vegetal u otras sustancias reductoras⁹⁶.

C.1.4. Análisis y caracterización de la arcilla cruda

Una vez realizadas las probetas, el siguiente paso es llevar a cabo los análisis para medir todas aquellas características que nos definan la implicación que han tenido los diferentes componentes y procesos de fabricación en el producto final. Se van a dividir los análisis en

⁹⁵ CERDEÑO DEL CASTILLO et alii (2000)

⁹⁶ GREDMAYER (2011), TITE (2008), MARITAN et alii (2006) y PAVÍA (2006)

dos fases: caracterización de la materia prima arcillosa y caracterización de la probeta.

En la primera fase se aplicarán una serie de análisis al material crudo, sin elaborar y tras su elaboración previa a la cocción. Esta caracterización servirá en primer lugar para conocer en profundidad el material de base del que va a surgir la terracota, y con el cual se pueda después comparar ésta para definir con seguridad la proveniencia de las alteraciones y los productos transformados posteriormente en la masa cerámica.

La segunda función de los análisis del material en crudo es descartar aquellos niveles del mismo yacimiento cuyo comportamiento fuera muy similar o prácticamente idéntico y, por tanto, no aporte información diferente tras la cocción de las probetas. De este modo, se reduce también el número de tierras arcillosas a elaborar para ser conformadas en probetas, eliminando un exceso de trabajo innecesario.

En una segunda fase se analizarán las probetas cocidas para comprobar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Dentro de esta segunda fase será necesario definir y justificar la metodología y la cantidad de muestra necesaria para cada análisis, además de la organización del orden de aplicación de las técnicas y ensayos de forma lógica y razonada, comenzando por aquellos no destructivos, poco destructivos y no contaminantes, hasta los destructivos y contaminantes, que permitan utilizar las mismas muestras para todos los procesos. Así podremos establecer el orden

más apropiado de aplicación de las técnicas de análisis a la obra real.

C.1.4.1. Difracción de rayos X de arcilla sin procesar y procesada

METODOLOGÍA

La mineralogía del material en crudo, tanto la muestra total como la fracción arcilla, ha sido estudiada por medio de XRD utilizando un equipo Philips PW 1710 con monocromador de grafito y colimador automático. Las condiciones de trabajo han sido: emisión de radiación $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1,5405\text{\AA}$), 40kV de voltaje, 40mA de corriente, de 3° - 60° 2θ explorados de área a una velocidad de goniómetro de $0,05$ $2\theta\text{s}^{-1}$. El calibrado de goniómetro de XRD se hizo mediante un estándar de silicio.

Se ha usado el método de polvo cristalino para la muestra total cruda, y el de agregados orientados para la fracción arcilla. Para la separación de la fracción $<2\mu\text{m}$ de la muestra total se ha utilizado la centrifugadora Kubota KS-8000.

Para la interpretación de los datos extraídos se ha manejado el software X Powder^{®97} y se ha llevado a cabo un análisis semicuantitativo de las fases minerales. Se han empleado la base de datos PDF2 y el RIR Normalizado para identificar las fases minerales, sin añadir estándares internos minerales a las muestras. Para estimar más correctamente la cantidad de fase amorfa desarrollada en las

⁹⁷MARTÍN RAMOS (2004)

muestras por cocción, se ha considerado la proporción de cuarzo identificada como medida estándar⁹⁸, por lo que debemos entender los resultados aportados en este aspecto como aproximados.

En primer lugar, en el caso de la muestra total se analizan todas las muestras extraídas de cada yacimiento: de Beiro, Fargue, Guadix, Monachil 2 y Víznar se obtuvo una sola muestra (B, F, G, M2, V); de Diezma gris se extraen tres muestras (D1, D2, D3), cuatro en Diezma roja (Dr1, Dr2, Dr3, Dr4), dos en Monachil 1 (M1a, M1b) y tres en Jun (J1, J2, J3) más la pasta arcillosa que mezcla las vetas de Monachil (M1m) y Jun (Jm).

Se estudia la mineralogía de todas estas muestras, previamente a su tratado, para comprobar sus diferencias o similitudes en composición mineralógica, y una vez confrontados los datos, se procesa exclusivamente la tierra arcillosa que presenta diferencias de composición evidentes, o cuyo uso conjunto se conoce por documentación.

En cuanto a la extracción de la fracción arcilla, se estudia si la naturaleza y proporción de los minerales arcillosos es similar entre las muestras de los diferentes yacimientos, confirmando la selección de aquellas tierras arcillosas que se seleccionarían definitivamente para su procesamiento en probetas. Para este proceso se colocaron 15 g de muestras en 600 ml de agua. Se llevó a cabo la eliminación de materia orgánica, carbonatos y yeso en aquellos yacimientos que lo precisaron, comprobando que con ello no se había afectado al

⁹⁸HUERTAS et alii (1991)

resto de la mineralogía realizando controles periódicos por XRD. La eliminación de materia orgánica se realizó mediante la aplicación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en proporción 1:6 en agua, repitiendo el tratamiento de ser necesario con lavados intermedios, si se observaba reacción continuada en el tratamiento de las muestras. La eliminación de carbonatos y yeso se hizo mediante ácido acético (CH_3COOH) diluido en agua en proporción 1:100, repitiendo varios ciclos con lavados intermedios si se apreciaban reacción entre ácido y carbonatos de las muestras.

Sucesivamente se procede a la concentración de las muestra, eliminando el agua sobrante mediante centrifugación hasta en 9 ciclos de precisar la muestra.

Para el estudio de la fracción arcilla se utiliza el método de agregado orientado (AO), que consiste en la sedimentación de una suspensión de la muestra en un portamuestras de vidrio. Sobre estos portamuestras se realizaron los siguientes tratamientos: la primera muestra se reservó sin tratamiento; el segundo se solvató con etilenglicol en estufa a $60\text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 horas⁹⁹, método que permite identificar minerales hinchables como las esmectitas y cloritas; el tercero se solvató con dimetilsulfóxido a $80\text{ }^\circ\text{C}$ durante 72 horas¹⁰⁰, método que nos confirma la presencia de caolinita; la cuarta y última muestra se calienta a $550\text{ }^\circ\text{C}$ durante 90 minutos¹⁰¹, proceso que destruye la caolinita y corrobora la presencia de clorita.

⁹⁹BURTON (1955)

¹⁰⁰GONZÁLEZ GARCÍA & SÁNCHEZ (1968)

¹⁰¹MOORE & REINOLDS (1989)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN - Muestra total

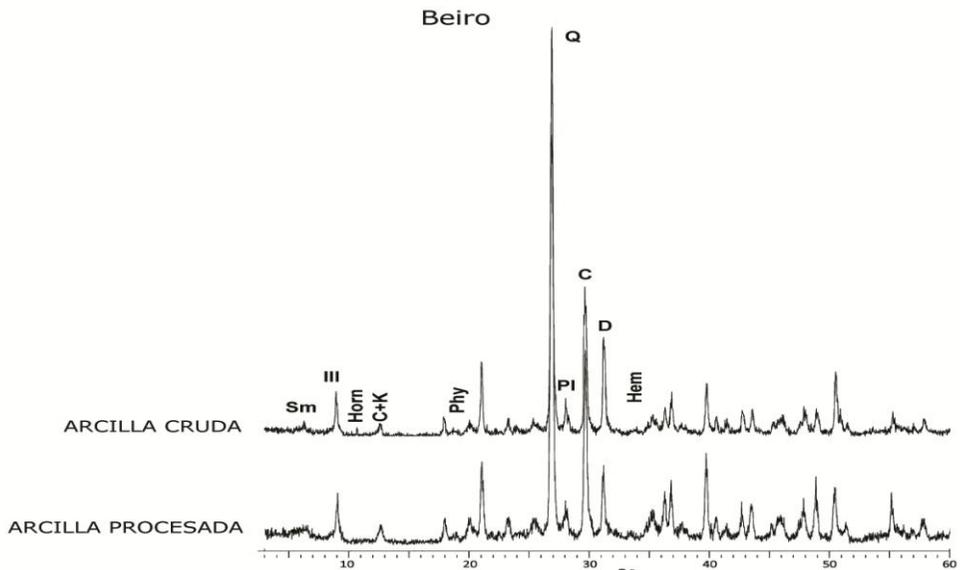


Figura 43. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda de Beiro comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Horn** – hornblenda; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites

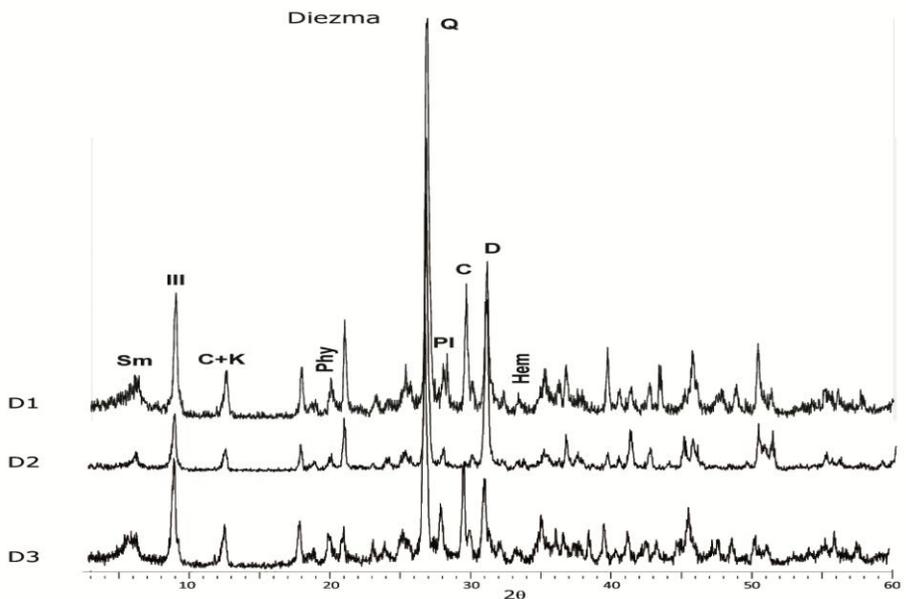


Figura 44. Diffractogramas de las muestras de arcilla cruda sin procesar del yacimiento Diezma gris, comparando los tres niveles de material extraídos. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites

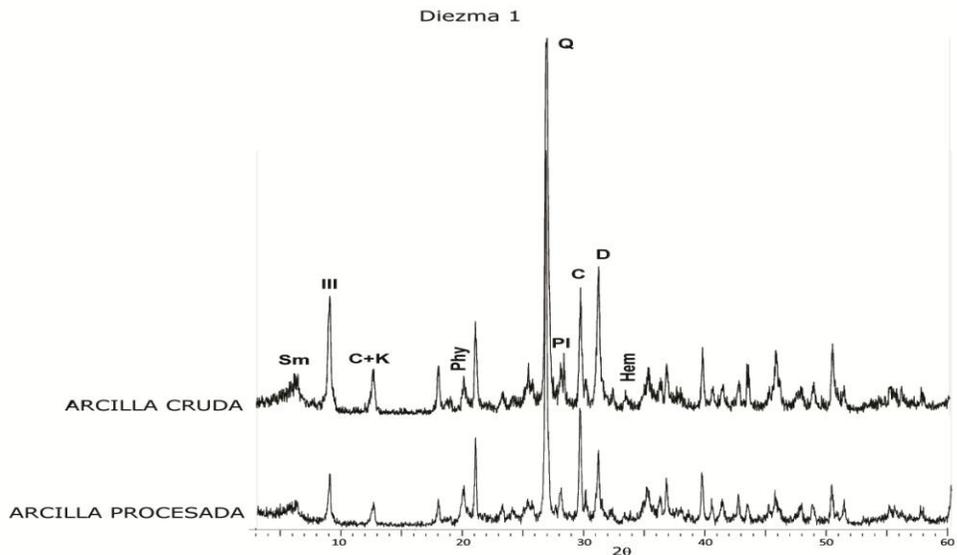


Figura 45. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Diezma 1 comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

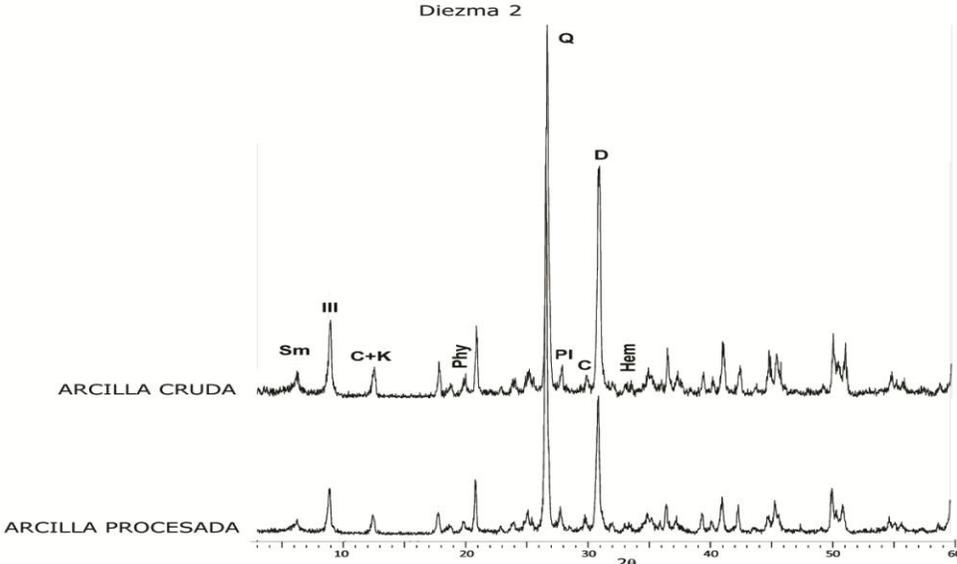


Figura 46. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Diezma 2 comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

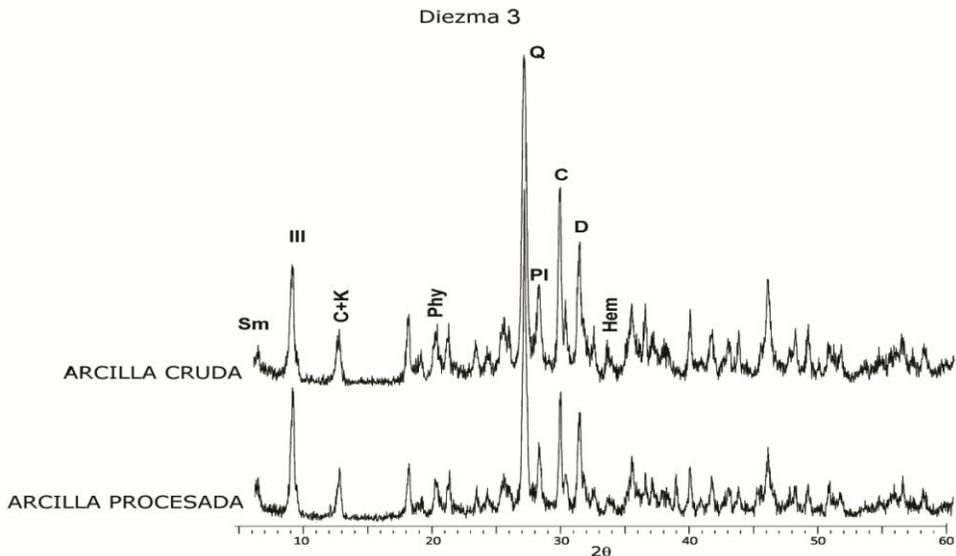


Figura 47. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Diezma 3 comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

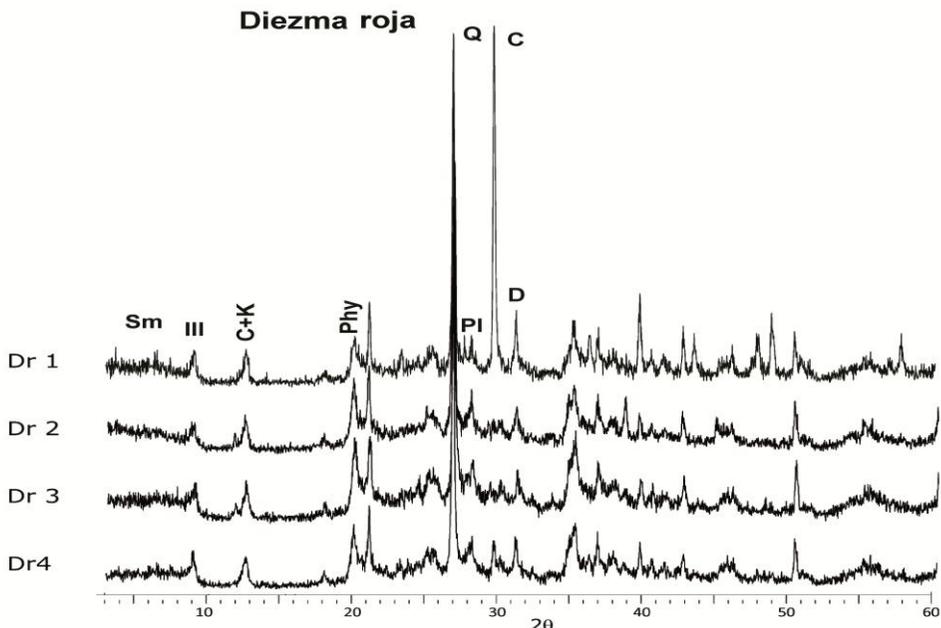


Figura 48. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda sin procesar del yacimiento Diezma roja comparando los resultados de los cuatro niveles de material extraído. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

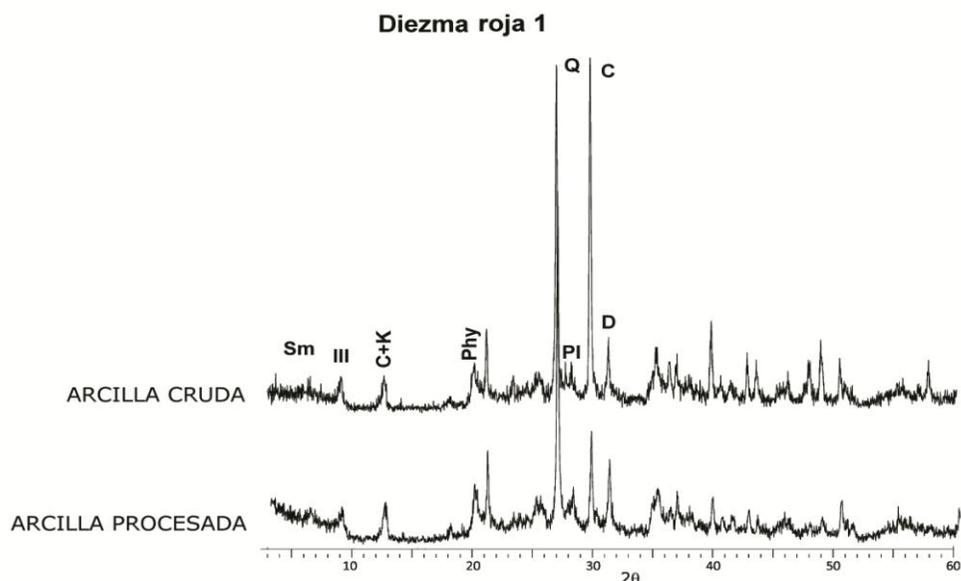


Figura 49. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Diezma roja 1 comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita

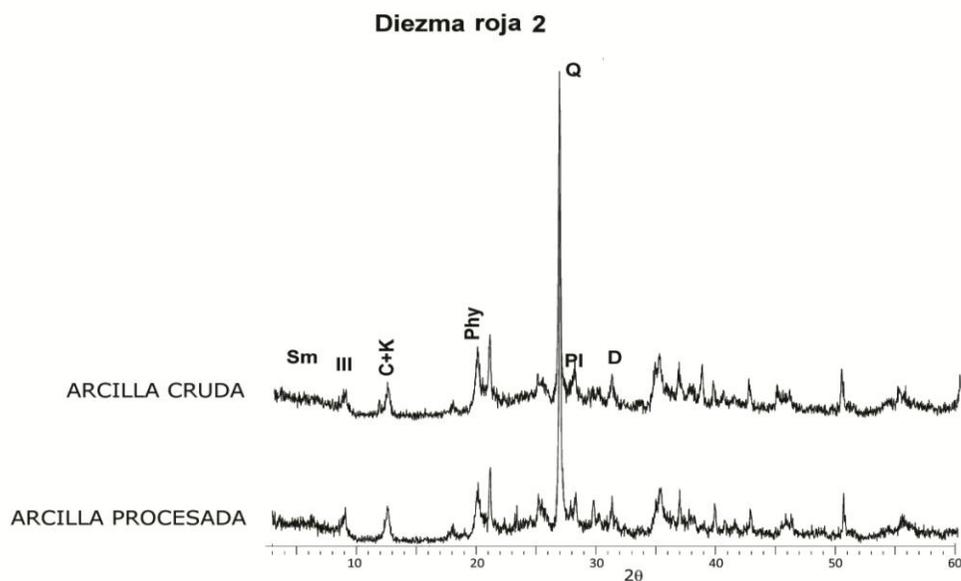


Figura 50. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Diezma roja 2 comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **D** – dolomita

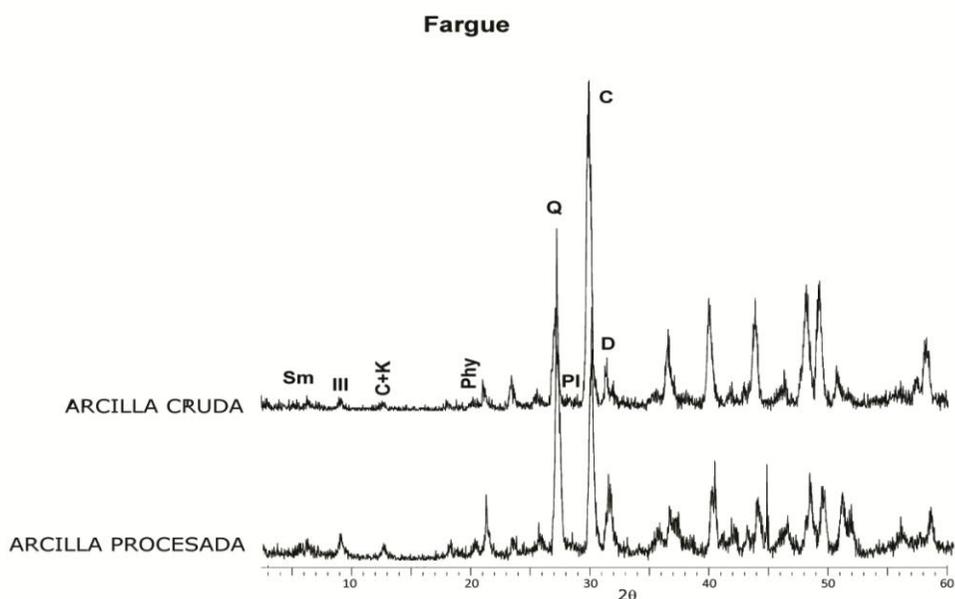


Figura 51. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda de Fargue comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita

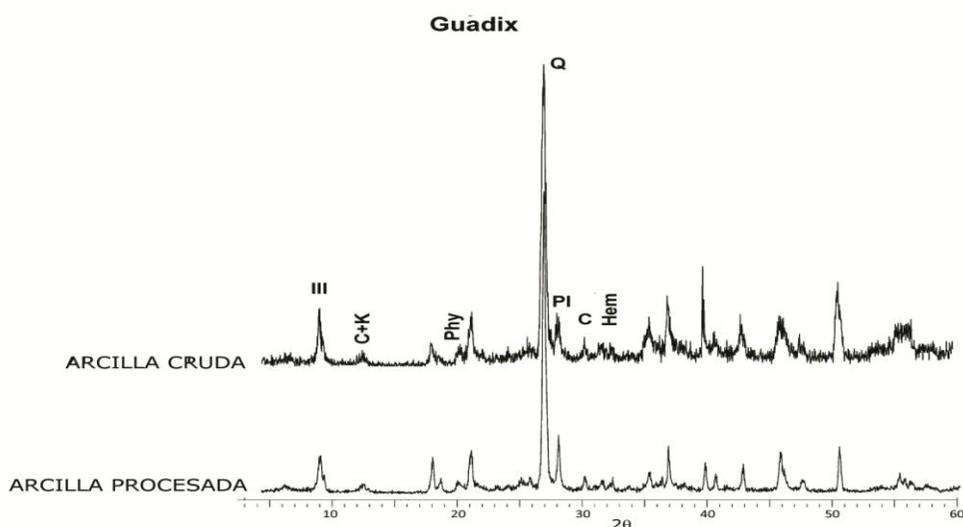


Figura 52. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda de Guadix comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Hem** –hematites

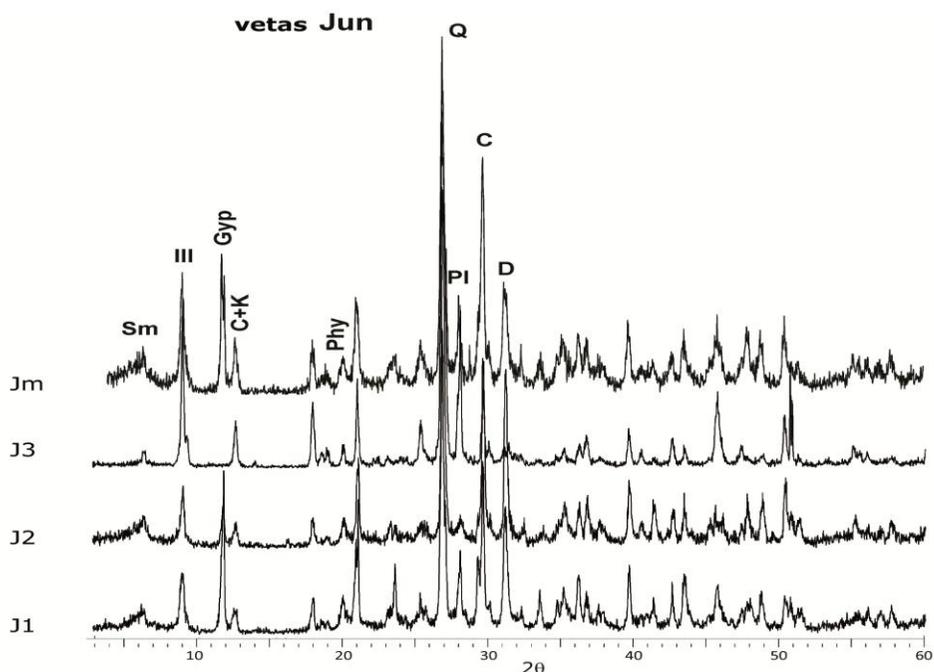


Figura 53. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda sin procesar del yacimiento de Jun comparando los resultados de los distintos materiales extraídos y su mezcla. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **Ill** – illita; **Gyp** – yeso; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita

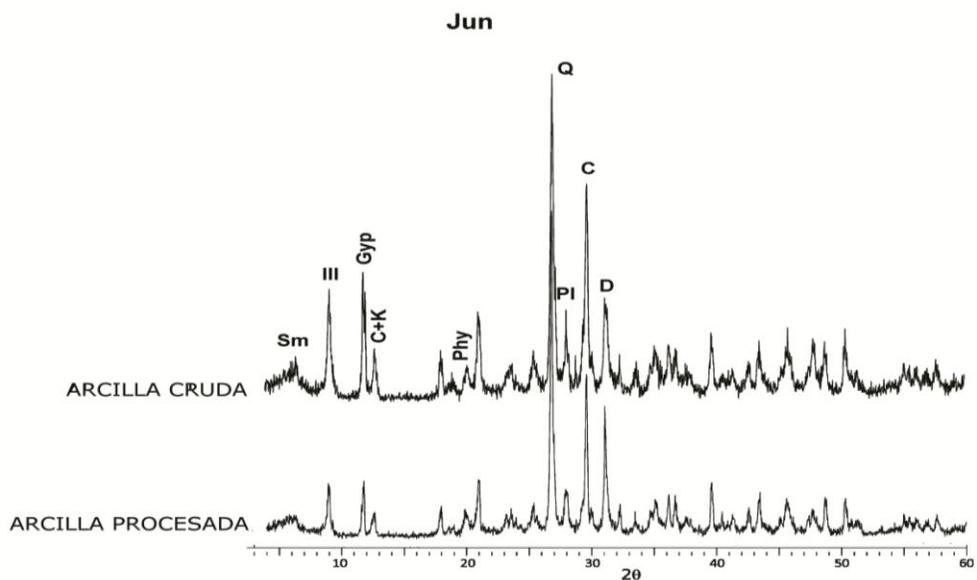


Figura 54. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Jun mezcla comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **Ill** – illita; **Gyp** – yeso; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita

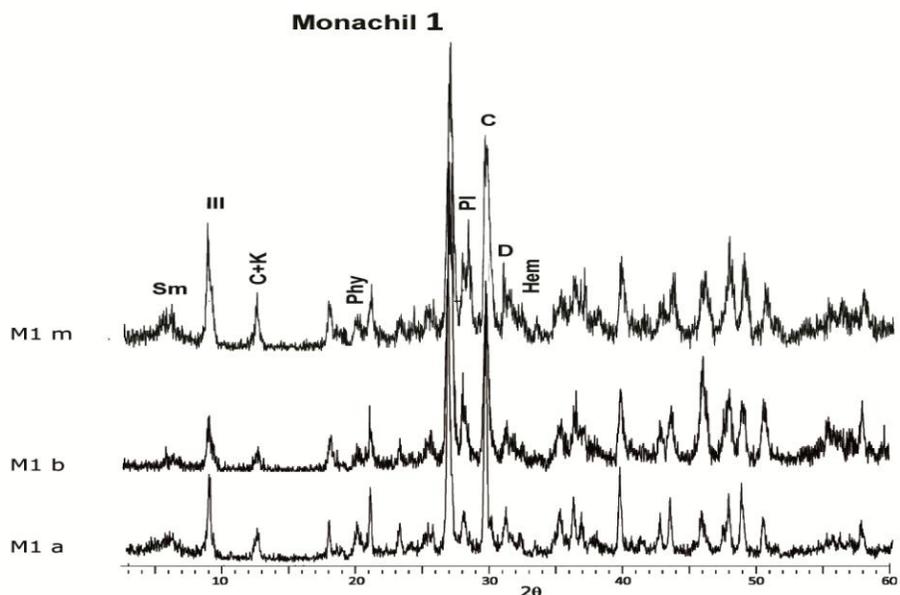


Figura 55. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda sin procesar del yacimiento Monachil 1 comparando los resultados de los distintos materiales extraídos y su mezcla. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites

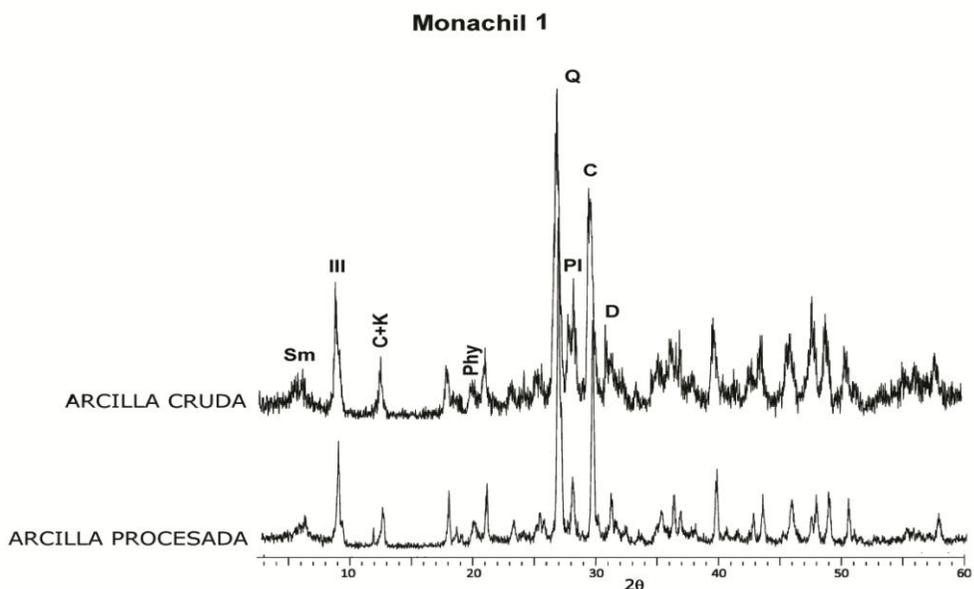


Figura 56. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Monachil 1 mezcla comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

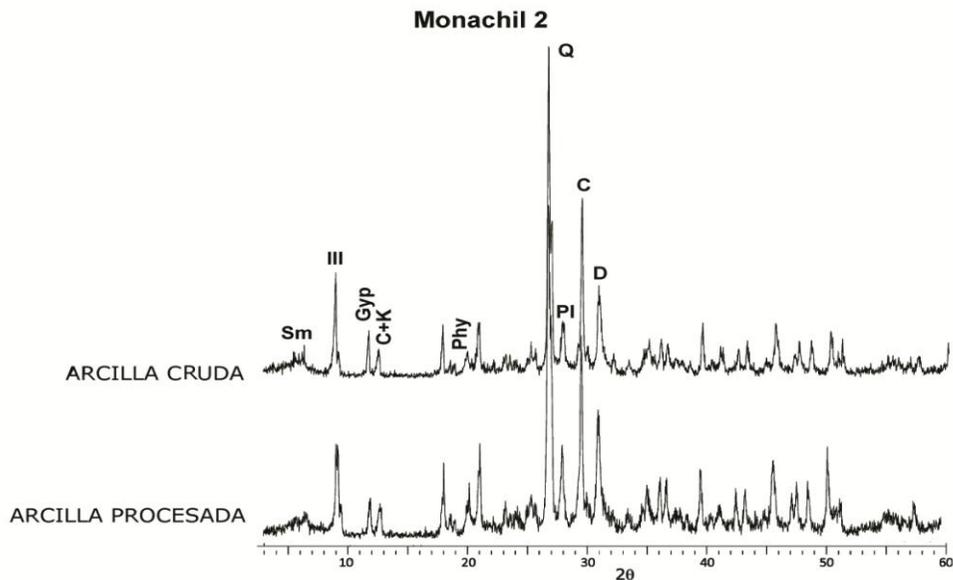


Figura 57. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Monachil 2 comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Gyp** – yeso; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

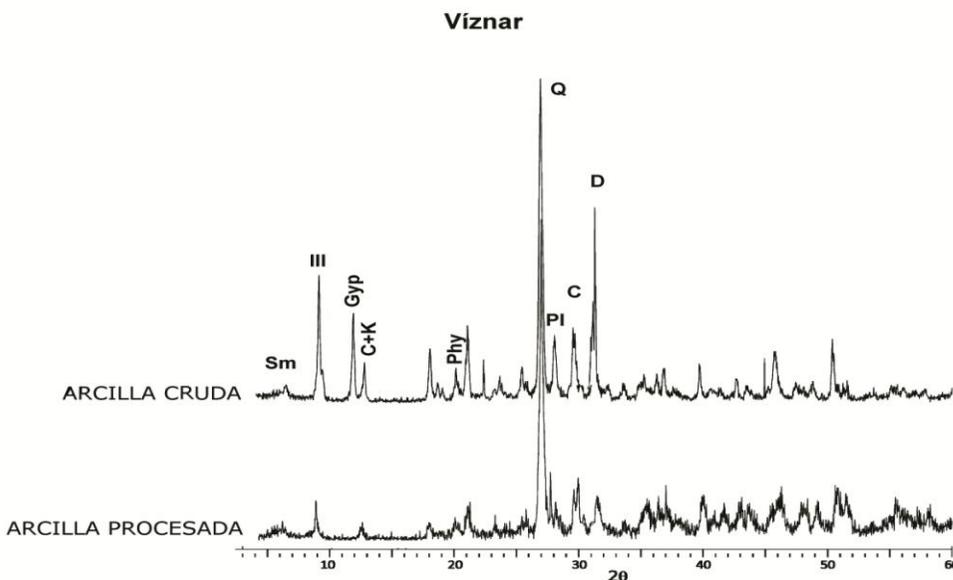


Figura 58. Difractogramas de las muestras de arcilla cruda Viznar comparando los resultados de la materia prima cruda y procesada (es decir, con los tratamientos descritos en el apartado D.3.1.3.2.-Procesado de la arcilla). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Gyp** – yeso; **C+K** – clorita y caolinita ; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita

Tabla 8. PORCENTAJE DE LAS FASES MINERALES PRESENTES EN LAS MATERIAS PRIMAS CRUDAS SIN TRATAR Y TRATADAS														
MUESTRA	Q		C		D		Pl/Fds		Phy		Gyp		Hem	
	s/t	t	s/t	t	s/t	t	s/t	t	s/t	t	s/t	t	s/t	t
B	65	70	25	20	10	10	tz	tz	tz	tz	-	-	tz	tz
D1	50	65	10	10	35	15	5	5	tz	5	-	-	tz	tz
D2	60	65	-	-	40	25	tz	5	tz	5	-	-	tz	tz
D3	50	50	30	20	10	10	5	10	5	5	tz	-	tz	5
Dr1	45	65	45	15	5	5	tz	5	5	10	-	-	-	-
Dr2	80	80	-	-	5	tz	tz	5	15	15	-	-	-	-
Dr3	80	x	tz	x	5	x	tz	x	15	x	tz	x	-	x
Dr4	75	x	5	x	10	x	tz	x	10	x	-	x	-	x
F	5	50	90	40	5	10	tz	tz	tz	tz	-	-	-	-
G	90	85	tz	tz	-	-	10	15	tz	tz	-	-	tz	tz
J1	40	x	15	x	20	x	5	x	tz	x	20	x	-	x
J2	60	x	20	x	20	x	tz	x	tz	x	tz	x	-	x
J3	70	x	10	x	-	x	20	x	tz	x	-	x	-	x
Jm	35	45	30	20	10	10	10	10	tz	5	15	10	-	-
M1a	50	x	35	x	5	x	10	x	tz	x	-	x	-	x
M1b	60	x	35	x	tz	x	5	x	tz	x	-	x	-	x
M1m	50	50	35	35	5	5	10	10	tz	tz	-	-	-	-
M2	50	50	25	20	15	10	5	10	tz	5	5	5	-	-
V	60	70	10	10	10	10	10	5	tz	5	10	-	-	-

s/t – sin tratar; t – tratada; – no presenta; tz – traza; x – no realizado análisis; Q – cuarzo; C – calcita; D – dolomita; Pl/Fds – plagioclasas/feldespatos; Phy – filosilicatos; Gyp – yeso; Hem – hematites

En la tabla 8 se reflejan los resultados obtenidos del análisis semicuantitativo de la tierra arcillosa cruda, extraída de los yacimientos (columna s/t), y tras su procesado por los tratamientos tradicionales (columna t), explicados en la metodología de elaboración de probetas.

En general, las 19 muestras analizadas son ricas en cuarzo, siendo G, Dr2 y Dr3 las que alcanzan un 80-90% de esta fase mineral. Destaca F por su alto contenido en calcita (hasta un 90%). Sólo algunos yacimientos contienen yeso, D3, Dr3, J, M2 y V, y tras el procesado sólo mantienen el yeso J y M2 entre un 10 y un 5%. También escasa es la presencia de hematites, que sólo se encuentra a nivel de traza en B, D1, D2, D3 y G.

Los contenidos en plagioclasas son en general muy bajos (de traza al 5%), encontrándose por encima del 10% en D3, G, Jm, M1m y M2.

Por último, los yacimientos más ricos en filosilicatos son Dr1 y Dr2, por encima del 10%, lo cual afectará a su comportamiento de pérdida de peso y volumen que describiremos más adelante (D.3.1.4.3. y D.3.1.4.4.).

Como dato a tener en cuenta, G presenta un contenido en plagioclasas bastante importante (15%), siguiéndolo en proporción D3, M1m y M2 con un 10%.

Como mineral accesorio, se ha identificado hornblenda en el yacimiento B, fase mineral que ha sido eliminada durante el procesado.

Como tendencia general se observa que las cantidades de calcita descienden tras el procesado de la materia prima, al igual que la dolomita y el yeso, si bien es más complicado conseguir grandes reducciones de las dos últimas fases minerales. Como consecuencia de esta reducción, cuarzo, filosilicatos y plagioclasas aumentan en proporción.

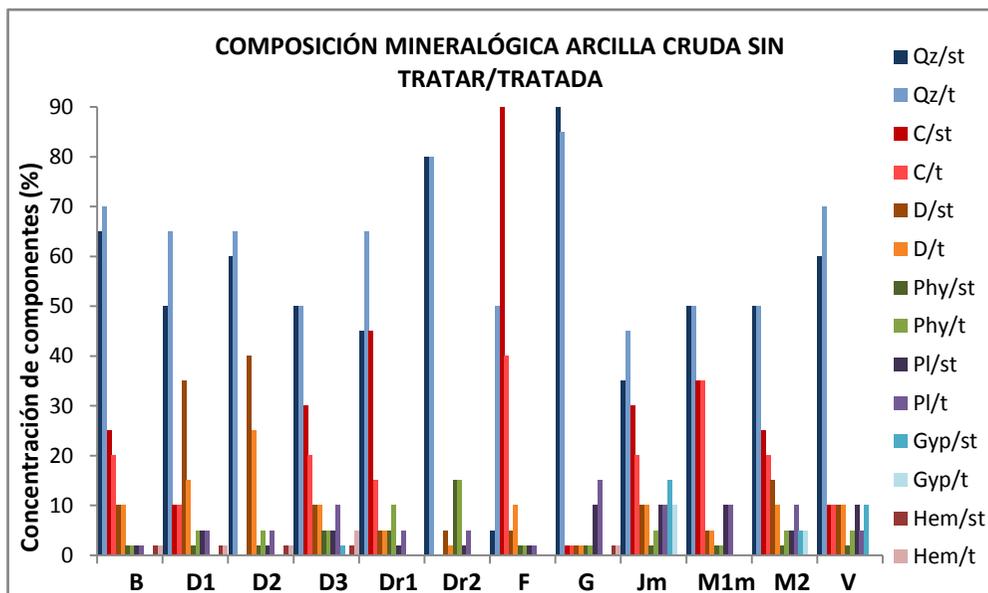


Figura 59. Comparativa entre la concentración de fases minerales en las tierras arcillosas sin tratar y tratada por XRD. Leyenda: **st** – sin tratar; **t** – tratada; **Qz** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Phy** – filosilicatos; **Pl** – plagioclasas y feldespatos; **Gyp** – yeso; **Hem** - hematites

Los yacimientos en los que la tendencia a la reducción de dolomita es más acusada son D1 y D2, D3, Dr1, F y Jm respecto a la proporción de calcita, y Jm y V respecto a la proporción de yeso (fig. 59).

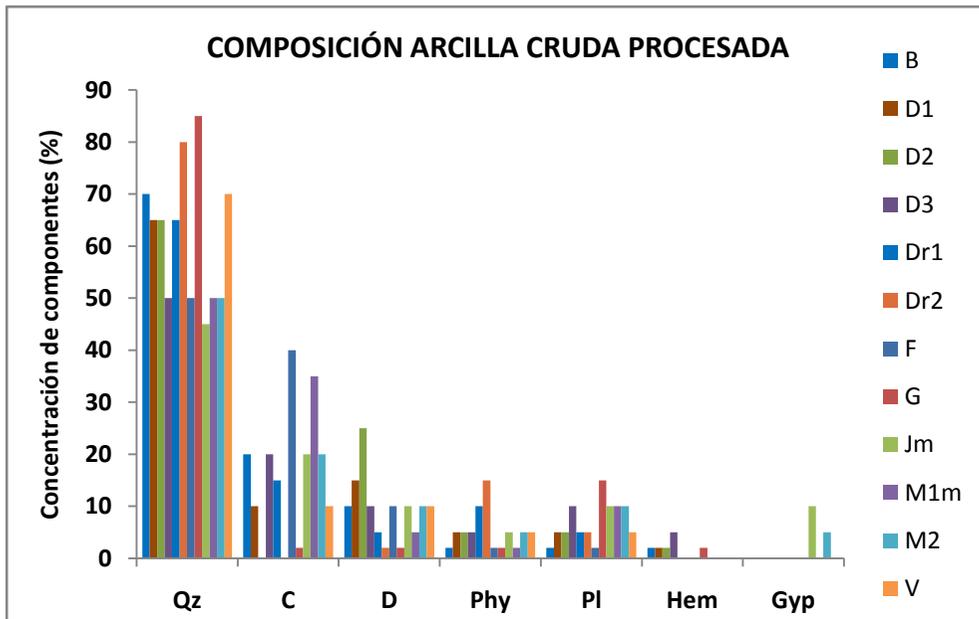


Figura 60. Resultados de XRD de la arcilla cruda tratada, de los yacimientos seleccionados para la elaboración de las probetas. Leyenda: **st** – sin tratar; **t** – tratada; **Qz** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Phy** – filosilicatos; **Pl** – plagioclasas y feldspatos; **Gyp** – yeso; **Hem** - hematites

Tras el procesado (fig. 60), las arcillas más ricas en carbonatos siguen siendo F y M1m ya que pese a verse reducida la cantidad en calcita y dolomita, mantienen un porcentaje muy elevado llegando al 50%. Las demás muestras (B, D1, D2, D3, Jm y M2) reducen poco la concentración de esta fase mineral aunque su cantidad no supera el 20%. El porcentaje de dolomita sigue manteniéndose bastante elevado en D1 y D2, aunque se reduce de un 15-20%. Jm y M2 se quedan como los únicos yacimientos que contienen yeso, ya que V lo ha eliminado durante el procesado de la arcilla.

CONCLUSIONES-Muestra total

En base al análisis por XRD, el aspecto macroscópico y las fuentes verbales conocidas respecto a los afloramientos de tierras arcillosas, se ha hecho una selección de las materias primas para el estudio final.

Dentro de los yacimientos de Diezma, se ha comprobado que Diezma gris presenta diferencias de composición (principalmente en el contenido de carbonatos y plagioclasas) en sus diferentes niveles del frente de extracción, si bien su aspecto macroscópico era muy similar, por lo que se decidió procesar y tratar como probetas las tres muestras. Respecto a Diezma roja, por el contrario, la composición de los niveles de toma de muestra Dr2, Dr3 y Dr4 tienen una composición muy similar, siendo el que más varía Dr1 (principalmente en el porcentaje de carbonatos). Por ello, se seleccionaron solamente Dr1 y Dr2 para su procesado como probetas.

En el caso de Monachil y Jun han sido las fuentes verbales las que han corroborado que se utilizaban como arcillas de alfarero la mezcla de las vetas de material identificadas en el frente de extracción, porque de este modo se conseguía una arcilla más apropiada. Basándonos en esta información, se deciden procesar tan sólo las muestras Jm y M1m para elaborar las probetas, nombrándolas en el resto de la Tesis como J y M1.

Los yacimientos de Beiro, Guadix, Monachil 2 y Víznar fueron procesados también como probetas una vez comprobada su calidad como materia prima.

En el caso de Fargue, se decidió también continuar con su elaboración aún cuando la naturaleza margosa de la tierra arcillosa apunta a que su comportamiento no será adecuado, debido a la constancia que tenemos, por fuentes verbales y bibliografía, de su uso como materia prima para productos cerámicos.

Respecto a los análisis de la tierra arcillosa, como tendencia general se observa que mediante el procesado las cantidades de calcita disminuyen, al igual que la dolomita y el yeso, si bien es más complicado conseguir grandes reducciones de estas dos últimas fases minerales. La tendencia a eliminar estos minerales sin afectar a filosilicatos refleja claramente que los procesos de tratamiento de las tierras arcillosas realmente funcionan, mejorando la materia prima y aumentando su calidad, consiguiendo cambios importantes en las proporciones de algunas de ellas, especialmente de D1, D2, Dr1, Dr2 y F.

Si atendemos a la composición general de los yacimientos una vez procesada la arcilla, F y M1m tienen un alto riesgo de sufrir deterioro debido a rotura por caliche, ya que su contenido en calcita, pese a verse reducido por el procesado, sigue siendo alto (30-40%) B, D3 y Jm muestran un contenido en calcita alrededor del 30%, lo cual puede provocar igualmente problemas de comportamiento y durabilidad del material cocido. El resto de yacimientos presenta un contenido en carbonatos en o por debajo del 20%¹⁰².

¹⁰² BUENO (2008), FLORES (1999)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN – Fracción arcilla

La preparación de las muestras ha permitido conocer algunas cuestiones importantes que conciernen al yacimiento de extracción y que no podían ser conocidas por otros medios, como por ejemplo el contenido en materia orgánica.

La muestra con más contenido en materia orgánica fueron J1, D2, D3, Jm, M1a, M1m y V, que precisaron un segundo ciclo de tratamiento con peróxido de hidrógeno. Al no observarse apenas reacción pasadas 24 horas, se dio por finalizado el tratamiento, lavando las tierras arcillosas para eliminar restos del reactivo.

Las muestras con más proporción de carbonatos (Dr1, Dr2, Dr3, Dr4, F, J2, J3, M1a, M1b, M1m, M2) presentaron reacción casi de inmediato tras el tratamiento, y tras 24 horas se observó cierta reacción también en el resto de yacimientos excepto en G y V. A todas ellas se les aplicó un segundo ciclo con ácido tras el lavado, presentando reacción todas las muestras menos G, J1, J2, M1 y V. Se aplicó un tercer ciclo a todas las muestras menos a G, reaccionando solamente B y F.

Tras un control por XRD del estado de las muestras, se comprobó la eliminación del yeso y de calcita en todas las muestras, pero aún presentaban ciertas concentraciones de dolomita todas ellas menos J3 y G, por lo que se les aplicó un nuevo ciclo de ácido acético a una temperatura de 30 °C.

Tan sólo F presentaba dolomita aún tras el cuarto control, por lo que se le aplicó otro ciclo de ácido acético a la misma temperatura.

Para la separación de la fracción arcilla fue necesario la adición de un floculante en proporción 0,5 ml/l de agua en las muestras J2 y J3.

Posteriormente se procedió al centrifugado como medio de extracción de la fracción inferior a $2\mu\text{m}$ de todas las muestras.

Tabla 9. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES EN AGREGADOS ORIENTADOS								
MUESTRA	K	IL	C		SM	PAR	PAL	SEP
			C	Cg				
B	+++	+++	++	+	tz		+	
D1	++	+++	+	+	tz	+	tz	
D2	++	+++	+		++	+		+
D3	++	+++	+		++	+		
Dr1	+++	+++	+	+	+			
Dr2	+++	++		+	tz			
Dr3	+++	++		++	tz		tz	
Dr4	+++	+		+	+			
F	++	++	+++		+++	+		
G	++	++				++		
J1	++	+++	++		+	+		
J2	++	+++	++		+			
J3	++	+++	++		+	+		
Jm	++	+++	+++		+			
M1a	++	+++	+++		+	+		
M1b	++	+++	++		+	+		
M1m	++	+++	++		+	+		
M2	++	+++	+++		+	+		
V	++	+++	++		++	+		

tz- trazas; + - presencia débil; ++ - presencia moderada; +++ - presencia elevada; K -caolinita; IL - illita; C - clorita; Cg -clorita hinchable; SM - esmectitas; PAR - paragonita; PAL - paligorskita; SEP - sepiolita

En las seis siguientes figuras se representa este contenido aproximado de fracción arcilla. La figura 61 refleja solamente aquellas materias primas seleccionadas para conformar las probetas, y en las siguientes (figs. 62-65) se muestra una comparativa entre sí de las distintas muestras extraídas de un mismo yacimiento.

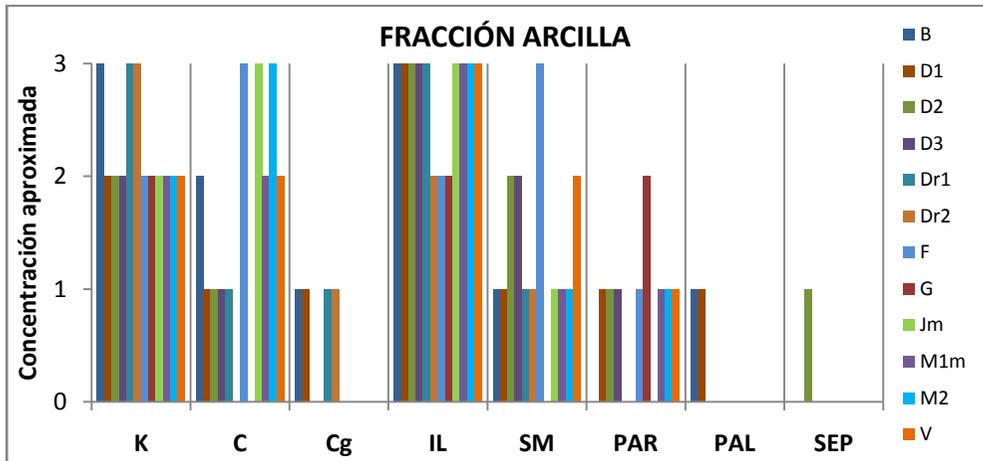


Figura 61. Análisis semicuantitativo de los minerales de las arcillas en las muestras seleccionadas para probetas. Leyenda: **K** –caolinita; **IL** – illita; **C** – clorita; **SM** – esmectitas; **PAR** –paragonita; **PAL** – paligorskita; **SEP** – sepiolita

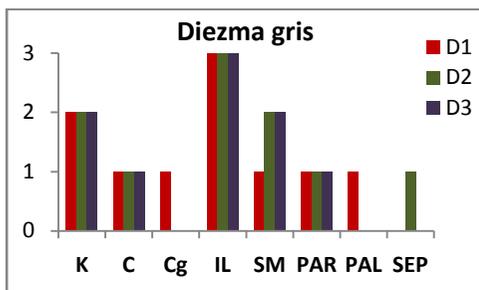


Figura 62. Mineralogía de la fracción arcilla de los niveles de Diezma gris

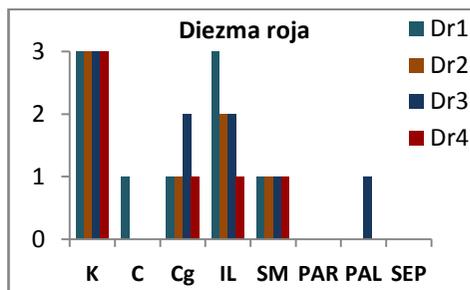


Figura 63. Mineralogía de la fracción arcilla de los niveles de Diezma roja

Leyenda: **K** –caolinita; **IL** – illita; **C** – clorita; **Cg** –clorita hinchable; **SM** – esmectitas; **PAR** – paragonita; **PAL** – paligorskita; **SEP** – sepiolita

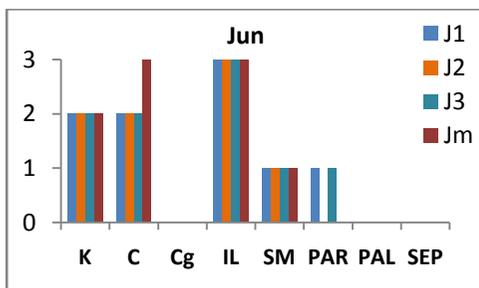


Figura 64. Mineralogía de la fracción arcilla de las vetas de Jun y su mezcla

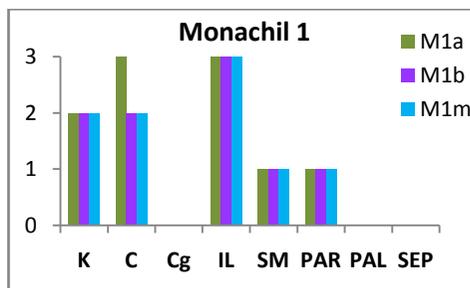


Figura 65. Comparativa entre las dos arcilla de las vetas de Monachil 1 y su mezcla

Leyenda: **K** – caolinita; **IL** – illita; **C** – clorita; **Cg** –clorita hinchable; **SM** – esmectitas; **PAR** – paragonita; **PAL** – paligorskita; **SEP** – sepiolita

Mediante el estudio de los histogramas se ha elaborado la tabla 9 y los diagramas 61 a 65 con la concentración aproximada de los minerales de las arcillas presentes en las muestras en una escala de 1 a 3, al no poder estimar de forma exacta su proporción real. Indican: 1 – presencia escasa, 2 – presencia moderada y 3 – presencia elevada.

Relacionando la cantidad de las arcillas entre ellas, se observa que las fases más abundantes en todos los yacimientos son la caolinita y la illita, ambas mayoritarias en B y Dr1. Las muestras de D1, D2, D3 y J1, J2, J3 y M1b, M1m y M2 tienen predominancia de illita, presentando Jm, M1a y M2 una cantidad elevada de clorita, también.

De esta pauta se sale solamente F, cuyas arcillas predominantes son la clorita y las esmectitas, y las muestras Dr2, Dr3 y Dr4 donde predomina exclusivamente la caolinita.

Todos los yacimientos contienen pequeñas cantidades de esmectitas a excepción de G, y solamente Dr1, Dr2, Dr3, Dr4, B y D1 presentan ciertas cantidades de clorita hinchable¹⁰³, siendo Dr3 la que presenta una proporción más elevada.

D1, D2, D3, F, J1, J3, M1a, M1b, M1m, M2 y V contienen escasas cantidades de paragonita, de mayor contenido en G, siendo más escasa aún la cantidad de paligorskita, solo presente en B, D1 y Dr3 y sepiolita, exclusiva de D2.

¹⁰³ La clorita hinchable ha podido ser distinguida gracias al desplazamiento de su pico de máxima intensidad, el plano (001) de 14 Å a 17 Å en el tratamiento con etilenglicol, según BRINDLEY & BROWN (1980)

CONCLUSIONES – Fracción arcilla

Los minerales arcillosos predominantes en las muestras de Granada estudiadas son la illita y la caolinita, siendo la primera la más común. Como excepciones o arcillas que pudieran resultar indicadoras de yacimientos concretos se encuentran la clorita combinada con esmectitas en elevadas proporciones solamente en Fargue, la ausencia total de esmectitas en Guadix y la presencia de clorita hinchable únicamente en B, D1 y las muestras de Diezma roja. Aún menos frecuente es la presencia de paragonita, sólo observada en Diezma gris, F, J, M1, M2 y V, la paligorskita en B, D1, Dr3, y la sepiolita en D2.

La presencia de esmectitas en todos los yacimientos menos en Guadix podría suponer un problema de conservación ya que su naturaleza hinchable la convierte en un factor de deterioro importante, pero únicamente para aquellas piezas que se cocieran a temperaturas muy bajas y durante un tiempo de cocción escaso. Igual sucede con aquellos yacimientos que contienen cloritas hinchables, por su naturaleza expansiva.

C.1.4.2. Agua de amasado

METODOLOGÍA

Se ha calculado el agua utilizada en el amasado de la tierra arcillosa para la elaboración de probetas y ver si es la correcta o si su cantidad puede ser la causa de resultados deficitarios en los ensayos físicos de las piezas cocidas.

Para determinar el porcentaje de agua usada durante la fase de amasado (W), se pesa la arcilla en húmedo después de haber añadido agua desionizada, y seca tras un primer secado lento y homogéneo a temperatura ambiente (20 °C) y 1 hora en estufa a 95 °C.

$$W = \frac{S \times 100}{H}$$

H= pesado en húmedo

S= pesado en seco

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

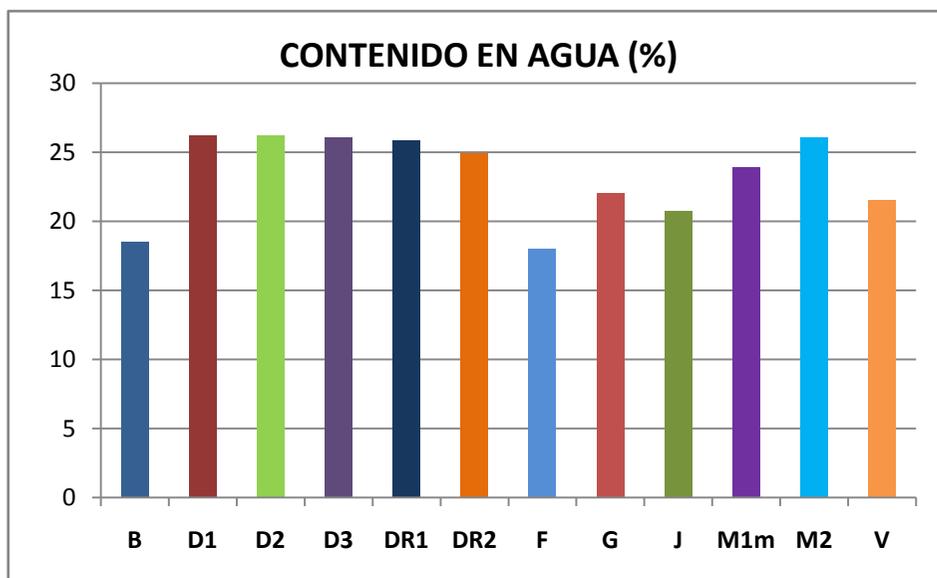


Figura 66. Contenido en agua utilizada para el amasado de las piezas cerámicas crudas

Las probetas que precisan una menor cantidad de agua de amasado para ser trabajables son B y F, con un 18%, mientras las menos trabajables y que necesitan más agua son D1, D2, D3, Dr1, Dr2 y M2, con alrededor de un 26%. El resto de yacimientos muestran valores intermedios comprendidos entre el 20 y 23%.

CONCLUSIONES

Tal como se sabe por la bibliografía, los ladrillos elaborados artesanalmente, igual que los de esta Tesis, precisan mayor cantidad

de agua de amasado¹⁰⁴ por el simple proceso de elaboración. Aún así, debemos tener en cuenta los límites considerados como apropiados en la bibliografía, que los sitúan entre 17 y 30%¹⁰⁵.

Los yacimientos que precisan de menos agua para ser más trabajables son, evidentemente, aquellos cuyo tamaño de grano es mayor y más heterogéneo, ya que al añadir más agua pierden la cohesión enseguida. No obstante, como vemos en las figura 67, con una proporción de agua del 18% son correctamente trabajables y permiten ser modeladas con facilidad.

Por el contrario, es curioso notar que Diezma roja, con un tamaño de grano que aparenta ser más pequeño que el de las otras tierras arcillosas (simple apreciación al tacto durante el amasado), no necesita más agua que otros yacimientos con tamaño de grano mayor, como por ejemplo Diezma gris, de características muy diferentes. Este grupo, que llega a precisar un 26% de agua, está en el límite superior de los porcentajes de agua apropiados, por lo que habrá que comprobar si este exceso de agua puede dar lugar a piezas de baja calidad.

Las variaciones en la cantidad de agua respecto a trabajabilidad de la arcilla depende en gran medida, aparte de la granulometría, de las fases minerales presentes: la mayor presencia de cuarzo y feldespatos reduce la necesidad de agua; por el contrario, una mayor cantidad de minerales arcillosos hace el material más ávido

¹⁰⁴ ÁLVAREZ y GONZÁLEZ (1994), SINGER & SINGER (1963)

¹⁰⁵Barahona (1974) indica como adecuado un contenido en agua comprendido entre 18 y 20%, SAIHAH et alii (2010) recomienda entre 17 y 30%

por el agua para ser plástico, lo que explicaría las variaciones de comportamiento independientemente de su granulometría. Estas suposiciones (el hecho de que los yacimientos B y F contengan más cantidad de cuarzo, feldespatos y carbonatos, y por el contrario D1, D2, D3, Dr1, Dr2 y M2 contengan mayor proporción de minerales de la arcilla) deberán ser confirmadas mediante ensayos posteriores.

C.1.4.3. Pérdida de peso

METODOLOGÍA

La pérdida de peso por cocción (We) se determina comparando la masa de la probeta tras el proceso de secado con la masa de la probeta ya cocida. Los resultados obtenidos se presentan en porcentaje y se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$We = \frac{S \times 100}{C}$$

S = peso de la probeta cruda y seca

C = peso de la probeta cocida

Para que la presencia de humedad de amasado no interviniera en la medida, las muestras se secaron durante 6 horas en estufa a 100 °C, asegurando la evaporación total de la humedad presente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 10. PÉRDIDA DE PESODE LAS CERÁMICAS TRAS SU COCCIÓN (%)			
MUESTRA		(%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
B	850	13,38	0,68
	900	14,08	0,42
	950	14,80	0,08
D1	850	13,34	0,54
	900	14,33	0,53
	950	12,45	0,07
D2	850	13,92	0,38
	900	15,12	0,86
	950	14,93	0,23
D3	850	13,85	0,03
	900	14,05	0,15
	950	13,91	0,02
Dr1	850	13,90	0,16
	900	14,36	0,20
	950	14,65	0,06
Dr2	850	10,80	0,58
	900	11,39	0,73
	950	11,93	0,48
F	850	-	
	900	-	
	950	16,30	0,14
G	850	5,93	0,09
	900	6,30	0,44
	950	6,62	0,09
J	850	15,52	0,02
	900	13,29	0,02
	950	16,82	0,04
M1	850	15,48	0,24
	900	15,99	0,28
	950	16,54	0,03
M2	850	15,97	0,70
	900	17,01	0,14
	950	17,69	0,03
V	850	15,04	0,46
	900	15,57	0,35
	950	16,93	0,06

Se aprecia una tendencia general de incremento de la pérdida de peso conforme aumenta la temperatura de cocción, que se da en casi todas las muestras menos en las extraídas de Diezma gris, si bien la variación es mínima. Es interesante notar que la desviación estándar suele ser muy baja cuando se alcanza la temperatura de cocción más alta.

De las muestras con una pérdida de peso progresiva conforme aumenta la temperatura, casi todas se mantienen en un rango de 1-2% de pérdida. Se desmarca J, que pierde hasta un 3% entre 900 y 950 °C.

Ha sido imposible medir la pérdida de peso en las probetas de Fargue a 850 y 900 °C ya que éstas se desmoronaron tras la cocción como vimos en el apartado D.3.1.3.3, figs. 39 y 41); se tiene sólo la información a 950 °C que indica una pérdida de peso del 16%.

Respecto a la cantidad en sí de peso perdido, la que pierde más peso es M2 superando el 17,5% y la más baja G con alrededor del 6%. La mayoría de muestras sufre una pérdida entre el 14 y 15%.

CONCLUSIONES

Las pérdidas de peso respecto a temperatura son debidas evidentemente a la composición mineralógica de las muestras: a la pérdida de agua estructural de los filosilicatos, a la calcinación de los carbonatos y a la combustión de la materia orgánica.

La baja pérdida de peso de G se debe únicamente a la deshidroxilación de los filosilicatos¹⁰⁶, y su muy bajo contenido en carbonatos, más presentes en el resto de yacimientos, hace que su comportamiento se desmarque. El siguiente yacimiento aislado es Dr2, cuya composición, también baja en carbonatos y elevada en filosilicatos, provoca también su comportamiento diferente (ver Tabla 8).

Un contenido elevado en carbonatos explicaría la pérdida de peso más acusada en el resto de yacimientos, aumentando conforme más carbonatos contenga la muestra.

Los comportamientos erráticos de algunas muestras, como es el caso de J y D1 (a 900 °C en J y a 950 °C en D1), puede deberse a mayores concentraciones anómalas de carbonatos o materia orgánica.

C.1.4.4. Contracción lineal

METODOLOGÍA

Las medidas de contracción lineal se realizaron tanto en el proceso de secado (CS) como en el de cocción (CC) de las muestras. El porcentaje de contracción fue calculado midiendo con un calibre dos marcas estándar realizadas sobre la tabla de las probetas: una cuando estaban en húmedo, con una medida estable estándar de 8 cm, y otra en las muestras secadas a temperatura ambiente (20-

¹⁰⁶ Información extraída de CULTRONE (2001)

25°C) durante 4 días, y posteriormente en estufa a 100 °C durante 6 horas para eliminar el resto de humedad no estructural.

Se ha calculado la CS en porcentaje utilizando la fórmula descrita a continuación:

$$CS = 100 \times \frac{Lh - Ls}{Lh}$$

Lh = longitud en muestra húmeda

Ls = longitud en muestra seca

Para la medida de CC se calculó igualmente la contracción respecto a la medida en húmedo, de la siguiente manera:

$$CC = 100 \times \frac{Lh - Lc}{Lh}$$

Lh = longitud en muestra húmeda

Lc = longitud en muestra cocida

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 11. CONTRACCIÓN LINEAL POR SECADO Y POR COCCIÓN DE LAS PROBETAS (EN %) Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR (D.E.)								
MUESTRA	CS		CC					
	100 °C	D.E.	850 °C	D.E.	900 °C	D.E.	950 °C	D.E.
B	5,13	0,05	4,49	0,07	6,09	0,03	3,85	0,00
D1	3,99	0,03	5,77	0,07	5,13	0,00	3,85	0,00
D2	1,57	0,06	1,28	0,00	1,92	0,07	1,92	0,07
D3	6,70	0,08	7,05	0,05	6,41	0,00	6,84	0,07
Dr1	13,11	0,04	12,82	0,00	13,46	0,07	11,54	0,00
Dr2	12,34	0,15	10,26	0,00	12,82	0,00	12,82	0,00
F	2,56	0,00	-	-	-	-	-	-
G	4,70	0,01	5,13	0,00	2,56	0,00	4,49	0,07
J	6,41	0,00	7,69	0,00	6,41	0,00	5,77	0,07
M1	4,70	0,00	5,13	0,00	6,41	0,00	5,13	0,07
M2	7,41	0,08	7,05	0,00	7,69	0,00	6,41	0,00
V	4,42	0,07	4,49	0,07	4,27	0,05	5,13	0,00

Según BARAHONA (1974), durante el secado de una pieza cerámica se pueden reconocer dos etapas de contracción: se produce una primera contracción hasta llegar al punto de humedad crítico (conocida como contracción primaria), más acusada que la segunda contracción (o contracción secundaria), que se produce a partir de este punto, más lenta pero que igualmente puede producir deformaciones importantes. En las muestras de la Tesis no se han conseguido diferenciar estas dos etapas de secado, y en general se observa que todas las probetas han sufrido una contracción acusada y evidente en su proceso de secado: aquellas que sufren más contracción durante el secado son Dr1 y Dr2, superando el 12% (tabla 11), mientras que las que menos contracción sufren son D2 y

F, con un 1 y 2% respectivamente. El resto de las muestras se encuentran entre el 5 y 7%.

Durante el proceso de cocción también se producen reacciones sucesivas de transformación que pueden afectar a la contracción o dilatación de las probetas, que en líneas generales se puede resumir de la siguiente forma: entre los 50-120 °C la pieza pierde la humedad de amasado que pudiera retener, lo que da lugar a la contracción de la misma¹⁰⁷. A mayor temperatura de cocción se eliminará el agua estructural (450-550 °C), además de los compuestos orgánicos que se evacúan en forma gaseosa como el dióxido de carbono, proceso que puede aportar a la pieza un aspecto esponjoso conocido como “hinchamiento”¹⁰⁸ hacia los 750 °C¹⁰⁹. A mayor temperatura, la formación de nuevas fases minerales como la mullita también provoca contracción¹¹⁰. Aunque durante la sinterización las partículas de la masa cerámica se aproximan mucho más unas a otras debido al proceso de fusión, dando lugar a una contracción¹¹¹, la presencia de elementos generadores de porosidad como los carbonatos (añadidos o presentes de forma natural en la masa) previene la contracción y en algunos casos provoca un aumento de volumen durante la misma fase de sinterización¹¹².

¹⁰⁷ FABBRI (1998)

¹⁰⁸ CULTRONE (2001)

¹⁰⁹ SINGER (1963)

¹¹⁰ CHAVEZ (1995)

¹¹¹ MARTÍNEZ et alii (2012), SINGER (1963)

¹¹² Más información en BORIES et alii (2014)

Observando los resultados de la tabla 11, este proceso de contracción se produce principalmente durante las primeras fases del proceso de secado a baja temperatura, y posteriormente durante las últimas fases de la cocción.

Respecto a la variación de la longitud de las muestras después de la cocción, se observan tres patrones diferenciados: probetas con una expansión a 950 °C (B, D1, Dr1, J, M1, M2) tras una contracción evidente a 900 °C (B, Dr1, M1, M2) o a 850 °C (D1, J); el segundo patrón muestra una contracción a 900 °C y 950 °C tras una expansión a 850 °C (D2, Dr2), y el tercer patrón muestra una contracción a 850 °C, una expansión a 900 °C y contracción nuevamente a 950 °C (D3, G, V).

Se puede suponer que la contracción a altas temperaturas (D2, Dr2, V), además de aquellas muestras que han sufrido una contracción en general (Dr1, Dr2) son las que contienen una alta concentración de filosilicatos¹¹³, como se corrobora en los resultados de XRD de la tabla 8.

CONCLUSIONES

La contracción lineal de un ladrillo cocido debe encontrarse por debajo del 8% para que la pieza tenga un comportamiento mecánico adecuado¹¹⁴. Una contracción por encima de este valor

¹¹³ SINGER (1963)

¹¹⁴ KORNMANN (2009), WENG et alii (2003)

podría causar problemas de rotura y microtensiones¹¹⁵. Teniendo esto en cuenta, todas las probetas tienen un comportamiento adecuado de contracción por secado exceptuando Dr1 y Dr2, que superan el 12% de contracción lineal.

¹¹⁵ MEKKI et alii (2008)

C.1.5. Aplicación del protocolo sobre las probetas cocidas

A continuación se procede a la aplicación sobre las probetas de la segunda serie de análisis, dedicada al establecimiento de un protocolo que posteriormente pueda ser aplicado sobre obra real.

De la selección de técnicas analíticas, previamente establecida en el apartado D.2.2.3.3., destacar dos puntos: la fluorescencia de rayos X ha sido aplicada sobre la pasta arcillosa cruda en el caso de los yacimientos, pero se incluye en este apartado al formar parte del protocolo; en segundo lugar, la datación por Termoluminiscencia con conteo de partículas α y β no ha sido aplicada sobre las probetas, aunque se recomienda como parte del protocolo final, siempre que se asuma el alto coste de esta técnica, debido a sus excelentes parámetros de fiabilidad.

C.1.5.1. Fluorescencia de rayos X

METODOLOGÍA

Se ha aplicado el análisis de fluorescencia de rayos X (XRF) a aquellas muestras que, seleccionadas previamente mediante el análisis de la muestra total y la fracción arcilla por XRD, son diferentes entre ellas.

Para el estudio se precisaron 6 g de arcilla seca de cada yacimiento, molidos en mortero de ágata a tamaño de polvo de 50 μ m para la elaboración de una pastilla donde caracterizar elementos mayoritarios y minoritarios. Debido a las limitaciones de

esta técnica, que no detecta elementos con $z < 11$, se realiza también la medida de pérdida de masa por calcinación (LOI, loss of ignition) que permite calcular el contenido en agua, carbono.

Los elementos se analizaron utilizando un equipo S4 Pioneer de BRUKER por dispersión de longitud de onda, equipado con un tubo de rayos X de ánodo de Rh a condiciones 60 kV, 150 mA. El equipo posee tres cristales analizadores OVO-55, LiF 200 and PET y un contador proporcional de flujo para la detección de los elementos ligeros y un contador de centelleo para los pesados. La cuantificación se lleva a cabo por el método de parámetros fundamentales utilizando el software SpectraPlus.

En el mortero de ágata se mezclaron y homogenizaron cinco gramos de cada muestra en polvo con 0,5 g de un aglutinante Cera C de Hoechst micropolvo. Para obtener una pastilla prensada para XRF se utilizaron cazoletas de aluminio de 4 cm de diámetro, y una Prensa Hidraulica Mignon-S, NANNETI durante 30 segundos. El gramo restante se utiliza como material extra si la cantidad es insuficiente o se produce pérdida durante la preparación.

La pérdida por calcinación se obtuvo calcinando las muestras durante una hora a 900 °C.

Los resultados se presentan en forma de tablas, calculando los elementos mayoritarios en porcentaje (%) y los elementos minoritarios en partes por millón (ppm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MUESTRA	Tabla 12. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
B	40,9	14,5	4,9	0,1	2,8	16,7	0,5	2,4	0,7	0,1	16,2
D1	42,3	18,5	5,6	0,1	3,4	10,1	0,7	3,2	0,8	0,1	14,8
D2	40,9	17,6	4,9	0,1	5,4	9,7	0,9	3,0	0,7	0,1	16,5
D3	37,5	21,5	5,7	0,1	3,8	9,9	1,1	4,1	0,7	0,1	15,1
Dr1	46,2	18,2	6,6	0,4	2,9	5,8	0,7	3,4	0,8	0,1	14,4
Dr2	48,9	19,8	7,3	0,4	2,8	3,1	0,6	3,8	0,8	0,1	11,9
F	31,8	11,7	3,9	0,1	3,1	24,8	0,3	1,6	0,5	0,1	21,9
G	52,7	25,6	7,4	0,1	0,9	0,4	1,3	3,7	0,8	0,2	6,65
J	37,2	16,5	4,9	0,1	3,1	13,5	0,6	3,1	0,6	0,1	17,1
M1	38,9	16,9	5,4	0,1	2,5	14,7	0,8	3,1	0,7	0,1	16,3
M2	37,7	16,1	4,9	0,1	3,5	14,1	0,9	2,9	0,6	0,1	17,2
V	38,8	16,4	5,1	0,1	4,2	13,4	0,5	2,9	0,7	0,1	17,6

LOI – pérdida de peso por calcinación

M.	Tabla 13. COMPONENTES MINORITARIOS de XRF (ppm)													
	S	Cl	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
B	287	83	0	139	47	64	91	17	0	94	238	19	245	388
D1	365	132	0	135	55	62	113	22	25	126	283	22	191	481
D2	212	391	0	120	48	50	87	17	0	108	210	21	229	367
D3	636	124	0	178	57	67	121	26	25	172	335	14	129	522
Dr1	361	204	0	165	110	135	136	23	0	139	258	22	166	342
Dr2	286	93	0	162	121	140	149	26	0	155	224	22	176	387
F	79	55	0	0	39	57	75	9	0	72	142	18	218	282
G	66	112	0	168	63	72	105	24	99	142	127	32	371	532
J	11347	109	0	124	56	64	96	24	0	117	1129	17	166	410
M1	842	113	134	96	76	63	107	23	0	132	375	21	189	439
M2	6521	86	0	116	53	59	95	21	0	126	364	19	167	370
V	335	67	0	131	46	59	100	16	0	116	365	17	180	393

M. - muestra

Dentro de los componentes mayoritarios (Tabla 12), los más abundantes son los relativos a la cantidad en sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), calcio (CaO) e hierro (Fe₂O₃). La sílice oscila entre el 32% de F y el 53% de G, aunque en realidad, exceptuando estos dos extremos, el resto de yacimientos oscilan entre el 37% y 48%.

En general, todos los yacimientos son bastante ricos en aluminio, estableciendo un rango entre el 12% de F y el 26% de G, pero, de nuevo, el resto de yacimientos establecen un rango mucho más corto, entre el 14% y 21%.

Si observamos los datos relativos a la concentración en calcio, es bastante alto en general, a excepción de las muestras G y Dr2 que se quedan por debajo del 4%, mientras que el resto se encuentra siempre por encima del 6%, límite sobre el cual se consideran ya arcillas calcáreas¹¹⁶. El rango más común es de 10-14%, siendo las más calcáreas B (17%) y F (25%), poseyendo esta última una concentración tan elevada que, teniendo en cuenta el 22% de LOI (pérdida de masa por calcinación), da en total un porcentaje cercano al 50% que convierte esta arcilla en una margas. Se hace esta afirmación teniendo en cuenta que parte de la pérdida del peso por calcinación puede deberse también a la pérdida del H₂O de los filosilicatos y a la presencia de materia orgánica. Sin embargo, la proporción de filosilicatos en este yacimiento es escasa (traza, según la tabla 8 de XRD), al igual que la proporción de materia orgánica, ya que la materia prima reaccionó escasamente al tratamiento con peróxido de hidrógeno en la preparación de la fracción arcilla (apartado D.3.1.4.1, Resultados y discusión-fracción arcilla). Esto explica por qué esta muestra en concreto no aguantó el proceso de inmersión en agua tras la cocción, fracturándose por completo.

¹¹⁶ BARAHONA (1974)

El porcentaje en hierro presente se establece en un rango más corto, 5-7%, siendo bastante similar en todas las muestras. Los valores más altos pertenecen a Dr2 y G.

El resto de componentes mayoritarios se encuentra en porcentajes bastante bajos, por debajo del 1% en la mayoría de los casos, a excepción del magnesio que se encuentra alrededor del 5% en D2, que de hecho era la tierra arcillosa más rica en dolomita (tabla 8), D3 y V, y las cantidades de potasio en torno al 4% en D3, Dr2 y G.

Analizando los componentes minoritarios (Tabla 13), destaca el azufre que supera los 1000 ppm en J y M2, y el estroncio en J.

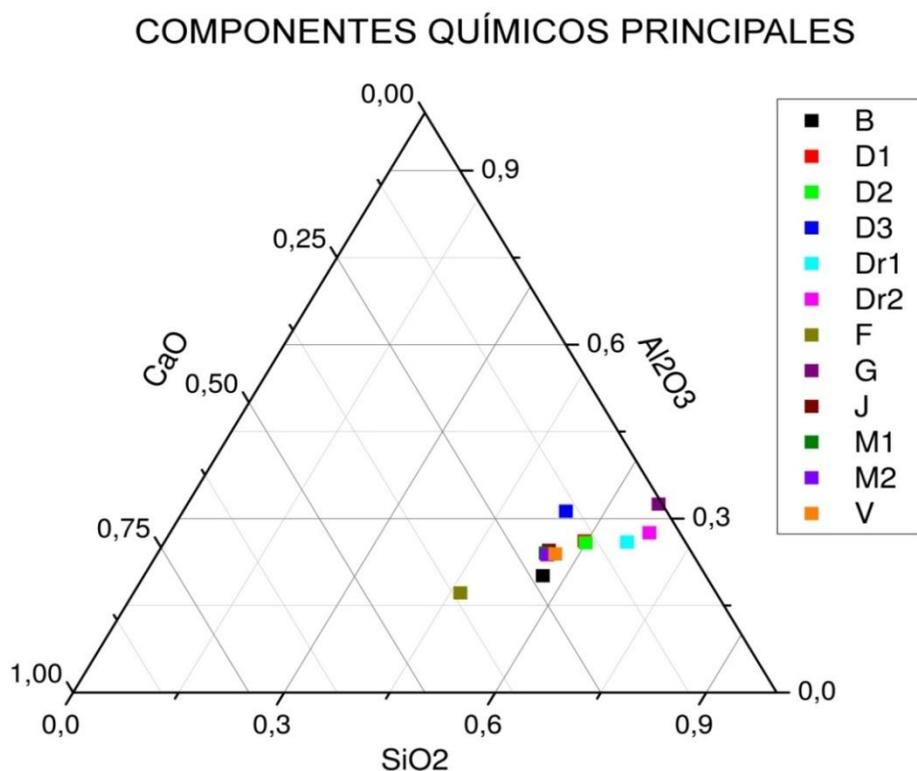


Figura 67. Diagrama triangular que muestra la distribución de los elementos mayoritarios más abundantes en las 12 arcillas

Si observamos el diagrama triangular (fig. 68) referente al porcentaje de los principales elementos que componen las arcillas, en general, las muestras se alinean en base a su contenido en CaO entre el 0% de G y el 25% de B, hasta llegar al 40% de F. El porcentaje en Al_2O_3 es similar en prácticamente todos de yacimientos, situándose entre el 20-25%. Las concentraciones de SiO_2 son las que más varían de manera opuesta al CaO, yendo, como podemos observar, en escalada desde el 46% de F hasta el 68% de Dr2.

CONCLUSIONES

Mediante esta técnica analítica se perciben indicios de elementos marcadores (Sr en J, S en D3 y M2, V en M1, Zr en B, D2 y F, Cl en D2, Ni y Cu en Dr1 y Dr2, As en D1, D3 y G), que deberían ser corroborados por muestreos más exhaustivos, tomados alrededor de la muestra en estudio en esta Tesis, confirmando si se mantienen los patrones y si se trata del mismo afloramiento.

Estos datos indican que debemos buscar las fases minerales que justifiquen la presencia de S y Sr en J, como por ejemplo la celestina, de V y As en M1, como son la vanadinita y la arsenopirita.

C.1.5.1. Difracción de rayos X

METODOLOGÍA

La mineralogía del material cocido a las tres temperaturas ha sido estudiada por medio de difracción de rayos X (XRD) utilizando el mismo equipo, condiciones de trabajo y método descritos para la muestra total de arcilla cruda (apartado D.3.1.4.1.), pero se ha determinado también la cantidad de fase amorfa o vítrea desarrolladas en la terracota en el proceso de cocción, utilizando el software X Powder[®]¹¹⁷.

RESULTADOS

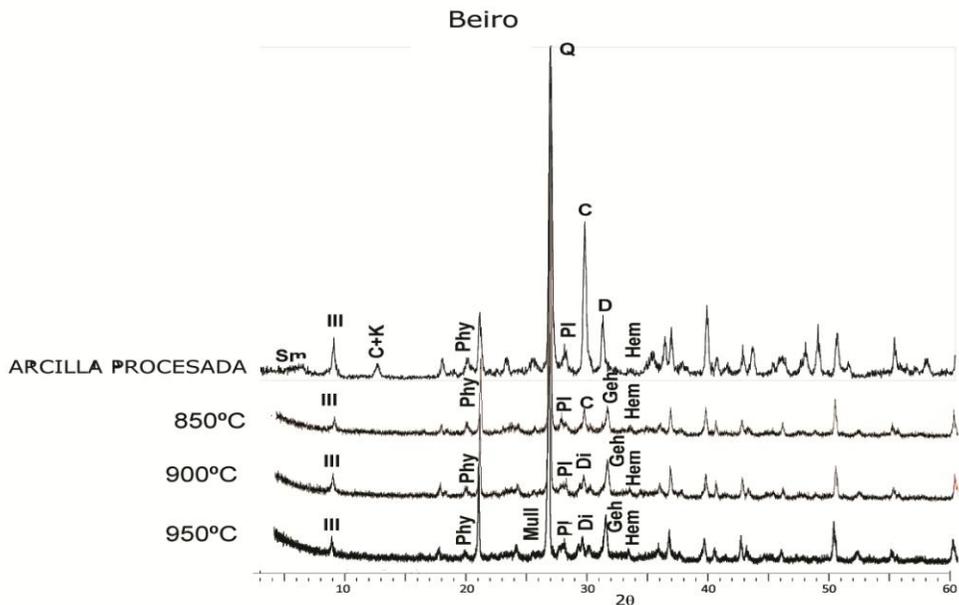


Figura 68. Difractogramas de Beiro comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Legenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Hem** – hematites; **Mull** – mullita; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido

¹¹⁷ MARTÍN RAMOS (2004)

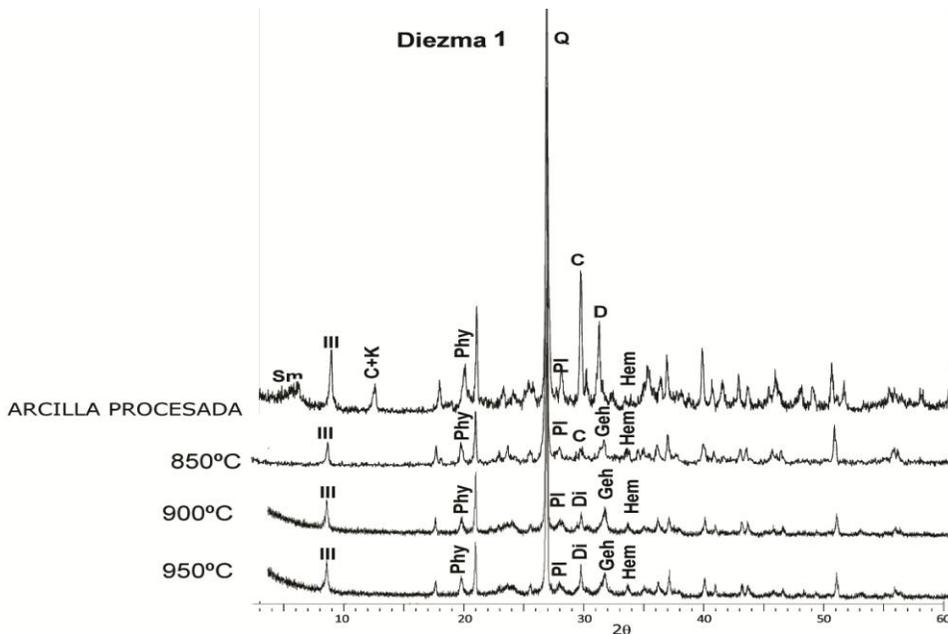


Figura 69. Difractogramas de Diezma 1 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Hem** – hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido

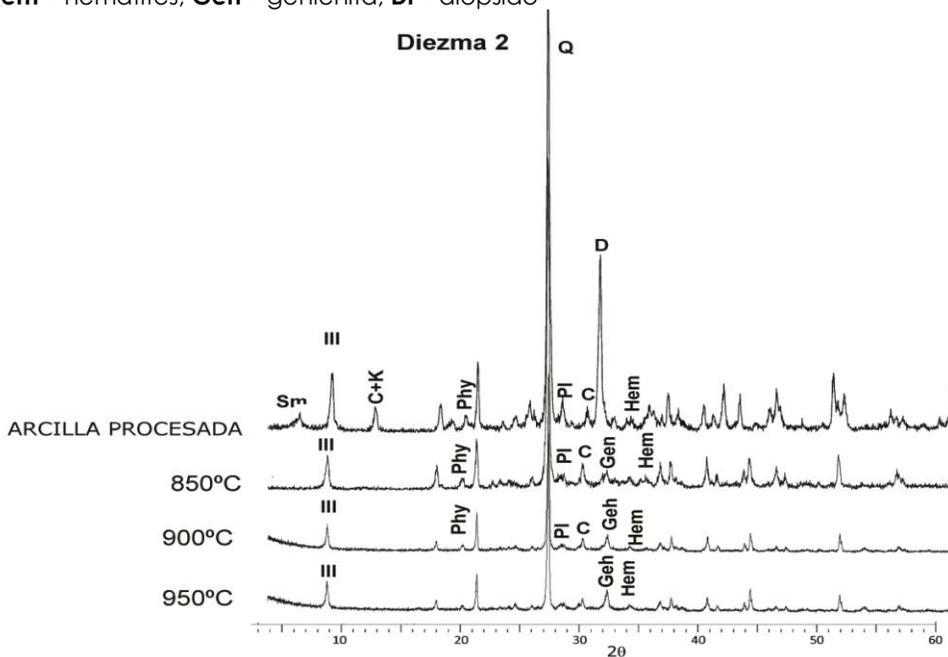


Figura 70. Difractogramas de Diezma 2 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Hem** – hematites; **Geh** – gehlenita

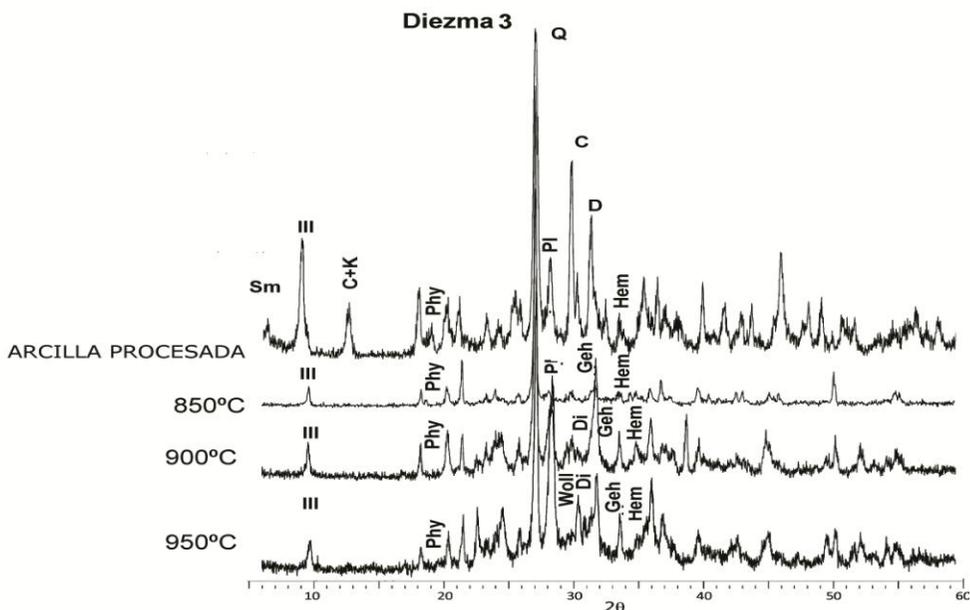


Figura 71. Difractogramas de Diezma 3 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Hem** –hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Woll** – wollstonita

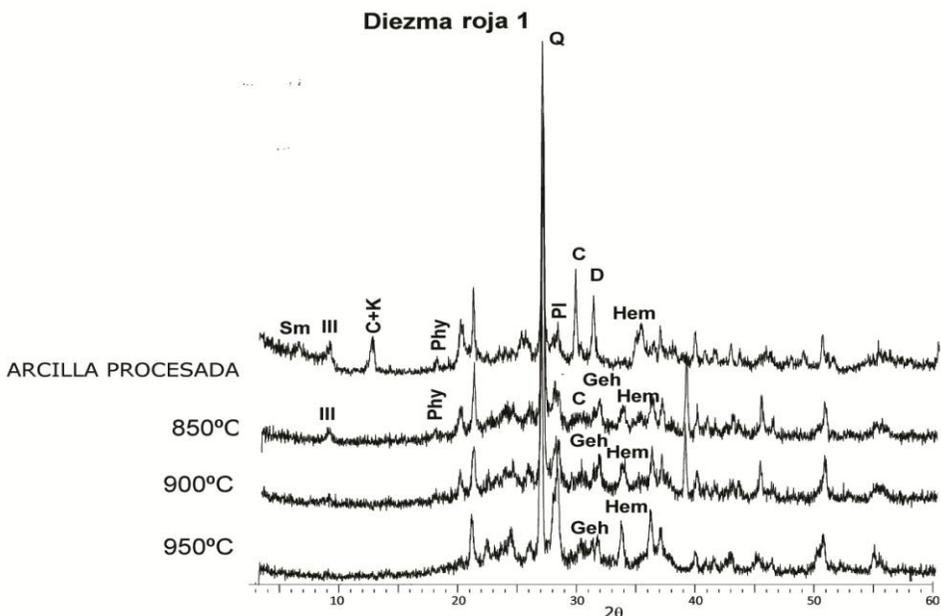


Figura 72. Difractogramas de Diezma roja 1 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites; **Geh** – gehlenita

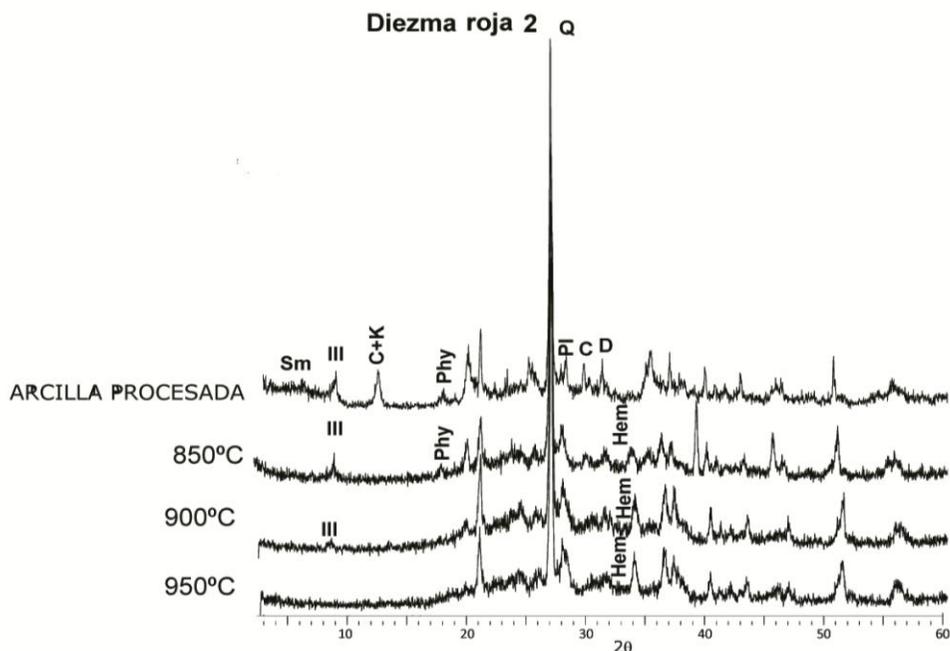


Figura 73. Difractogramas de Diezma roja 2 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

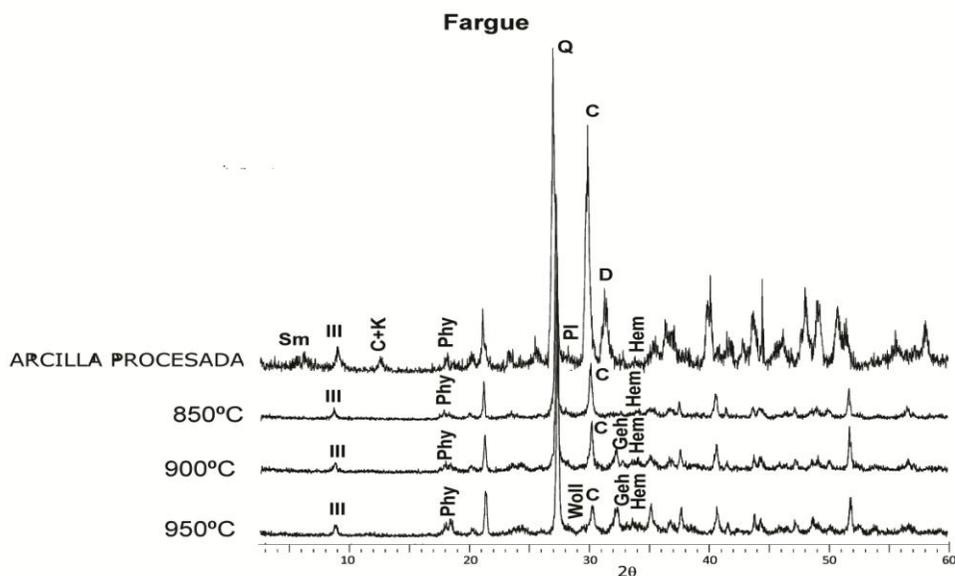


Figura 74. Difractogramas de Fargue comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Woll** – wollstonita

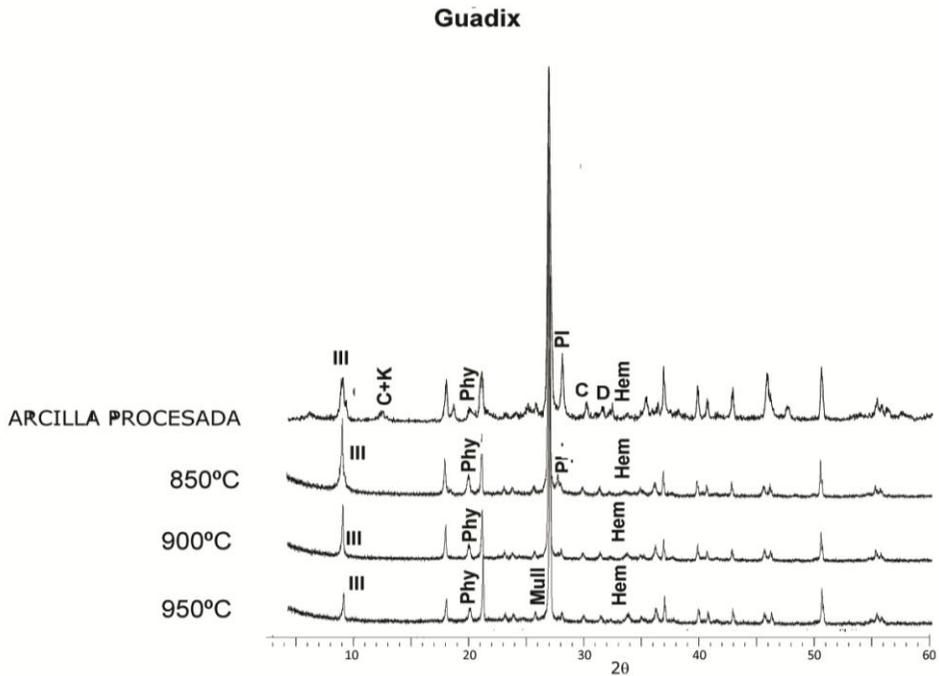


Figura 75. Difractogramas de Guádix comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Hem** – hematites; **Mull** –mullita

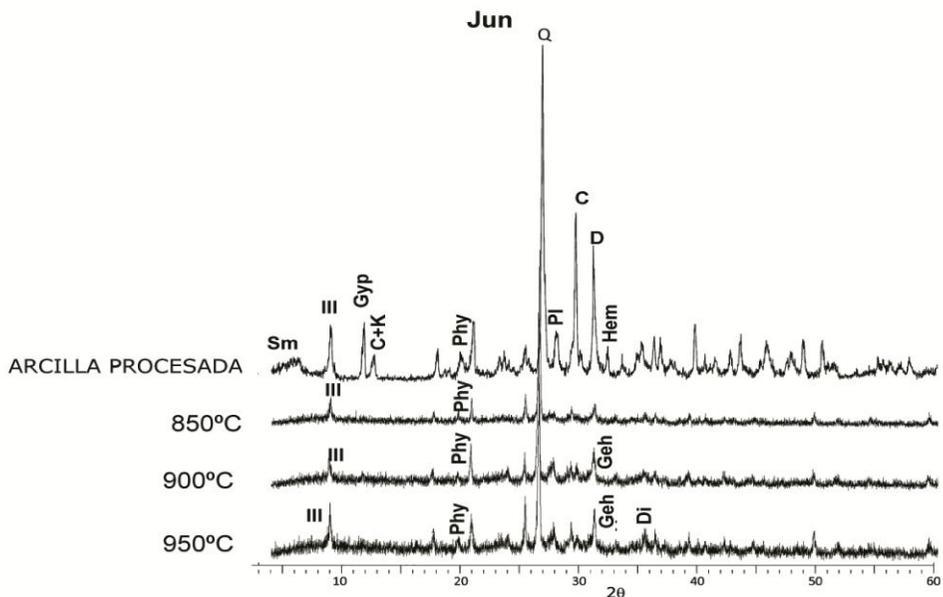


Figura 76. Difractogramas de Jun comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Gyp** – yeso; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido

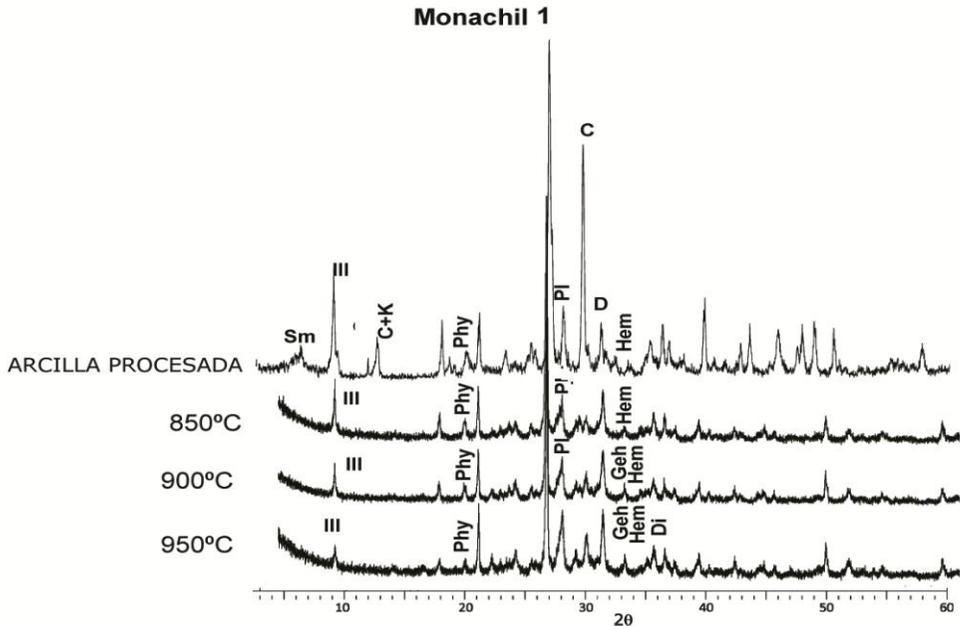


Figura 77. Difractogramas de Monachil 1 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido

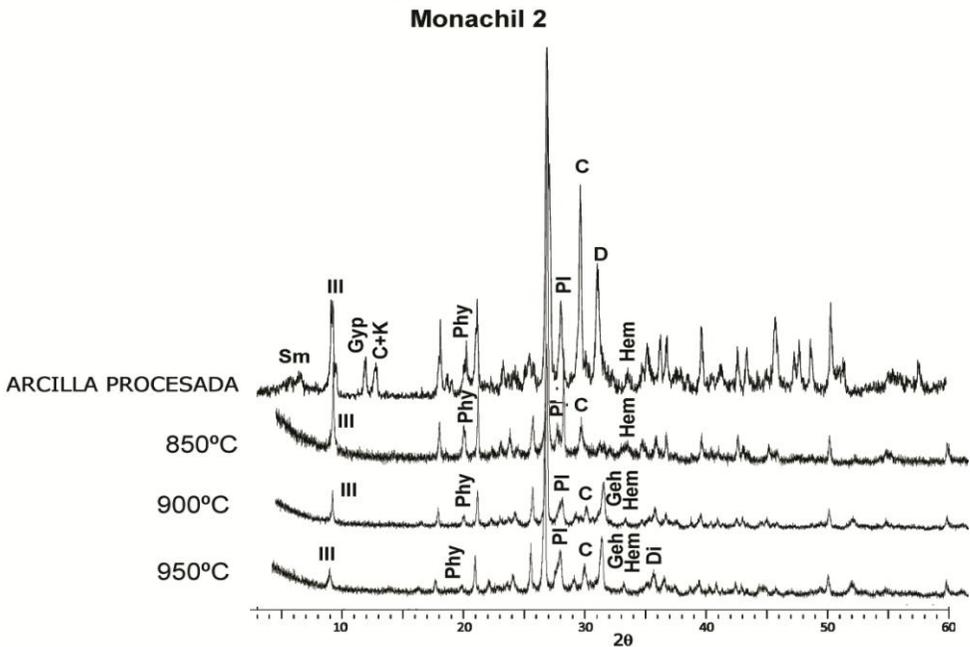


Figura 78. Difractogramas de Monachil 2 comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Gyp** – yeso; **C+K** – clorita y caolinita; **Phyl** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido

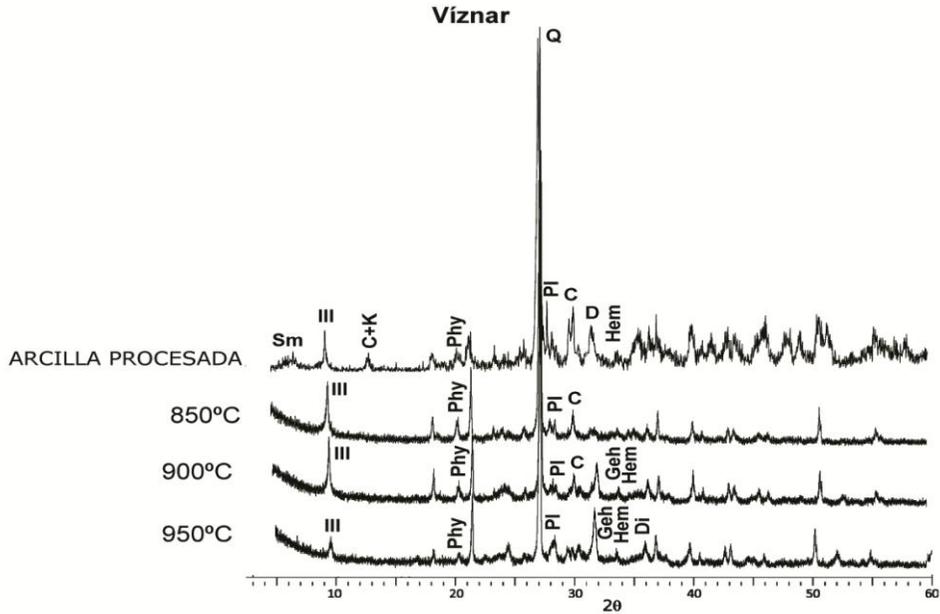


Figura 79. Difractogramas de Viznar comparando la arcilla y las piezas cocidas a las tres temperaturas de cocción. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **C+K** – clorita y caolinita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** –plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Hem** –hematites; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido

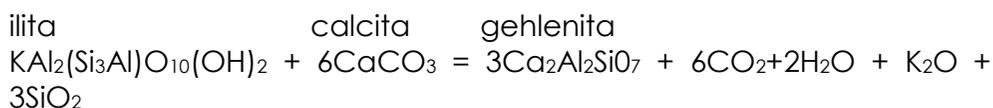
Tabla 14. CONCENTRACIÓN DE FASES MINERALES EN PROBETAS CRUDAS Y COCIDAS (%)

MUESTRA	Q	C	D	Pl/Fds	Geh	Hem	Di	Ill	Woll	Mull	Melt	Gyp
B	100	70	20	10	tz	-	tz	-	tz	-	-	-
	850	80	5	-	5	5	tz	-	tz	-	-	5
	900	85	-	-	tz	10	tz	tz	tz	-	tz	5
	950	80	-	-	tz	10	Tz	5	tz	-	tz	5
D1	100	65	10	15	5	-	tz	-	5	-	-	-
	850	60	5	-	tz	5	tz	-	25	-	-	5
	900	60	-	-	5	5	5	-	20	-	-	5
	950	60	-	-	5	5	5	-	20	-	-	5
D2	100	65	-	25	5	-	tz	-	5	-	-	-
	850	85	5	-	tz	tz	tz	-	5	-	-	5
	900	80	tz	-	5	10	5	tz	tz	-	-	5
	950	80	-	-	5	10	5	tz	tz	-	-	5
D3	100	50	20	10	10	-	5	-	5	-	-	-
	850	40	-	-	10	15	5	-	25	-	-	5
	900	35	-	-	10	20	10	10	5	-	-	10
	950	30	-	-	15	10	10	10	5	5	-	15
Dr1	100	65	15	5	5	-	-	-	10	-	-	-
	850	45	tz	-	10	10	10	-	20	-	-	5
	900	45	-	-	10	10	10	-	15	-	-	10
	950	50	-	-	15	10	10	-	tz	-	-	15
Dr2	100	80	-	tz	5	-	-	-	15	-	-	-
	850	60	-	-	5	-	5	-	20	-	-	10
	900	65	-	-	10	-	5	-	10	-	-	10
	950	60	-	-	15	-	15	-	tz	-	-	10
F	100	50	40	10	tz	-	-	-	tz	-	-	-
	850	55	10	-	tz	-	tz	-	30	-	-	5
	900	55	10	-	tz	5	tz	-	30	tz	-	5
	950	65	-	-	-	5	-	-	25	tz	-	5
G	100	85	tz	tz	15	-	tz	-	tz	-	-	-
	850	55	tz	tz	5	-	tz	-	35	-	-	5
	900	65	-	-	tz	-	tz	-	30	-	tz	5
	950	65	-	-	tz	-	5	-	20	-	tz	10
J	100	45	20	10	10	-	-	-	5	-	-	-
	850	50	5	-	10	10	5	-	15	-	-	5
	900	50	-	-	10	10	5	5	10	-	-	10
	950	50	-	-	10	10	5	5	10	-	-	10
M1	100	50	35	5	10	-	-	-	tz	-	-	-
	850	40	-	-	10	10	5	5	25	-	-	5
	900	45	-	-	10	10	5	5	20	-	-	5
	950	40	-	-	10	10	5	10	15	-	-	10
M2	100	50	20	10	10	-	-	-	5	-	-	-
	850	40	5	-	15	5	5	-	25	-	-	5
	900	40	-	-	10	10	5	5	25	-	-	5
	950	35	-	-	10	15	5	10	15	-	-	10
V	100	70	10	10	5	-	-	-	5	-	-	-
	850	60	5	-	5	tz	tz	-	25	-	-	5
	900	55	-	-	5	5	5	tz	25	-	-	5
	950	50	-	-	5	10	5	5	20	-	-	5

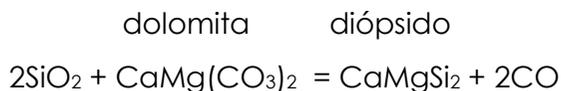
Leyenda: **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; ; **Pl/Fds**–plagioclasas/feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem** – hematites; **Di** – diópsido; **Ill** – illita;**Woll** – wollastonita; **Mull** – mullita; **Melt** – fase amorfa; **Gyp** - yeso

En los yacimientos que contienen carbonatos se han formado fases minerales como la gehlenita a partir de los 800 °C (en todos los yacimientos menos en Dr2 y G), y dióxido (en todos menos en D1, Dr1, Dr2, F y G) a partir de los 900 °C. El desarrollo de estas fases se debe a la descomposición de los carbonatos (calcita y dolomita) a temperaturas de 700-750 °C y su reacción con la sílice presente en la matriz arcillosa (cristales de cuarzo y filosilicatos sobre todo) para desarrollar la gehlenita, y a temperaturas más altas y en presencia de magnesio, el dióxido¹¹⁸.

La gehlenita se forma según la fórmula:



La formación del dióxido ocurre según la siguiente fórmula:



En los yacimientos que no contienen carbonatos se ha formado mullita a partir de los 900 °C (B y G, figs. 68 y 75). La mullita es un silicato de aluminio que se forma a partir de la deshidroxilación de la moscovita. Esta moscovita deshidroxilada sufre fusiones localizadas a lo largo de los planos basales <001> conforme aumenta la temperatura (comenzando ésta a 900 °C), y es a partir de este momento cuando la mullita comienza a nuclear y crecer, concretamente en áreas específicas donde se produce una

¹¹⁸CULTRONE et alii (2001)

supersaturación¹¹⁹. Su aparición a temperaturas relativamente bajas (900 °C) se ve favorecida, además por la naturaleza ílfica de la arcilla (condición que cumplen ambos yacimientos, tabla 9), lo que sumado a un relativamente elevado contenido en hierro (5 y 7% respectivamente según XRF, tabla 13), favorece la formación de vidrio, impidiendo el desarrollo de otras fases a partir de ella¹²⁰. Por otra parte, en ambos yacimientos se ha detectado la disminución en la proporción de feldespatos (tabla 14) conforme aumenta la temperatura, por lo que la reacción entre las arcillas de naturaleza ílfico-caolinítica (tabla 10) con estos feldespatos puede haber promocionado también la aparición de este silicato¹²¹.

La formación de hematites a partir de los 850 °C se ha dado en todos los yacimientos, si bien las proporciones varían de forma sustancial según el contenido en carbonatos. Mientras que en las muestras ricas en carbonatos como F con un 60% (tabla 8, fig. 74), o B con un 30%, la hematites aparece a nivel de traza incluso a 950 °C; en muestras con una cantidad moderada de carbonatos, como D1, D2, J, M1, M2, V (20-30%según XRD, tabla 8, figs. 69, 70, 76 a 79), la cantidad de hematites sube al 5%. Los casos excepcionales son D3 (fig. 71), que presenta un 10% de hematites pese a su elevada proporción de carbonatos (30% según la tabla 8), lo cual se debe a que ya la materia prima presentaba un 5% de hematites. Por otro lado, Dr1 (fig. 72), pese a contener un 20% de carbonatos y no tener hematites en origen, presenta una vez cocido un 10% de hematites desde los 850 °C, lo que puede explicarse por la elevada cantidad

¹¹⁹ RODRÍGUEZ NAVARRO et alii (2003)

¹²⁰LINARES et alii (1983)

¹²¹ ARAS (2004)

de hierro detectado por XRF (tabla 13), que llega al 7%, cuando el resto de yacimientos contienen un máximo del 5%. Dr2 (fig. 73) también contiene un 7% de hierro por XRF, lo cual, sumado a la carencia de carbonatos, da lugar al elevado contenido de hematites, un 15%. G (fig. 75), pese a no presentar apenas carbonatos y contener también un 7% de hierro según XRF, no ha producido más de un 5% de hematites.

Estos comportamientos se explican ya que la formación de hematites se debe a la recristalización de óxidos de hierro tras la descomposición de los filosilicatos¹²². De no haber carbonatos en la muestra, la transformación es paralela a la elevación en la temperatura, ya que cuanto más se deterioran los filosilicatos más hematites se forman (pauta que vemos en todos los yacimientos, tabla 14). En los yacimientos que contienen calcio su formación es muy escasa debido a que el hierro que se encuentra en la muestra es atrapado en la estructura de los silicatos y aluminosilicatos de calcio, inhibiéndose la formación de hematites¹²³. No obstante, en casos aislados como el que hemos visto de Dr1, la elevada cantidad de hierro ha permitido que se formen hematites.

Respecto al desarrollo de fundido, las muestras que presentan mayor cantidad de fase amorfa son D3, Dr1 y Dr2. Esta mayor cantidad de fundido se debe a concentraciones de filosilicatos muy elevadas, ya detectadas en los análisis por XRD de la arcilla cruda (5-15% según la tabla 8), y coincide también con los yacimientos que, a simple vista y por manejo durante el amasado, se han

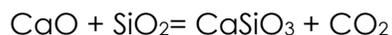
¹²²PARRAS et alii (1996)

¹²³ MANIATIS et alii (1981)

considerado de granulometría más fina. Estos dos factores han provocado una mayor fusión de estas fases minerales a temperaturas más bajas, llegando al 10% incluso a los 850 °C en Dr2. El efecto de una vitrificación más extensa a temperaturas más altas se explica porque los filosilicatos, en una matriz no carbonatada, no reaccionan de forma temprana con los carbonatos en su borde de grano a baja temperatura, y emiten cantidades significativas de H₂O durante su deshidroxilación, lo que contribuye a una fusión más extensiva a temperaturas más elevadas¹²⁴. Por otro lado, un contenido mayor en SiO₂ aporta un mayor potencial a la formación de fundido rico en silicato¹²⁵. Esta mayor vitrificación supone también, seguramente, que se trata de probetas más compactas que el resto, ya que la fase vítrea aporta una mayor unión entre los granos y el desarrollo de una porosidad más cerrada.

Estudiando más en detalle los yacimientos, se encuentran algunas particularidades, como la presencia de wollastonita en F a partir de los 900 °C. Este silicato de calcio se ha formado por la reacción entre los carbonatos y el cuarzo, según la fórmula:

wollastonita



Otra particularidad es la elevada cantidad de filosilicatos incluso a 950 °C, temperatura a la que los yacimientos D1, F, G y V presentan aún un 20% (tabla 14), aunque en teoría a esta temperatura la illita

¹²⁴ BREARLEY & RUBIE (1990)

¹²⁵ CULTRONE et alii (2001),

debería estar descompuesta¹²⁶. Estos yacimientos no presentaban en su materia prima cruda una cantidad excesiva de filosilicatos, que de hecho llegan a un 5% máximo según la tabla 8. Una posible explicación es que su gran tamaño de grano haya permitido una menor reacción con el entorno, permaneciendo el interior de los cristales más intacto. Esta hipótesis deberá ser confirmada posteriormente mediante POM y SEM.

Otro dato a tener en cuenta es la presencia de yeso en J a 850 °C, que llega al 10%. Según veíamos en la tabla 8, éste era el único yacimiento que contenía esta fase mineral tras el procesado de la arcilla, en la misma proporción que encontramos en la probeta cocida a 850 °C. Es posible que en la fase en que se ha detectado haya sido anhidrita II, que aparece entre los 300 y 800 °C a partir de la deshidratación del yeso¹²⁷, aunque según ARREDONDO (1980) se puede obtener también hasta 900 °C.

Se debe hacer una última apreciación respecto a la cantidad y naturaleza de las plagioclasas presentes en las muestras, que en muchos casos sufren una transformación en su composición desde oligoclasas a plagioclasas de tipo anortítico, de forma progresiva conforme aumenta la temperatura. Este efecto es patente y visible en los difractogramas de las muestras B, D1, D2, D3, M1, M2 y V (figs. 68 a 71, 77 a 79), y se debe a la incorporación de calcio por parte de las plagioclasas¹²⁸.

¹²⁶ PETERS & ILBERG (1987)

¹²⁷ GUILLÉN VIÑAS (2005)

¹²⁸ LINARES et alii (1983)

En el caso de D3 y Dr1 y en menor medida en J y M1, se ha observado, tanto en sus figuras 71, 73 y 77 como en la tabla 14, un aumento en la proporción de las plagioclasas paralelo a la disminución en la proporción de gehlenita (muy sutil en J y M1, por lo que no se refleja numéricamente en la tabla 14) entre las temperaturas de 900 y 950 °C de cocción. Este efecto puede ser debido a una parcial descomposición de la gehlenita, y puede darse entre los 900-1000 °C, y a la formación de plagioclasas cálcicas y K-feldespatos¹²⁹.

CONCLUSIONES

Los minerales más característicos a tener en cuenta son la wollastonita en F, mullita en B y G, diópsido en D3, J, M1 y M2, y los elevados niveles de fase amorfa (probablemente fundido) de D3, Dr1 (15% a 950 °C) y Dr2 (10% a 850 °C). También llamativa es la elevada proporción de filosilicatos a 950 °C en M1 y M2 (15%), y sobre todo en D1, F, G y V ($\geq 20\%$).

La cantidad de plagioclasas es especialmente abundante en D3, Dr1, Dr2, M1 y M2, y en general se transforman de oligoclasas a anortitas por la sustitución del Na por el Ca. Sólo en el caso de D3 la proporción de plagioclasas aumenta también por la parcial descomposición de la gehlenita.

¹²⁹ MARITANI et alii (2006), DUMONICO et alii (1998 y 1996), DONDI et alii (1995), PETERS & ILBERG (1987), LINARES et alii (1983)

Es extraño encontrar calcita en alguna de las muestras cocidas a 900 °C (D2 y F). Seguramente al sumergirlas en agua tras la cocción las probetas reabsorbieron algo de calcita allí disuelta.

Cruzando estos datos, se observa que en los yacimientos que no contienen carbonatos, o que los contienen en muy bajas cantidades, se desarrolla mullita a partir de los 900 °C, y que solamente aquél que contenía una cantidad excesiva de carbonatos respecto a los filosilicatos, F, ha formado wollastonita desde los 900 °C. D3 también presenta wollastonita en D3 950.

La fase neoformada más habitual es la gehlenita, más abundante en D3 en detrimento de la cantidad de cuarzo, que disminuye en un 10%, y es prácticamente lo que aumenta la proporción de gehlenita. Esto tal vez se explique por la granulometría muy pequeña de los cristales de cuarzo que reaccionen más rápidamente con los carbonatos, algo que habrá que comprobar por POM y SEM-EDX.

Se cumplen, de este modo, las premisas marcadas por CULTRONE (2001), que se resumen en:

- Por debajo de los 800 °C se descomponen tanto calcita como dolomita
- La gehlenita aparece exclusivamente en las muestras con carbonatos a partir de los 800 °C
- Dióxido y wollastonita aparecen en las muestras con carbonatos a altas temperaturas
- La mullita aparece en temperaturas superiores a los 800 °C

- La fase vítrea prevalece en las muestras con carbonatos hasta los 900 °C, siendo mayor el fundido a temperaturas más altas en aquellas muestras que no contienen carbonatos.¹³⁰

La única premisa que no se cumple es la relativa a los filosilicatos, ya que la illita deshidratada es perceptible en todos los yacimientos cocidos a 950 °C, y de forma abundante en D1, F, G, M1, M2, V (en una cantidad inferior o igual al 15%). Como se ha comentado anteriormente, deberá comprobarse mediante microscopía por si esta anomalía es debida al tamaño de grano de los filosilicatos, que permitan una menor reactividad de los mismos al calor.

C.1.5.3. Microscopía óptica de polarización

METODOLOGÍA

El estudio de la textura de las probetas se observó mediante lámina delgada con un microscopio óptico de luz polarizada Olympus BX60.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien los ladrillos tradicionales presentan de forma general una orientación menor de los minerales laminares y el producto cocido es más poroso, la granulometría de cada yacimiento, su

¹³⁰ CULTRONE (2001), CULTRONE et alii (2001)

composición mineralógica y, por supuesto, el haber tratado la elaboración de las probetas con un método más parecido al de la conformación de la escultura que a la de un ladrillo, les ha aportado a las mismas diferencias texturales sustanciales.

En general, conforme aumenta la temperatura de cocción, la matriz de todos los yacimientos se va haciendo más vítrea, por lo que es más isótropa y menos birrefringente.

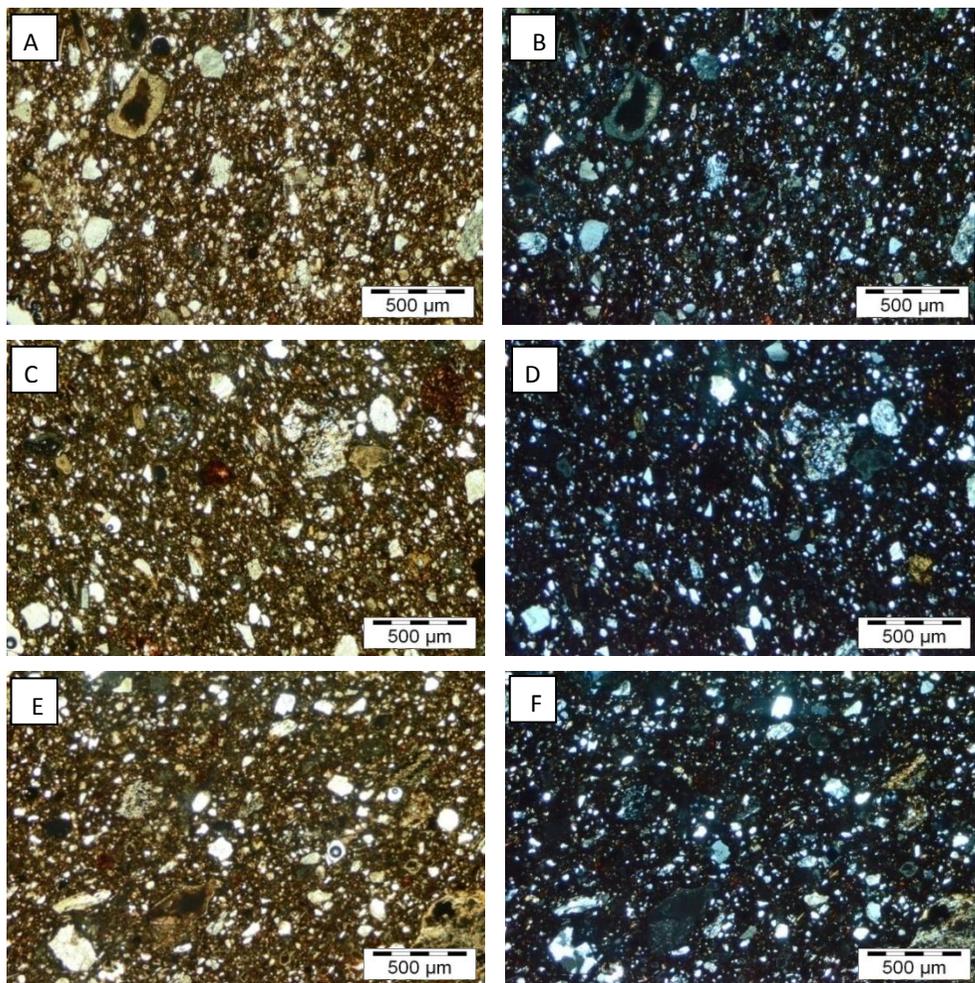


Figura 80. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Beiro. **A** – B 850 un polarizador, se observa una calcita que ha perdido su típica birrefringencia, por la cocción de la pieza. **B** – B 850 en nícoles cruzados. **C** – B 900 un polarizador, se reconoce un óxido de hierro. **D** – B 900 nícoles cruzados. **E** – B 950 un polarizador, orientación de los granos minerales. **F** – B 950 en nícoles cruzados.

Beiro

En este yacimiento la diferencia entre la matriz y el desgrasante es muy clara, encontrando abundancia de granos muy bien definidos. Estos desgrasantes son principalmente de forma subredondeada, con un tamaño que oscila entre 25 y 400 μm , habiendo todo rango de tamaños de grano intermedio.

Este afloramiento presenta principalmente como desgrasante cristales cuarzo metamórfico, con textura en mosaico y extinción ondulante y color de interferencia que llega hasta el blanco de primer orden. Se observan también escasas improntas de microorganismos (bivalvos) (fig.80.A). También se encuentran abundantes fragmentos de gneis y micaesquistos bien distribuidos en la matriz (figs. 80.C y 80.D) que constituyen el esqueleto de la muestra. Los filosilicatos están claramente orientados según la dirección de moldeo de la pieza (figs. 80.E y 80.F). Otra fase mineral identificada, aunque más escasa, ha sido el zircón.

Los filosilicatos presentan colores de interferencia de primero y segundo orden a 850 °C (figs. 80.A y 80.B), si bien va disminuyendo su birrefringencia hasta asumir tonalidades grises-amarillentas a 950 °C (figs. 80.E y 80.F), lo que sugiere su transformación a otros silicatos de aluminio, probablemente mullita. Ya desde los 850 °C no son muy abundantes, dato que nos confirma los resultados de XRD (tabla 14), donde los filosilicatos se encontraban en una cantidad de trazas. Por

otro lado, la posible formación de mullita está confirmada por los datos de XRD, donde esta fase se identificaba a partir de los 900 °C.

Se reconocen algunos carbonatos (figs. 80.A y 80.B), aunque sin su color de interferencia típico, bien en forma de cristales de tonos más pardo-amarillentos con una corona externa más oscura de borde de reacción. En este yacimiento, en ninguna de las tres temperaturas se ha observado la formación de fisuras alrededor de estos granos, lo que indica que la transformación de CaO en Ca(OH)₂ (portlandita) no ha provocado tensiones en la estructura. Esta elevada alteración en los granos confirma los datos obtenidos por XRD, que identificaba en apenas un 5% la cantidad de calcita a 850 °C (tabla 14), si bien en origen este yacimiento contenía hasta un 20% (tabla 8).

La presencia de hematites (fig. 80.C y 80.D) es también muy escasa, identificada, de hecho, a nivel de trazas según XRD (tabla 14).

Respecto a la matriz, tiene un color ocre amarillento, poco vítrea (apenas un 5% de material fundido, según XRD). La porosidad tiene en general una morfología irregular, angulosa y alargada paralelamente a la dirección de los filosilicatos (figs. 80.C y 80.D).

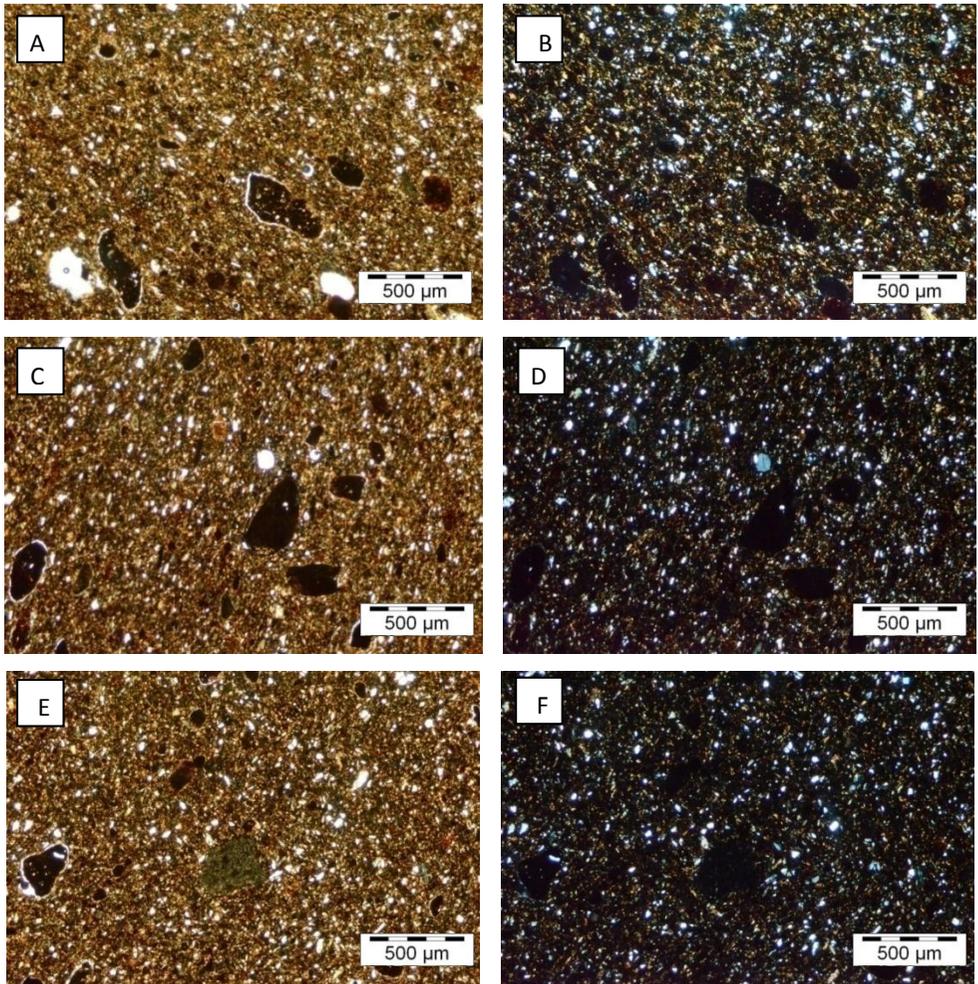


Figura 81. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Diezma 1. **A** – D1 850 un polarizador. **B** – D1 850 en nícoles cruzados, evidenciando la abundante presencia de cristales de cuarzo de pequeño tamaño. **C** – D1 900 un polarizador, siendo la textura casi idéntica, se observan dos granos de carbonatos bastante transformados. **D** – D1 900 nícoles cruzados. **E** – D1 950 un polarizador, en el centro de la imagen se observa un grumo de arcilla de tonalidad más verdosa. **F** – D1 950 en nícoles cruzados, en la zona derecha se aprecia el bajo color de interferencia de los filosilicatos.

Diezma 1

En este primer nivel de extracción de arcilla del yacimiento de Diezma gris se observa, como sucedía en Beiro, una elevada cantidad de desgrasante, siendo la matriz de color ocre claro y poco vitrificada, incluso a la temperatura de cocción de 950 °C (figs. 81.E y 81.F). Esta escasa vitrificación se corresponde con los datos obtenidos por XRD, que sitúan la cantidad de fundido en un 5%. El tamaño de desgrasante oscila principalmente entre 5 y 100 μm , siendo mucho más abundantes los granos de tamaño inferior. Su forma varía entre angular y subredondeada, predominando los del segundo tipo. Se observa una gran cantidad de grumos de arcillas de un tamaño cercano a los 500 μm , alrededor de los cuales se han desarrollado fisuras radiales (figs. 81.A, 81.C y 81.E), lo que indica variaciones de volumen de dichos granos durante el proceso de cocción que han provocado tensiones en la estructura.

Respecto al desgrasante, se trata principalmente de cuarzo metamórfico de pequeño tamaño, muy abundante y bien distribuido en la matriz. Los filosilicatos se encuentran alineados prácticamente en toda la superficie de la muestra, y son mucho más abundantes que en B (lo que nos confirma los datos obtenidos por XRD, 25-20%, tabla 14). A la temperatura de cocción de 850 °C presentan colores de interferencia de 2º orden, que disminuyen cuanto más aumenta la temperatura (figs. 81.E y 81.F).

La presencia de carbonatos es mucho menos evidente que en Beiro (XRD cuantifica la calcita en un 10%), siendo su tamaño muy inferior (alrededor de 5-25 μ m, en general), si bien su estado de descomposición es el mismo, y tampoco presentan fisuras perimetrales (figs. 81.C y 81.D). Esta elevada alteración, incluso a 850°C, corrobora de nuevo los datos de XRD (5%).

La matriz no es demasiado oscura, con una vitrificación no muy acentuada. Respecto a la porosidad, igualmente tiene forma irregular, perfectamente apreciable en la figura 81.A. No se observan evidencias de recristalización del carbonato cálcico dentro de los poros.

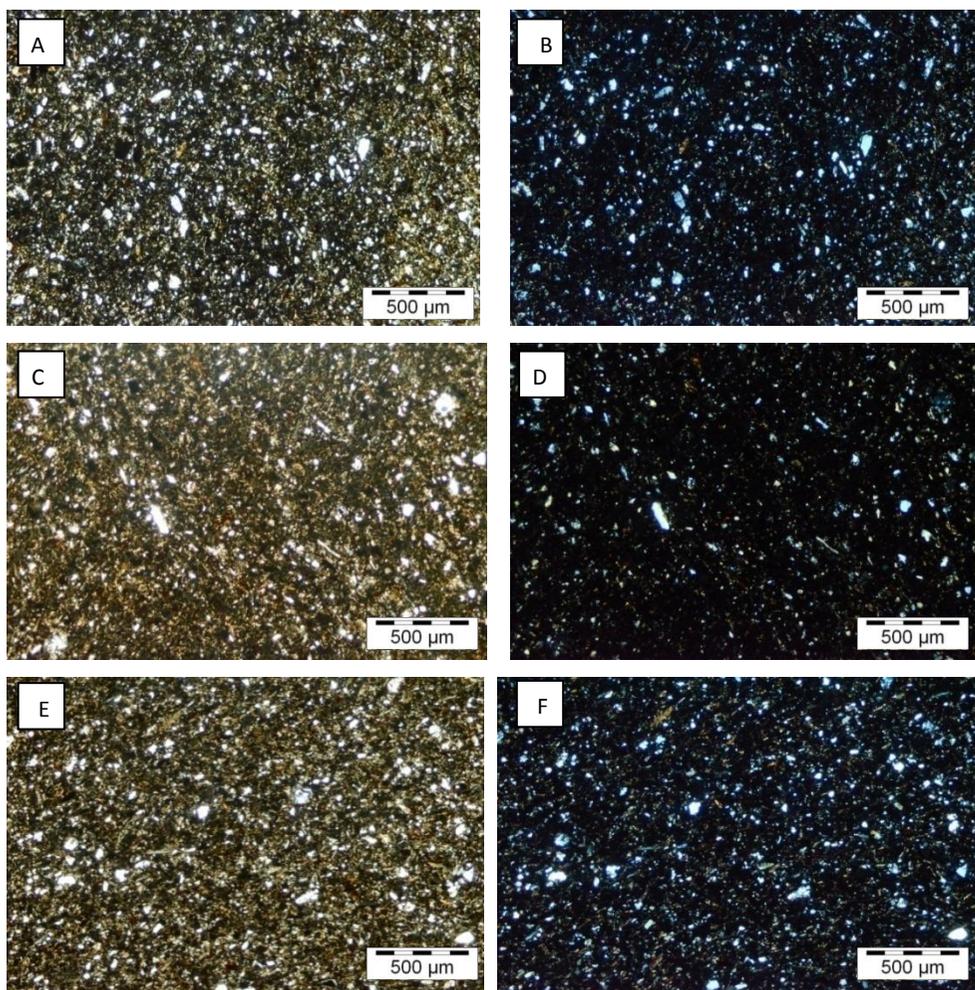


Figura 82. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Diezma 2. **A** – D2 850 un polarizador. **B** – D2 850 en nícoles cruzados, abundancia de granos de gneis y micaesquistos. **C** – D2 900 un polarizador, se identifican los carbonatos de forma más abundante que en los casos anteriores. **D** – D2 900 nícoles cruzados. **E** – D2 950 un polarizador. **F** – D2 950 en nícoles cruzados, se distingue el tamaño mayor de los filossilicatos, respecto al resto de minerales de la muestra

Diezma 2

En este yacimiento la matriz es color beige más claro y es más abundante que en los anteriores, presentando el desgrasante, en general, un tamaño de grano poco heterogéneo y muy pequeño (1-5 μm), siendo de tamaño más grande tan sólo algunos filosilicatos, óxidos de hierro y carbonatos aislados (100-200 μm), cuya forma varía de angular a subredondeada (figs. 82.E y 82.F).

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo de tamaño muy pequeño, metamórfico, con morfología de angular a subredondeado (figs. 82.A y 82.B). La muestra en general presenta poca orientación de los granos. Se identifican abundantes micaesquistos y óxidos de hierro (figs. 82.C y 82.D), siendo la cantidad de hematites, de hecho, de un 5% según XRD.

Los filosilicatos presentan un color entre naranja y verde de segundo orden a los 850 °C, mientras que a 950 °C se han transformado asumiendo un color blanco-amarillento de primer orden. Esta transformación explica porque, pese a que visualmente son identificables, sólo se hayan podido contabilizar en menos de un 5% por XRD (tabla 14.)

Los carbonatos, como en los casos anteriores muestran un color pardo y aureolas de tono más oscuro, no presentan fisuras, pero son muy abundantes (figs. 82.E y 82.F) (25% según XRD, tabla 8).

La matriz, abundante aunque poco vítrea, mantiene incluso a 950 °C un tono bastante claro, aunque más oscuro que a las temperaturas de cocción más bajas, siendo, al igual que en los yacimientos anteriores, de un 5% según XRD.

La porosidad es de tamaño muy grande y escasa, de morfología irregular, localizada en agrupaciones de huecos como si se dieran unas zonas de la matriz más compactas que otras.

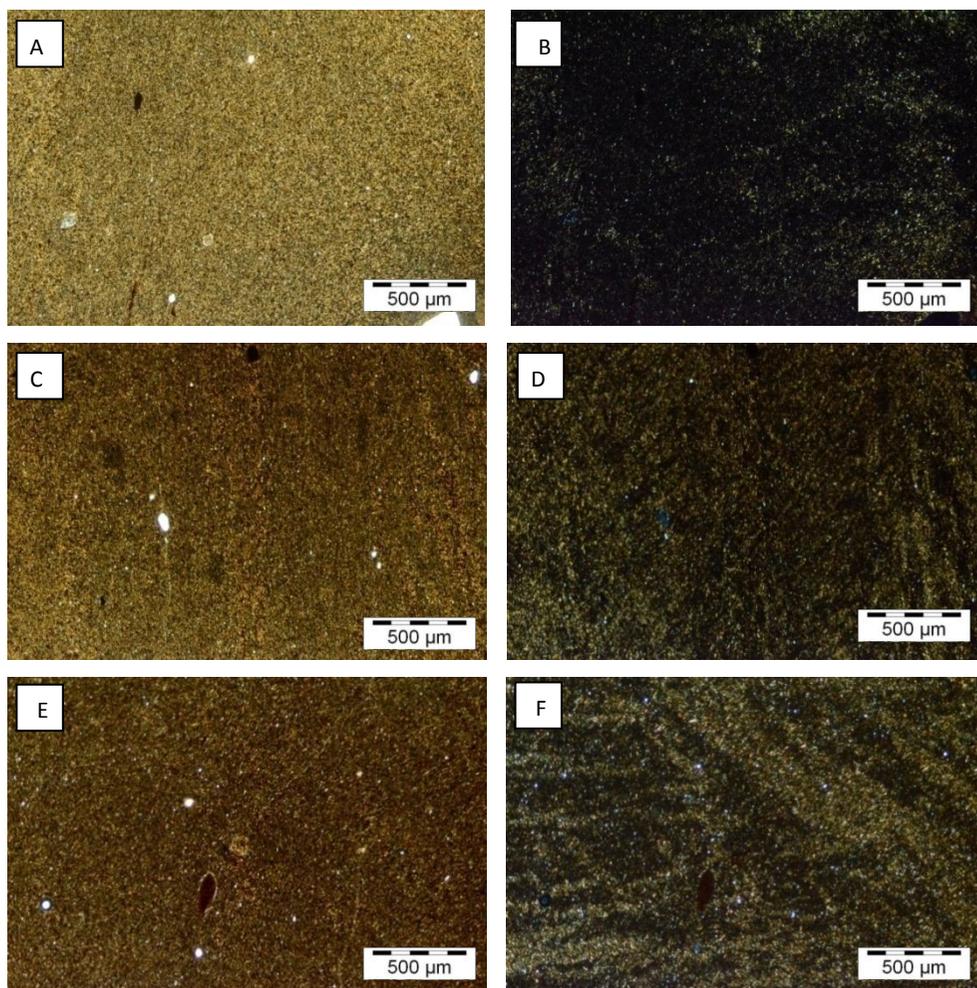


Figura 83. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Diezma 3. **A** – D3 850 un polarizador, se observa la textura completamente distinta a los yacimientos anteriores, de granulometría muy pequeña. **B** – D3 850 en nícoles cruzados. **C** – D3 900 un polarizador, se percibe la formación de una fisura a partir de un poro de mayor tamaño. **D** – D3 900 nícoles cruzados. **E** – D3 950 un polarizador, en el centro se identifica un grumo de arcilla. **F** – D3 950 en nícoles cruzados, se aprecian claramente la agrupación de filosilicatos formando pliegues

Diezma 3

Este afloramiento tiene unas diferencias muy marcadas con los anteriormente descritos. Si bien su matriz mantiene una coloración bastante clara, ocre-beige, y el desgrasante es abundante con un tamaño de grano del desgrasante muchísimo inferior, llegando escasamente a los $2\mu\text{m}$ en general y superando esa medida ocasionalmente con granos aislados de carbonatos y grumos de arcillas ($100\text{-}200\ \mu\text{m}$) (figs. 83.A, 83.C y 83.E). Estas últimas presentan fisuras radiales en algunos casos (figura 83.E.).

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma angular y tamaño muy pequeño, que en consonancia con los filosilicatos presenta cierta orientación. Más que orientación podemos decir que se agrupan mayores cantidades de cuarzo o filosilicatos casi formando pliegues (figura 83.F.). Este pequeño tamaño de grano es el que, seguramente, ha propiciado la reducción en la cantidad de cuarzo (que varía de un 50% en crudo a un 35% tras la cocción, tablas 9 y 16) por reacción con la calcita a favor de la formación de fases neoformadas como la gehlenita, presente en una cantidad alrededor del 15%.

Los carbonatos son escasos, de tamaño muy pequeño, con la degradación observada en los yacimientos anteriores, lo que los hace indetectables ya por XRD. Se encuentra también una baja presencia de gneis.

Respecto a los filosilicatos, a baja temperatura presentan un color de interferencia de segundo orden, si bien a 950 °C su color llega a un amarillo blanquecino de primer orden que sugiere su transformación. Su pequeño tamaño hace que se comporten como los granos de cuarzo, reduciendo su cantidad progresivamente durante la cocción, pasando de un 25% a 850 °C a un 5% a 900 y 950 °C.

Se puede observar en este yacimiento una cantidad más acusada de hematitas (figs. 83. A y 83.B), igualmente de tamaño muy reducido. La proporción es, efectivamente, más elevada en este yacimiento que en otros, llegando al 10% según XRD (tabla 14).

La matriz, poco vítrea, es de color claro, y la porosidad tiene forma redondeada y muy regular, escasa y repartida homogéneamente. Desde los poros, en algunos casos, surgen fisuras de varios centímetros de longitud tal vez por procesos de contracción y dilatación de ciertos granos dentro de la masa durante la cocción (figuras 83.C. y 83.E.).

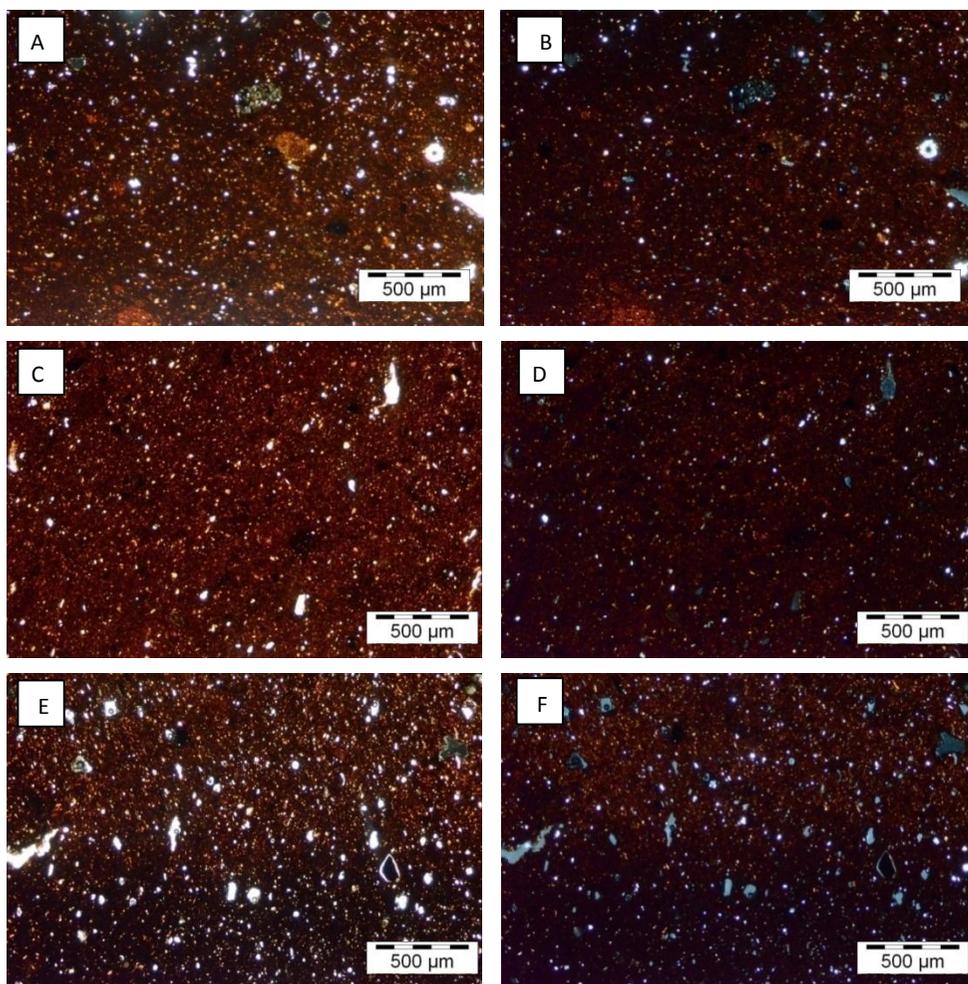


Figura 84. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Diezma roja 1. **A** – Dr1 850 un polarizador, donde se observan granos de carbonatos (zona superior), micaesquisto (zona central) y óxidos de hierro. **B** – Dr1 850 en nícoles cruzados. **C** – Dr1 900 un polarizador, donde se aprecia la mayor vitrificación de la matriz y la presencia de poros de tamaño mayor. **D** – Dr1 900 en nícoles cruzados, se observa el límite entre el corazón negro (abajo) y el resto de la matriz (arriba) y un carbonato (zona superior derecha) ya muy alterado. **E** – Dr1 950 un polarizador. **F** – Dr1 950 en nícoles cruzados

Diezma roja 1

Tiene matriz rojiza y oscura, muy vitrificada, con una menor cantidad de desgrasante que en los yacimientos anteriores. El tamaño de grano del desgrasante es muy homogéneo, pequeño, alrededor de 5 μm y morfología subredondeada. También se encuentran huellas de microfósiles. Se observa una gran cantidad de nódulos de oxihidróxidos de hierro (ya identificados por XRD en un 10%), acumulaciones de arcillas, algunos granos de micaesquistos (fig. 84.A y 84.B) de mayor tamaño, zonas más oscuras ricas en óxidos de hierro (figura 84.E y 84.F) y granos de color negro. Se han detectado muy pocos carbonatos.

Existe una ligera ordenación en sentido del amasado de la probeta de los filosilicatos que muy tempranamente presentan bajos colores de interferencia lo que sugiere su transformación parcial o total en otras fases minerales (posiblemente mullita). La proporción de filosilicatos medida por XRD es también muy elevada a 850 °C, 20%, reduciéndose hasta un 5% a 950 °C. No se ha detectado mullita, pero sí gehlenita en un 10% incluso a 850 °C.

A 850 °C aún se aprecian granos de carbonatos, aunque muy alterados (fig. 84.A y 84.B), lo que corrobora los datos de XRD, que indican niveles en traza (tabla 14). A 900 y 950 °C; donde estaban presentes los granos de carbonatos o los microfósiles ahora se observan poros con bordes de reacción (figs. 84.E y 84.F), y mediante XRD ya no se identifican carbonatos.

Se debe destacar la presencia de corazón negro, difuminado pero evidente, en las tres temperaturas de cocción, y visible claramente en las figuras 84.E. y 84.F. La aparición de corazón negro coincide con las muestras que mayor contracción presentan (tabla 13).

La matriz es muy vítrea incluso desde los 850 °C de temperatura de cocción y es muy abundante; este aspecto confirma los datos obtenidos por XRD, que indican que este yacimiento contiene una cantidad de fundido muy elevada, de un 15% a 950 °C. Los poros presentan forma alargada, irregular (figura 84.C, 84.E), sin aparente alineación con los filosilicatos.

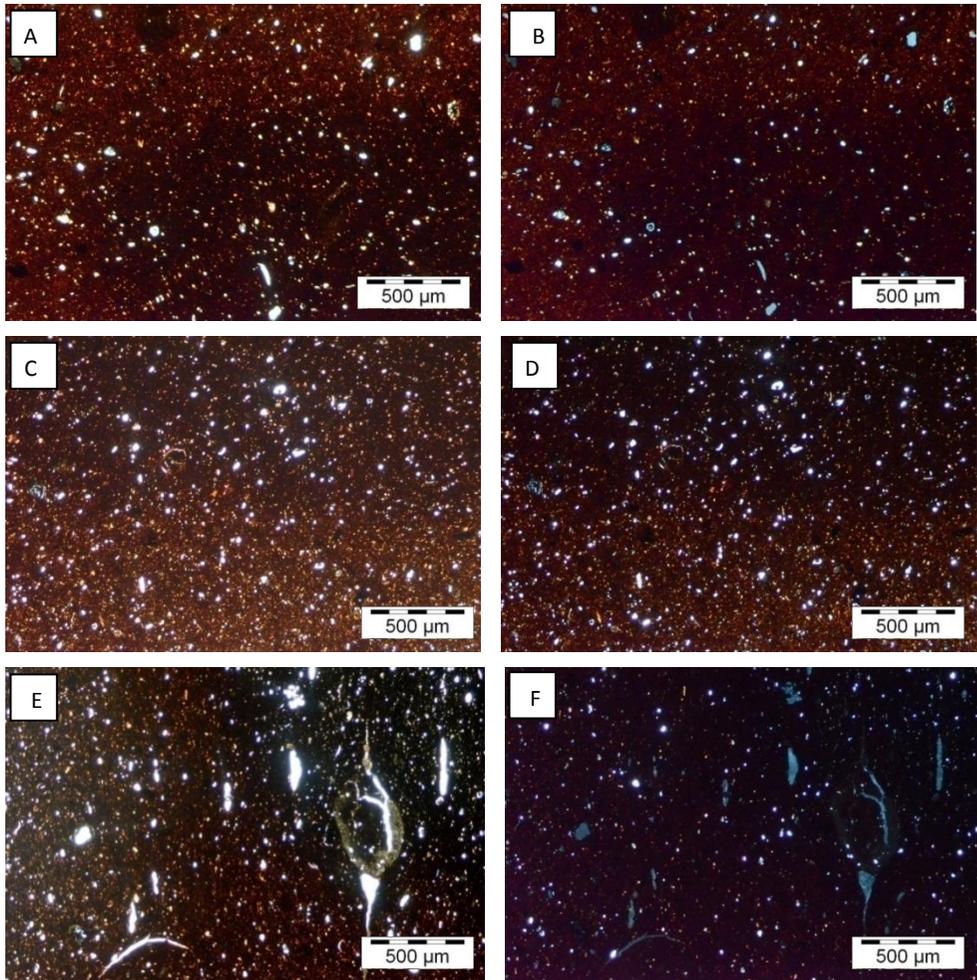


Figura 85. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Diezma roja 2. **A** – Dr2 850 un polarizador, se observa la variación de la matriz entre la zona de corazón negro (parte inferior de la foto) y el resto de la probeta. **B** – Dr2 850 en nicoles cruzados, se observa el mismo efecto; también se puede ver un grupo de arcillas en el centro rodeado de fisuras. **C** – Dr2 900 un polarizador. **D** – Dr2 900 en nicoles cruzados. **E** – Dr2 950 un polarizador, se observan claramente la cantidad de fisuras, en la matriz y en el grano de carbonato transformado de la zona derecha. **F** – Dr2 950 en nicoles cruzados

Diezma roja 2

Tiene unas características de matriz, desgrasante, porosidad, orientación y tamaño y grado de transformación de los filosilicatos muy similar a Diezma roja 1, si bien carece de carbonatos casi por completo.

Por el contrario, destaca la presencia de corazón negro, muy marcado en las tres temperaturas y visible en las seis figuras. El corazón negro presenta un color grisáceo en Dr2 900 y Dr2 950, y abundantes fisuras (figura 85.E. y 85.F.)

En las figuras 85.C y 85.D (probeta cocida a 900 °C) se observan varios grumos de arcillas repartidos por la masa que han provocado fisuras perimetrales en algunos casos. Este efecto se ve mucho más potenciado a 950 °C, donde también podemos ver un grano aislado de carbonato (figs. 85.E y 85.F), si bien esta fase mineral no fue detectada por XRD en las probetas cocidas, aunque sí se encontraban trazas de dolomita en la materia prima (tabla 8).

La cantidad de cuarzo es mucho más abundante respecto a Dr1.

Estos cambios respecto a Dr1 estaban ya reconocidos por XRD, que indicaban una ausencia de gehlenita y una cantidad mayor de cuarzo (alrededor del 60%, tabla 14).

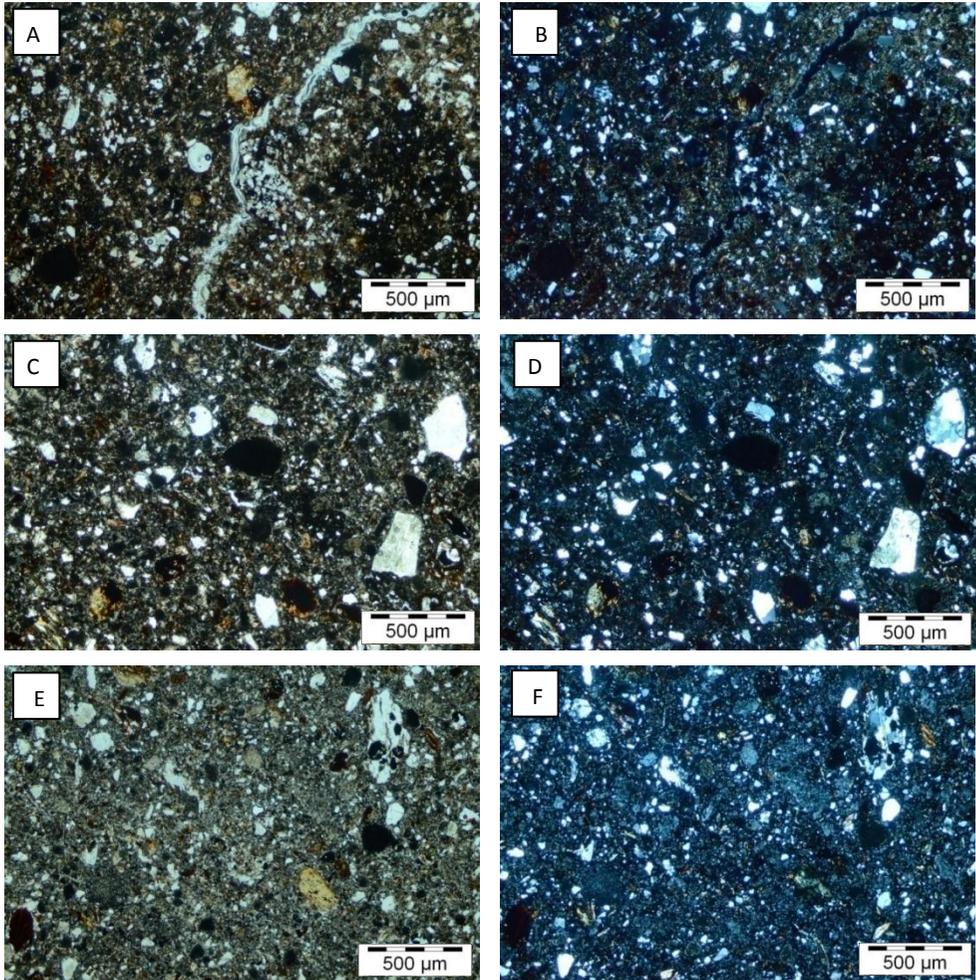


Figura 86. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Fargue. **A** – F 850 un polarizador, donde se observan grandes fisuras intergranulares, zonas de matriz más vitrificada (zona derecha) y hematites. **B** – F 850 en nícoles cruzados. **C** – F 900 un polarizador, se observan granos de cuarzo, carbonatos y hematites de diversos tamaños, bien distribuidos en la matriz. **D** – F 900 nícoles cruzados. **E** – F 950 un polarizador, se observa una distribución regular de las fases minerales por toda la superficie. **F** – F 950 en nícoles cruzados.

Fargue

El yacimiento de El Fargue se desmarca bastante en aspecto respecto a los demás, sin compartir prácticamente ninguna característica. Su matriz es muy clara (prácticamente gris amarillenta) y su tamaño de grano en desgrasantes es muy heterogéneo. Cubre un rango desde los 5 hasta los 800 μm , compuesto principalmente por cuarzo metamórfico angular (figs.86.E y 86.F). Existe abundante presencia de micaesquistos, carbonatos y gneis, y son poco abundantes los óxidos de hierro.

Los filosilicatos son muy abundantes, grandes, y presentan a 850 °C colores de interferencia de segundo orden (figs. 88.A y 88.B), si bien a los 950 °C ya es evidente su transformación por la tonalidad gris-amarillenta de primer orden (figs. 88.E y 88.F). Tienen escasa ordenación respecto al amasado. Esta gran cantidad de filosilicatos se había detectado ya en XRD, donde incluso hasta a 950 °C presentan un 25% (tabla 14).

La presencia de carbonatos es muy acusada, un 10% incluso a 900°C según XRD. Tienen tamaño de grano grande y raramente (figs. 86.C y 86.D) muestran el típico color de interferencia, tendiendo a tonalidades amarillentas con aureolados de bordes de reacción. A 950 °C se observan poros donde antes había cristales de carbonato y puede que en los bordes se haya formado gehlenita.

En efecto, la gehlenita está presente, según XRD, en un 5% a 900 y 950 °C.

La matriz sobrepasa en claridad de tono incluso a Beiro, lo que puede sugerir escasa vitrificación, apenas un 5% según XRD, aunque es probable que esta diferencia se deba más bien a la diferente composición de la materia prima, muy rica en carbonatos en el caso de Fargue. La porosidad es muy abundante, irregular, variada, compuesta también por fisuras (figura 86.A.) y en muchos casos se observa que dentro de los poros ha vuelto a recristalizar el carbonato de calcio por la precipitación de la calcita.

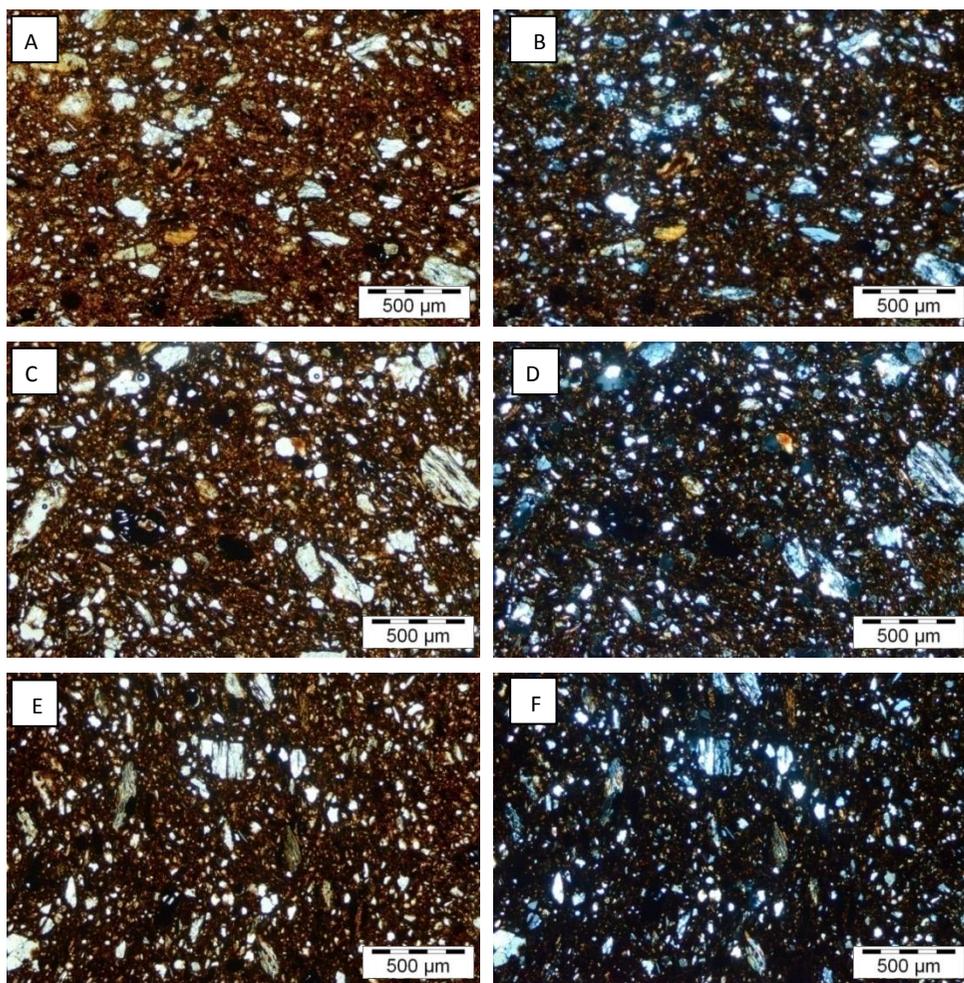


Figura 87. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Guadix. **A – G 850** un polarizador, se observan gran cantidad de micaesquistos y cuarzos. **B – G 850** en nícoles cruzados. **C – G 900** un polarizador, se pueden ver acumulaciones de arcillas y filossilicatos de gran tamaño. **D – G 900** en nícoles cruzados. **E – G 950** un polarizador, se aprecia cierta orientación de los granos. **F – G 950** en nícoles cruzados

Guadix

En este yacimiento la cantidad de matriz respecto al desgrasante es mucho mayor que en las muestras de Beiro y Diezma gris, pero no tan excesivo como en Diezma roja. Se asemeja en color más bien a Diezma roja, aunque presenta un tono más anaranjado y algo más claro. El desgrasante, compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma angular-subredondeada, tiene un rango de tamaño entre pequeños granos de 5 μm y el tamaño más habitual alrededor de 300 μm (figs. 87.C y 87.D). Se encuentra bien distribuido por la matriz, actuando como esqueleto. Es muy abundante (un 65% según XRD) y de aspecto cristalino.

Se aprecia una gran cantidad de filosilicatos (entre un 35 y un 20% según XRD), la mayoría con color de primer orden a 850 °C (figura 87.A y 87.B.) También se observa abundancia de fragmentos de gneis y micaesquistos en granos grandes (figs. 87.E y 87.F), con un tamaño que llega hasta 1,2 mm. La probeta presenta una orientación evidente de los componentes seguramente derivado del modelado manual.

La matriz es bastante vitrificada aunque mucho menos que en las muestras de Diezma roja, dato que se refería ya en XRD, con un 5-10% de material fundido. La mayoría de los poros tienen tamaño milimétrico y morfología irregular.

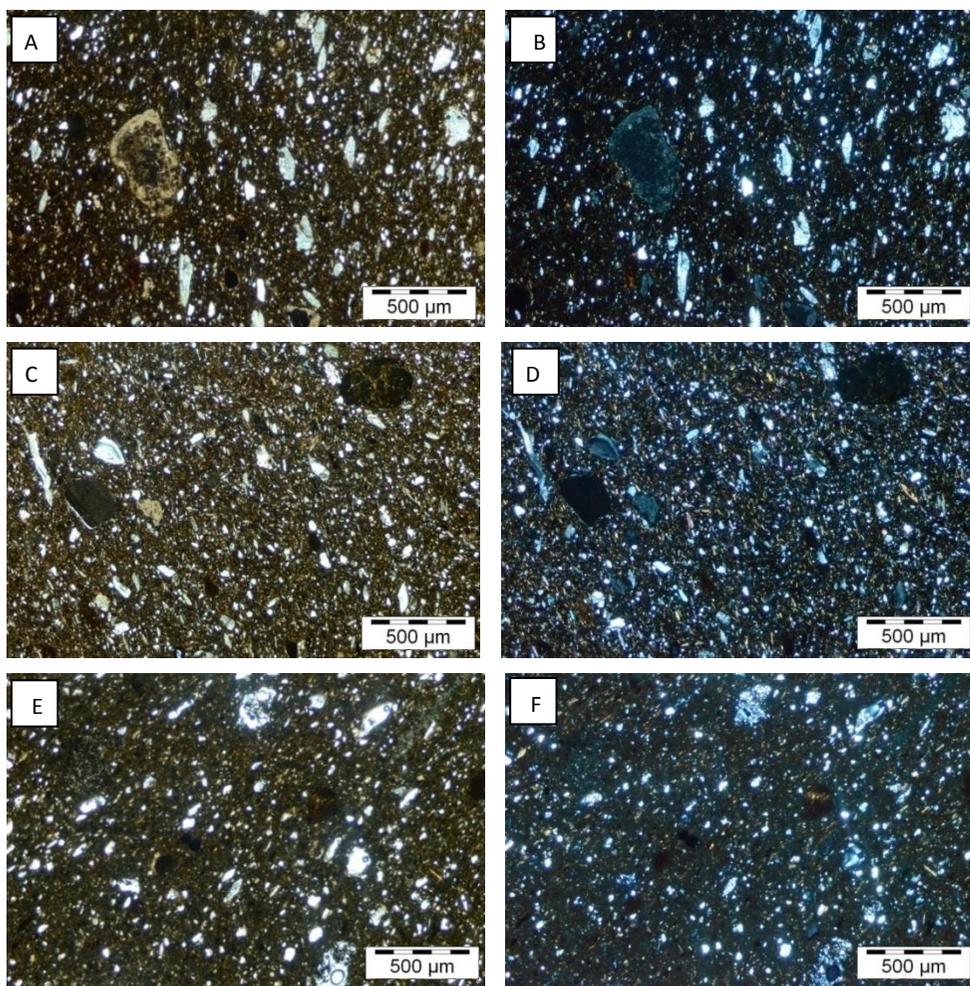


Figura 88. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Jun. **A** – J 850 un polarizador, se observa la orientación de los granos, una acumulación de cristales de yeso en la zona derecha, y grumos de arcillas con fisuras radiales. **B** – J 850 en nícoles cruzados. **C** – J 900 un polarizador, se observan grandes granos de carbonatos, un color de interferencia muy acusado en los filosilicatos, y grietas en la matriz. **D** – J 900 en nícoles cruzados. **E** – J 950 un polarizador, se observa una ordenación generalizada de los granos minerales, una mayor cantidad de matriz. **F** – J 950 en nícoles cruzados.

Jun

Jun presenta una proporción matriz-desgrasante parecida a la de Guadix, si bien la heterogeneidad de su grano es mucho mayor. La granulometría está repartida entre dos tamaños principales, 50 μm y 200 μm , desmarcándose algunos granos de mayor tamaño y menor proporción, que superan los 500 μm .

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma angular, encontrando también fragmentos de micaesquistos de tamaños superiores, y de anhidrita, además de grumos de arcillas, de tonalidad muy oscura, que presentan grietas radiales (figura 88.E.).

El cuarzo, los carbonatos (figs. 88.A y 88.B) y los micaesquistos presentan una gran variedad de grano, siendo los de tamaños más pequeños (50 μm) bastante fundidos y alterados en su perímetro, lo que explica la elevada proporción de fases neoformadas que se han cuantificado por XRD: 10% de gehlenita y 5% de diópsido.

Los granos de anhidrita son muy abundantes a 850 °C (10% según XRD, tabla 14), suelen encontrarse bordeados de grietas radiales, y a elevadas temperaturas se muestran muy disgregados, dejando la huella de su presencia en la mayoría de los casos, lo que explica igualmente su desaparición por XRD.

Los carbonatos tienen un tamaño bastante grande, 300 μm (figs.88.A., 88.B, 88.C y 88.D), y son abundantes, un 30% entre calcita y dolomita según XRD (tabla 8). No obstante, su estado de alteración es muy elevado, lo cual también se confirma por XRD, ya que sólo se encuentra un 5% a 850 °C, aunque no presentan grietas perimetrales.

Es muy evidente el cambio en la vitrificación de la matriz, escasa a 850 °C (figs. 88.A y 88.B) y con un aspecto denso y fundido a 950 °C (figs.88.E. y 88.F.). Se puede afirmar que es en este yacimiento donde se aprecia más claramente la vitrificación de la matriz, y de hecho, por XRD las proporciones (entre el 5 y el 10%) son similares a Dr1 y Dr2, los dos yacimientos con más cantidad de fundido. Los poros son de forma irregular aunque algo redondeados, de un tamaño alrededor de 200 μm y distribuido en toda la superficie de forma homogénea.

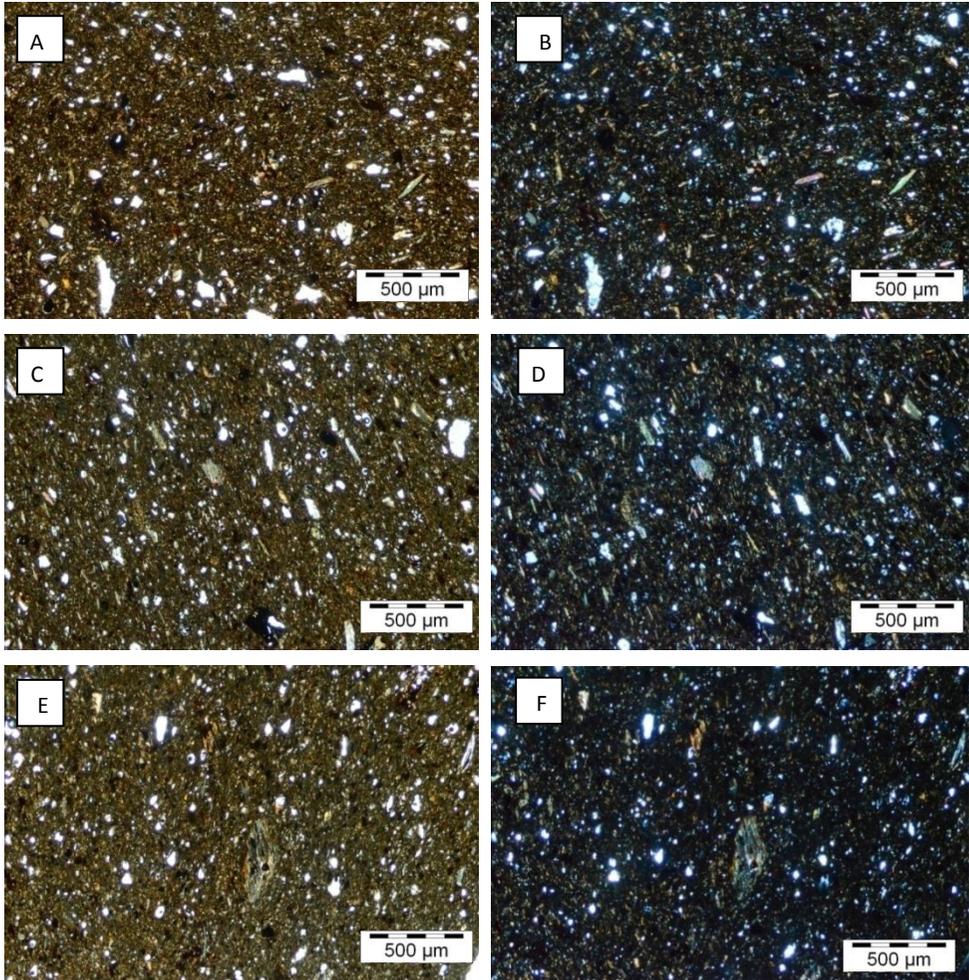


Figura 89. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Monachil 1. **A** – M1 850 un polarizador, se observan filosilicatos de gran tamaño, acumulaciones de grumos de arcillas con algunas fisuras radiales. **B** – M1 850 en nícoles cruzados. **C** – M1 900 un polarizador, se observa una gran orientación de los granos minerales. **D** – M1 900 en nícoles cruzados. **E** – M1 950 un polarizador, se observa una mayor formación de matriz fundida, un grano de micaesquisto de mayor tamaño que los demás y la variación en el color de interferencia de los filosilicatos. **F** – M1 950 en nícoles cruzados.

Monachil 1

El aspecto general de este yacimiento es muy similar al de Beiro, si bien parece presentar una mayor cantidad de filosilicatos. La matriz es clara, de color ocre, poco vitrificada, y los granos de desgrasante son muy abundantes y de un tamaño de 20 μm . La granulometría ronda principalmente un tamaño de 5 a 100 μm , con escasos granos mayores de 300 μm .

El desgrasante está formado por cuarzo metamórfico de tamaño pequeño a intermedio, de forma subredondeada, y se encuentran escasos micaesquistos y gneis. Los cuarzos de menor tamaño presentan ya desde la muestra cocida a 850 °C un borde de reacción acusado.

Se observan granos de hematites repartidos por la masa de tamaño pequeño (5 μm), que ya se cuantificaban por XRD en un 5% (tabla 14).

La muestra cruda presentaba una gran cantidad de carbonatos (un 40% sumando los porcentajes de calcita y dolomita), que sin embargo no se detecta por XRD en las probetas cocidas, por lo que su transformación ha sido total.

Respecto a los filosilicatos, sus colores de segundo orden a 850 °C (fig. 89.B) se degradan en la probeta a 900 °C y 950 °C (figs. 89.D y 89.F). Se aprecia en todas las figuras una acusada ordenación de

granos (figs. 89.A, 89.C y 89.E). La cantidad de filosilicatos, y en concreto en estado cristalino, es muy elevada, lo cual se refleja también en XRD, que nos informa de un 15% de illita a 950 °C, si bien la proporción se reduce desde el 25% a 850 °C. La reducción de los filosilicatos es paralela a la transformación de los granos de cuarzo, que sumado a la transformación total de los carbonatos dan como resultado la formación de gehlenita (10% según XRD, tabla 14) y diópsido (10%).

La porosidad es, en general, irregular y los poros alargados, con la misma alineación de los filosilicatos, sin evidencias de la recristalización de calcita en los poros después de la inmersión en agua tras la cocción.

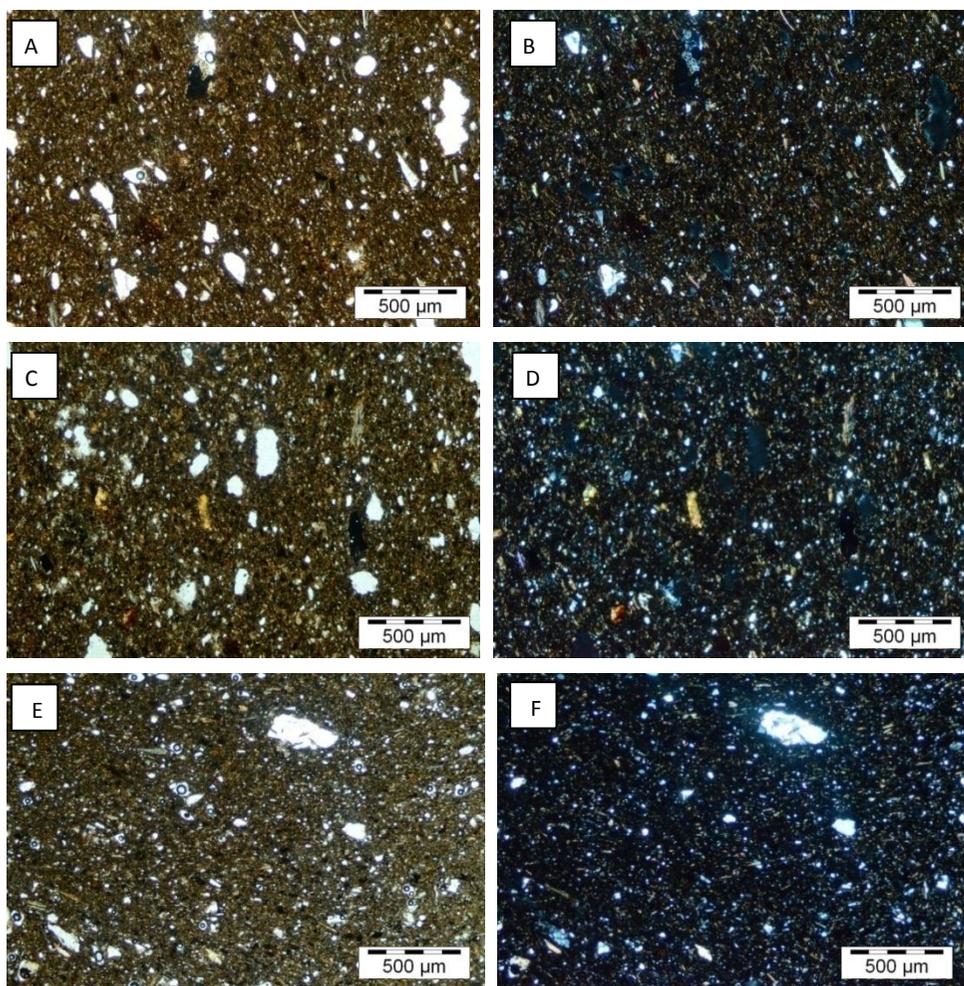


Figura 90. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Monachil 2. **A** – M2 850 un polarizador, se observa porosidad de gran tamaño, la abundancia y color de interferencia de los filosilicatos. **B** – M2 850 en nícoles cruzados. **C** – M2 900 un polarizador, se identifican claramente los filosilicatos de gran tamaño, con su color de interferencia, y grumos de arcilla. **D** – M2 900 en nícoles cruzados. **E** – M2 950 un polarizador, se observa la ordenación de los granos minerales y grandes granos de cuarzo. **F** – M2 950 en nícoles cruzados.

Monachil 2

Su textura, tanto en matriz como en desgrasante, es muy parecida a la de Monachil 1, aunque presenta un color algo más oscuro. Su desgrasante es de igual naturaleza y tamaño muy similar, compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma subredondeada (figs. 90.A, 90.C y 90.E).

Se encuentran granos de gneis y algunas acumulaciones de grumos de arcillas que han desarrollado a su alrededor fisuras (figs. 90.A y 90.B). También se observan granos de hematites repartidos por toda la masa (cuantificados en un 5% según XRD), en las tres temperaturas.

Respecto a los filosilicatos, sus colores de segundo orden a 850°C (fig. 90.B) pasan a primer orden en las probetas de 900 °C y 950 °C (figs. 90.D y 90.F). Tienen un tamaño considerable, de 200 μm , y su estado cristalino es muy elevado, lo cual se refleja también en XRD, que nos informa de un 15% de illita a 950 °C, si bien la proporción se reduce desde el 25% a 850 °C. La reducción de los filosilicatos es paralela al aumento de gehlenita (15% según XRD, tabla 14) y dióxido (10%).

Los carbonatos, de pequeño tamaño, se encuentran muy degradados, lo cual explica que el 30% detectado por XRD en la materia en crudo, sea prácticamente imperceptible en las probetas

cocidas, aumentando hasta un 15% las proporciones de gehlenita y dióxido, que se perciben como bordes de reacción.

La matriz es algo más oscura que la de Monachil 1, que parece presentar un mayor nivel de vitrificación, si bien las proporciones son similares a M1 (del 5 al 10% según XRD). La abundante porosidad tiene morfología entre irregular y redondeada, distribuida de manera homogénea por toda la muestra.

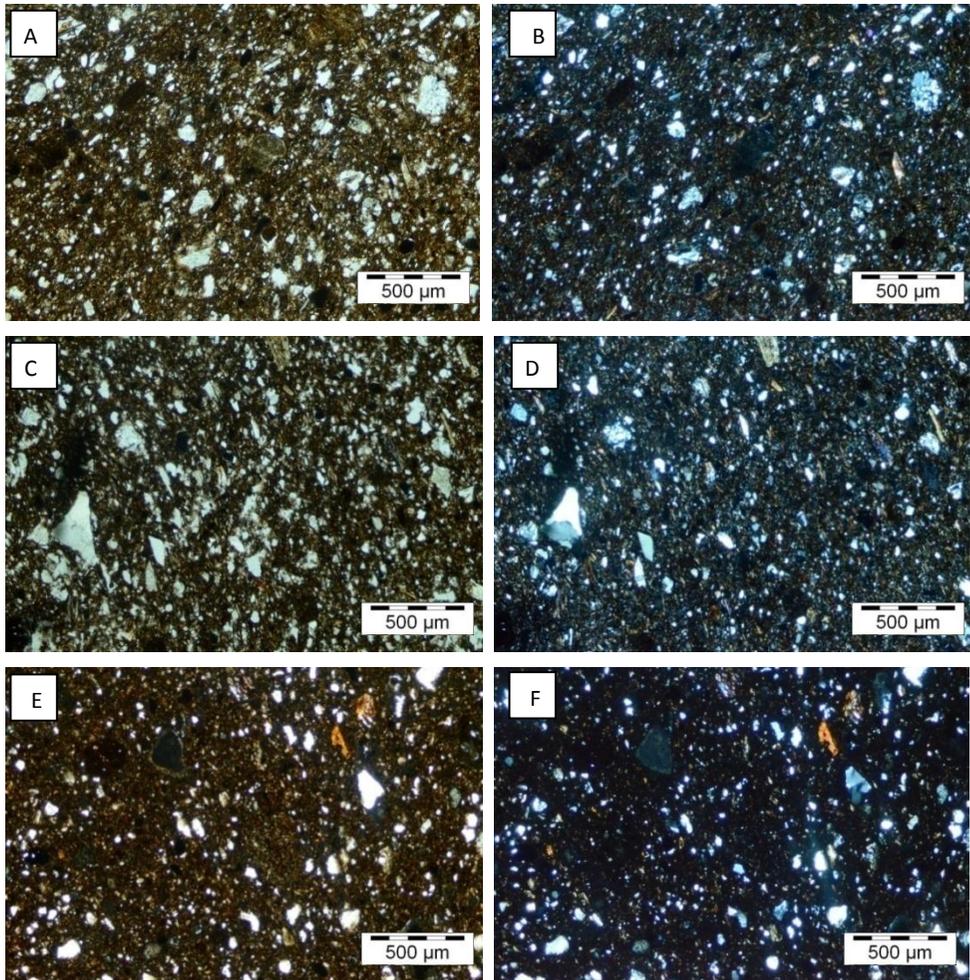


Figura 91. Imágenes de microscopía óptica de polarización del yacimiento Víznar. **A** – V 850 un polarizador, se observa un grano de carbonato en el centro, micaesquistos de gran tamaño, y un poco más pequeños de cuarzos y filosilicatos. **B** – V 850 en nícoles cruzados. **C** – V 900 un polarizador, se percibe la orientación de los granos minerales, identificarse claramente el color de interferencia de los filosilicatos. **D** – V 900 en nícoles cruzados. **E** – V 950 un polarizador, se reconocen antiguos granos de carbonato y la orientación de los minerales. **F** – V 950 en nícoles cruzados.

Víznar

Con un color de la matriz amarillento grisáceo, la cantidad de desgrasante es elevada. Está constituida por cuarzo metamórfico subredondeado principalmente. Contiene dos tamaños de grano: 50 μm y 150 μm , aunque aisladamente se observan algunos granos mayores que llegan a 1,2 mm. Como desgrasante se han reconocido también micaesquistos y gneises.

Los filosilicatos presentan una ordenación evidente (figs. 91.C y 91.E) y un tamaño considerable de aproximadamente 80 μm . Su color de interferencia de segundo orden a 850 °C (fig. 91.B) pasa a primer orden a temperaturas superiores (figs. 91.D y 91.F), si bien su estado es cristalino debido a su tamaño, seguramente, lo cual se refleja en los datos aportados por XRD, un 20% de filosilicatos hasta en 950 °C.

Se han reconocido algunos antiguos granos de carbonato con un tamaño de aproximadamente 150 μm (figura 91.E.) muy degradados, formando en muchos casos fisuras radiales y con un aspecto fundido en el borde, lo que justifica la formación de gehlenita (en trazas a 10% conforme aumenta la temperatura) y diópsido (5% a 950 °C, según XRD, tabla 14).

Como sucedía con Jun, en este yacimiento se aprecia una vitrificación a 950 °C más pronunciada, volviéndose la matriz más oscura, si bien numéricamente llega apenas a un 5% según XRD.

Los poros presentan recristalización de carbonatos en los bordes debido a la inmersión de las piezas en agua tras la cocción, tienen un tamaño medio-grande, habiendo poros mayores de 2 mm y con forma irregular.

CONCLUSIONES

Mediante POM se han podido clasificar los yacimientos por su granulometría y textura. Los de granulometría más fina son Dr1 y Dr2, que han adquirido una densidad mayor a menores temperaturas, y tanta densidad que se han provocado fisuras por contracción. D3 tiene una granulometría algo mayor, que no ha dado lugar a tanto fundido si bien se han provocado también fisuras por contracción. D2, M1 y M2 tienen una granulometría mayor, mayor porosidad y tamaño de grano algo más heterogéneo, lo que ha evitado la formación de fisuras, sin mermar por ello la cohesión de las piezas. Aún más heterogéneas y de tamaño de grano algo mayor son B y D1, G, J y V, manteniendo también, como el grupo anterior, una cohesión adecuada. Por último, F es el yacimiento más heterogéneo, con una porosidad mayor hasta un punto en el que su cohesión es deficiente, provocándose disgregaciones y grietas.

Los yacimientos que han reaccionado más tempranamente al calor, presentando mayores niveles de transformación de los carbonatos y los filosilicatos a 850 °C, son principalmente Dr1 y Dr2, seguidos de D3 y D2 que se encuentran entre aquellos de menor granulometría. Llegados a los 900 °C de cocción, todos los yacimientos muestran ya colores de interferencia en los filosilicatos y carbonatos que indican una transformación acusada a excepción de F, que tiene que llegar a los 950 °C para presentar mayor transformación.

C.1.5.4. Microscopía electrónica de barrido de alta resolución con microanálisis de energía dispersiva de rayos X

METODOLOGÍA

El estudio de la microtextura de las probetas y el análisis químico puntual se realizó mediante lámina delgada metalizada con carbón con un microscopio electrónico de barrido con emisión de campo Leo Gemini 1530, acoplado a microanálisis de energía dispersiva Oxford Inca 200. Las imágenes se han obtenido en modo de electrones retrodispersados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

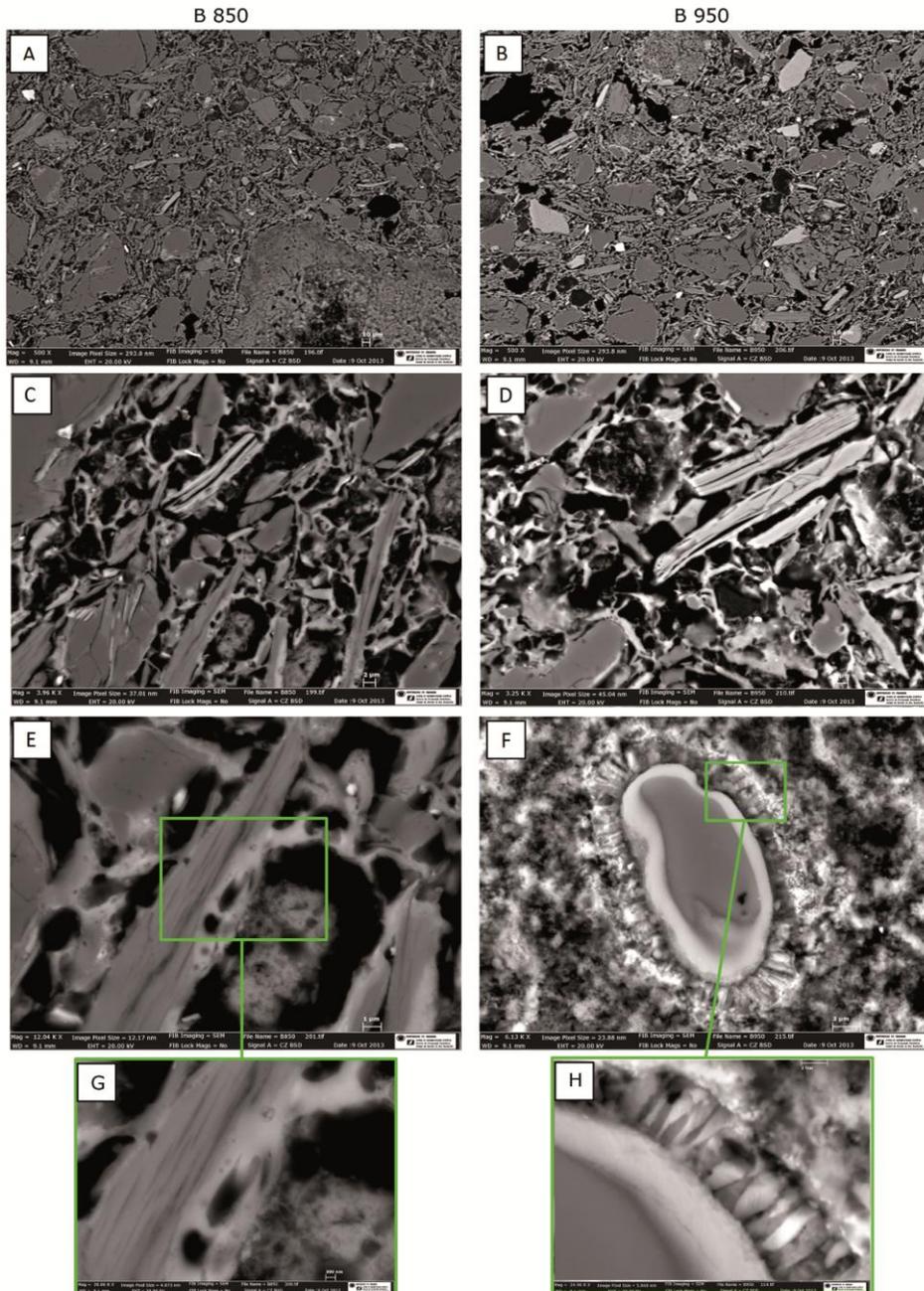


Figura 92. Imágenes de HRSEM del yacimiento Beiro cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – B850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – B950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – B850 detalle de porosidad. **D** – B950 detalle de porosidad. **E** – B850 aspecto de filossilicatos y carbonatos. **F** – B950 formación de wollastonita. **G** – Detalle de 92.E. **H** – Detalle de 92.F.

En las diferentes temperaturas de cocción de este yacimiento se aprecian cambios morfológicos moderados (comparativa entre fig. 92.A y 92.B), principalmente referidos a la morfología de los poros y el contacto intergranular. La formación de puentes de unión entre granos se percibe ya desde los 850 °C, así como la formación de una porosidad secundaria, que se acentúa, aunque no de forma demasiado acusada, a 950 °C.

En **B850** se observan abundantes puentes de fusión entre granos, debidos principalmente a la vitrificación de los filosilicatos (fig. 92.C). Aunque mantiene su porosidad primaria, irregular y de grandes dimensiones, comienza a formarse una porosidad secundaria visible, por ejemplo en las zonas externas de los filosilicatos (fig. 92.E), que se encuentran más deteriorados, perdiendo su estructura laminar y dando lugar a pequeños poros redondos y regulares, o lo que se denomina "estructura celular"¹³¹. Si observamos el detalle de la figura 92.G, se percibe más claramente este cambio de morfología en el filosilicato, además de la reacción química entre el filosilicato y el carbonato adyacente, dando lugar a la formación de gehlenita, como ha demostrado el análisis EDX.

La evolución en la textura de los carbonatos a esta temperatura da lugar a cristales altamente degradados (fig. 92.E). En los granos de menores dimensiones (7-15 μm), su descomposición ha sido muy elevada, y en el interior de los cristales se observa el desarrollo de poros por el escape de CO_2 formando una textura esponjosa.

¹³¹ TITE & MANIATIS (1975)

Por EDX se han identificado pequeños cristales de zircón de $\sim 15\mu\text{m}$ de longitud. En efecto, por XRF ya se habían medido 245 ppm de Zr. También se ha identificado pequeños cristales de ilmenita que debido a su escasez no se habían detectado por XRD. Esta mena se encuentra habitualmente asociada a filosilicatos, además de rutilo de hasta $200\mu\text{m}$, con trazas de vanadio.

En **B950** los puentes de unión entre granos son mucho más abundantes (92.D), encontrando una mayor extensión de la vitrificación, aunque por XRD se indicaba solamente un 5%.

Se observa claramente la formación de wollastonita en torno a un grano de cuarzo (fig. 92.F y 92.G), con el halo blanquecino dentro del propio grano de cuarzo y evolucionando a wollastonita en cristales aciculares perpendiculares a la superficie del cuarzo.

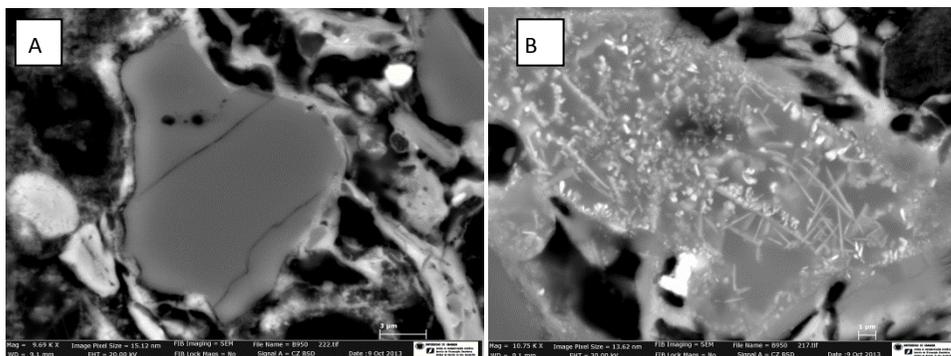


Figura 93.A – B950 Cuarzo con borde de reacción y formación de gehlenita. **B** – B950 Formación de hercinita.

En la figura 93.A queda patente el relativo buen estado de los filosilicatos, lo que explica que se detecte illita por XRD (menos de un 5%). La porosidad secundaria es más abundante. En esta figura se observa también la formación de gehlenita en la interfase cuarzo-calcita-filosilicatos. La figura 93.B muestra el inicio de la formación

de cristales aciculares de hercinita dentro de la matriz arcillosa parcialmente fundida. No ha sido posible identificar visualmente la mullita, detectada por XRD en proporciones inferiores al 5%, ya que serían necesarios mayores aumentos, por ejemplo los que proporcionan técnicas como la microscopía electrónica de transmisión (TEM)¹³².

Se encuentran granos aislados de antiguos cristales de dolomita, si bien en XRD no había sido detectada debido a su escasez (fig. 94), aunque en XRF sí encontrábamos cierta cantidad de magnesio (2,8%). Estos cristales, de grandes dimensiones (50 μ m), presentan una textura porosa moteada debido al escape de CO₂ durante la cocción.: El grano de carbonato ha desarrollado un borde de reacción blanquecino en su perímetro, a lo largo del cual se ha identificado dióxido¹³³.

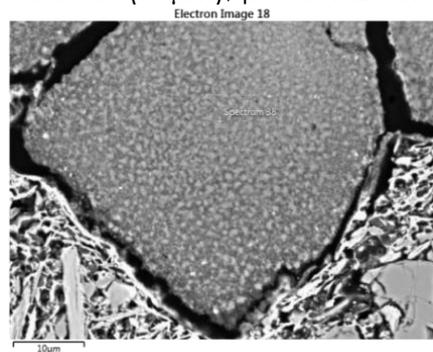


Figura 94. Antigo cristal de dolomita con borde de reacción de dióxido.

¹³² MONTOYA et alii (2014), OSCAR et alii (2012)

¹³³ CULTRONE et alii (2001)

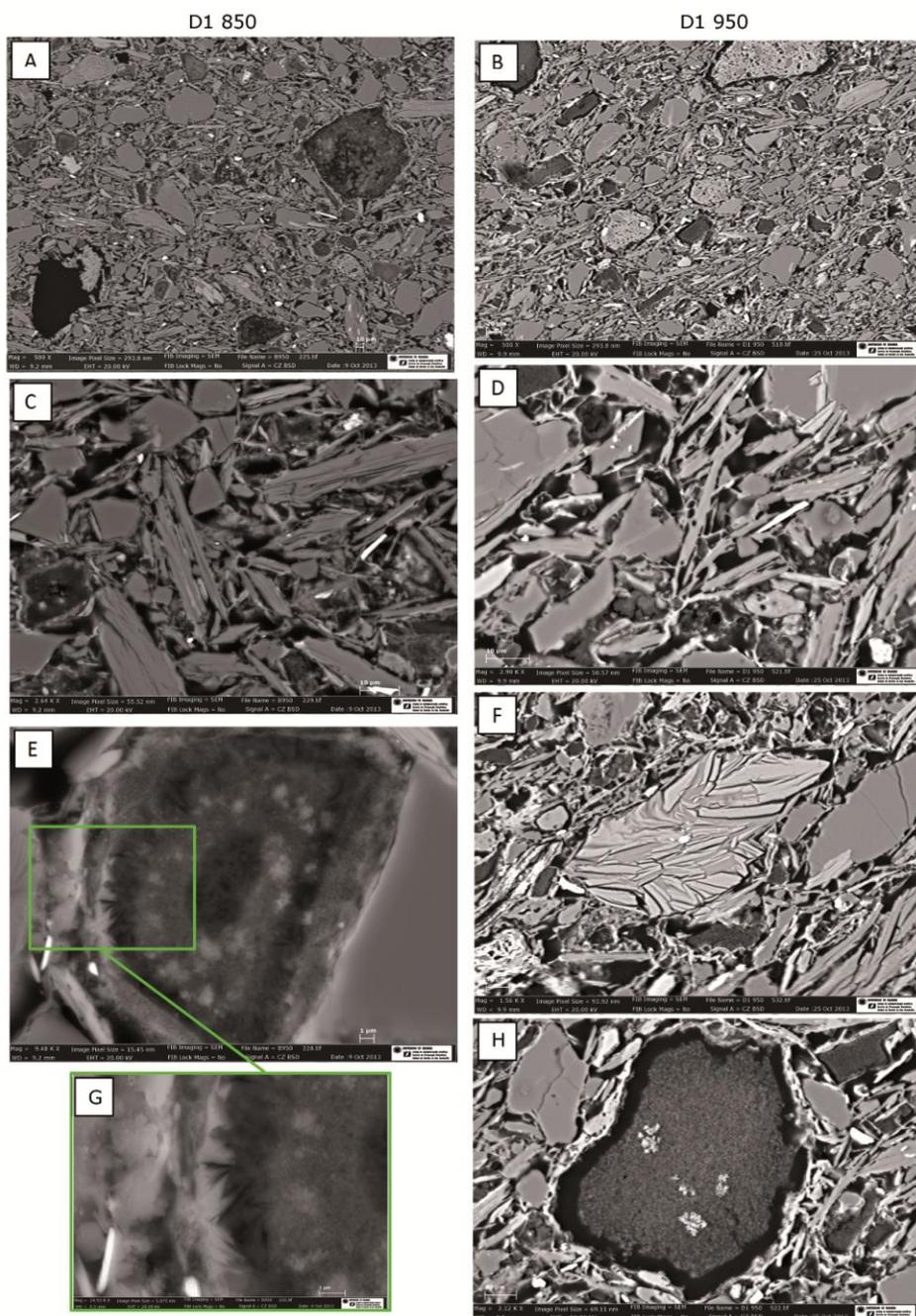


Figura 95. Imágenes de HRSEM del yacimiento Diezma 1 cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H) **A** – D1 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – D1 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – D1 850 detalle de porosidad. **D** – D1 950 detalle de porosidad. **E** – D1 850 morfología de un antiguo grano de dolomita. **F** – D1 950 grano de esmectita. **G** – Detalle de 95.E. **H** – D1 950 aspecto de un antiguo grano de dolomita.

En el yacimiento D1 las diferencias de reacción entre las dos temperaturas de cocción son mayores respecto a las vistas en Beiro, presentando una incipiente fusión a los 850 °C y muy acusada a 950 °C (figs. 95.C y 95.D). Esta diferencia queda más patente si se atiende al grado de reacción de la dolomita a las dos temperaturas (figs. 95.E y 95.H).

En **D1 850** los puentes de unión entre granos son abundantes, si bien la morfología de la matriz es poco vítrea, siendo los filosilicatos prácticamente intactos (fig. 95.C) y con porosidad primaria, principalmente. La abundancia de filosilicatos no alterados corrobora las elevadas proporciones de los mismos que nos señalaba XRD (25%), y la falta de reactividad de la pasta cerámica se explica tal vez más bien por el tamaño de grano, ya que la arcilla cruda contenía proporciones elevadas de fases minerales catalizadoras de estas transformaciones a baja temperatura, como la calcita (10%) o la dolomita (15%). A este respecto, a 850 °C la dolomita se ha descompuesto: los cristales presentan una textura moteada, con un núcleo interno rico en magnesio, una interfase más rica en calcio y una aureola externa de nuevo rica en magnesio, y en el borde externo aparecen los primeros silicatos de calcio de neoformación, como la gehlenita, por reacción con los filosilicatos (fig. 95.E), ya detectada en XRD en un 5%.

La mena metálica identificada ha sido ilmenita, principalmente. También se ha identificado rutilo, a veces asociado a algunas trazas de manganeso y vanadio igual que en Beiro, aunque estos elementos no habían sido identificados por XRF. Suelen presentarse

en granos aislados entre 1-5 μm , y en menor medida asociadas a los filosilicatos.

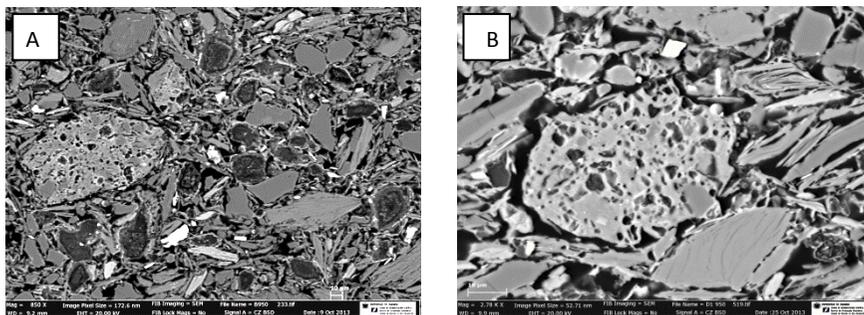


Figura 96. Feldespato con ilmenita muy alterado en las muestras D1 850 y D1 950. **A** – D1 850 **B** – D1 950

Se han encontrado tanto en D1 850 como en D1 950 granos de alrededor de 20 μm de feldespato bastante alterado con inclusiones de ilmenita, prácticamente idéntico en ambas temperaturas, lo que sugiere que se encontraba ya en el yacimiento con esta morfología (fig. 96.A y 96.B).

En **D1 950** la mayor temperatura comparada con D1 850 ha aumentado los puentes intergranulares y el deterioro de los filosilicatos, formándose una porosidad secundaria muy abundante (fig. 95.D).

Los antiguos cristales de dolomita están todos transformados (fig. 95.B). Se reconocen todavía algunos grumos de arcilla de 50 μm (fig. 95.F).

En la figura 95.H se observa un antiguo cristal de dolomita que ha reaccionado completamente con los silicatos que están a su alrededor, formando gehlenita.

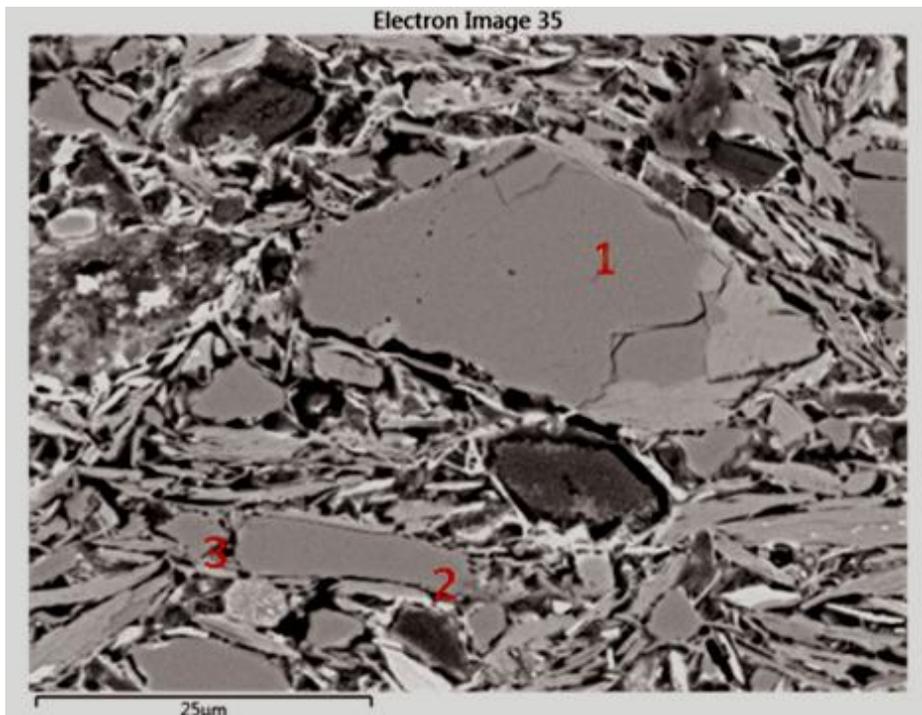


Figura 97. D1 950, **1** –Grano de cuarzo, **2** –Borde blanco de gehlenita y **3**- Cristales aciculares de hercinita.

En la figura 100 es evidente la formación de la porosidad secundaria generalmente entre los cristales de filosilicatos; el estado deteriorado del cuarzo, seguramente en origen (1), además de la reacción de los granos de dolomita con la sílice, formando gehlenita (2), y la formación de hercinita (3). En el extremo izquierdo de la imagen, se observa un grano de calcita de grandes dimensiones altamente transformado, y la formación de wollastonita en todo el perímetro de un pequeño grano de cuarzo (5 µm).

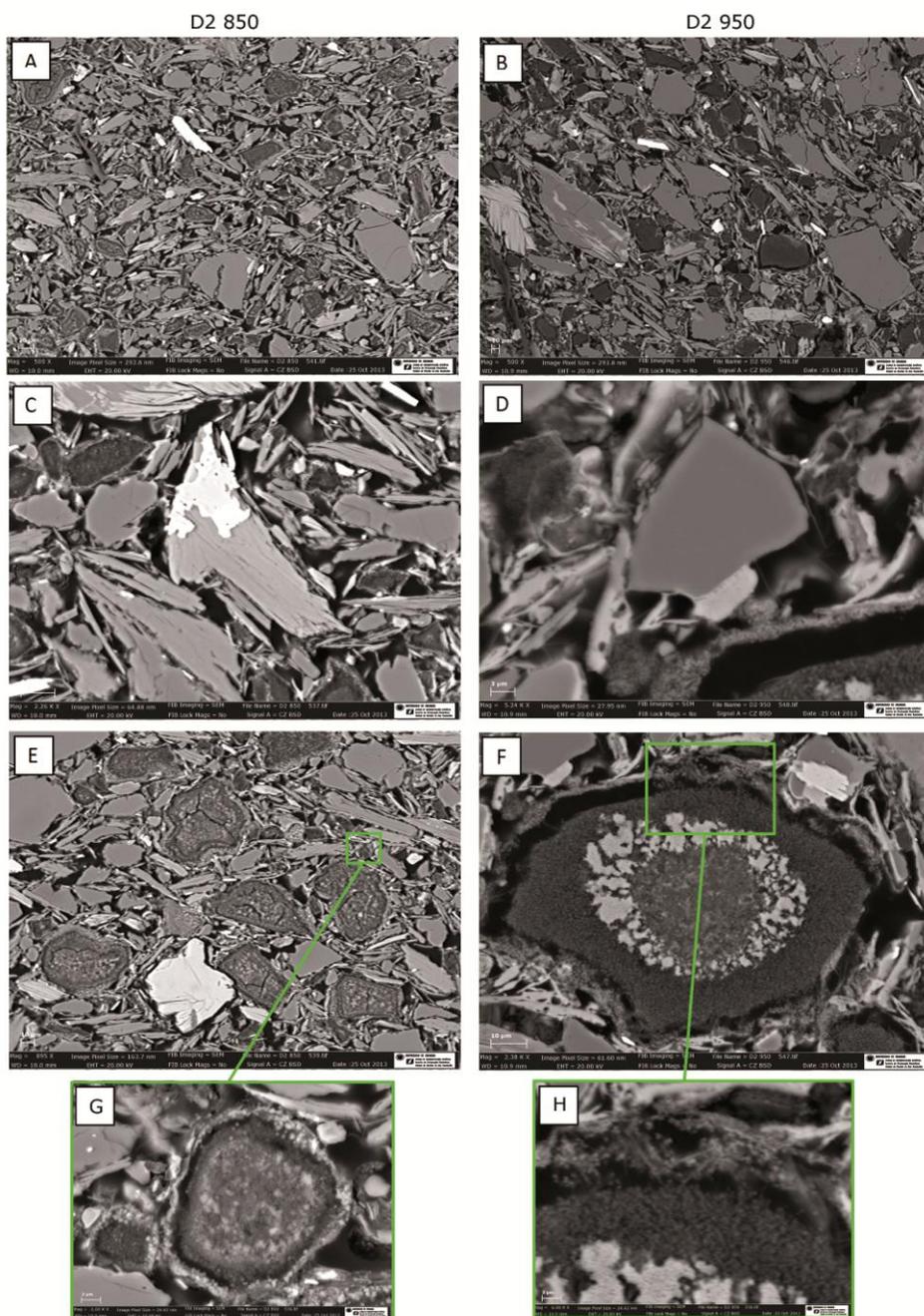


Figura 98. Imágenes de HRSEM del yacimiento Diezma 2 cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – D2 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – D2 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – D2 850 unión entre filossilicato y mena metálica. **D** – D2 950 reacción entre cuarzo y carbonato y formación de wollastonita. **E** – D2 850 granos de dolomita alterada. **F** – D2 950 reacción en un grano de dolomita y formación de diópsido. **G** – detalle de 98.E. **H** – Detalle de 98.F.

La muestra D2 presenta similitudes con D1: su evolución ante la temperatura es similar, presentando diferencias muy acusadas de textura entre los 850 y 950 °C (fig. 98.A y 98.B), la presencia de cristales de dolomita es abundante (fig. 98.E) y muestra importantes reacciones, formándose principalmente diópsido. Aún así, también presenta diferencias muy marcadas, patentes sobre todo en la reacción de los cristales de dolomita (fig. 98.F).

En **D2 850** se observa que el grado de fusión de la matriz no es muy acusado, presentándose filosilicatos aún sin alterar y una porosidad principalmente primaria (fig. 98.A y 98.C), si bien en los filosilicatos de menor tamaño empieza a aparecer ya porosidad secundaria (fig. 98.C).

Especialmente interesante es la reacción de los cristales de dolomita presentes en las muestras del yacimiento Diezma gris, ya que muchos han desarrollado fisuras intragranulares, aunque su nivel de reacción a 850 °C es similar a D1950 (fig. 98.E y 98.G). El hecho es que a 850 °C se produce una difusión del Mg hacia el borde de grano, donde comienza a formarse el diópsido, dejando el interior de la antigua dolomita más rica en Ca.

En la figura 98.C se aprecia la reacción del cuarzo, que en contacto con la dolomita forma bordes blancos de wollastonita.

Se ha identificado mediante EDX una baja proporción de cloro asociado a la dolomita (ya identificado por XRF con una concentración de 391 ppm).

Las menas metálicas son de ilmenita, encontrándose principalmente asociada a los filosilicatos (fig. 103.C) y a feldespatos potásicos.

También se han localizado zircones de dimensiones muy reducidos (1-2 μm).

En **D2 950** la fusión de la matriz es mucho mayor, si bien según los datos de XRD no supera el 5%. Los poros asumen una morfología mucho más redondeada, los filosilicatos sufren una degradación mayor (reduciéndose su presencia por debajo del 5% según XRD) y la reacción de los granos de cuarzo con los carbonatos formando gehlenita también aumenta (hasta un 5% según XRD). En la figura 98.D se observa esta reacción, que según los microanálisis EDX da lugar a gehlenita en la interfase para luego transformarse en wollastonita hacia el exterior.

Especialmente interesante es el tipo de transformación sufrido por los granos de dolomita (fig. 98.F). Este tipo de transformación se ha encontrado de forma muy extendida por toda la muestra y se identifica principalmente por un núcleo rico de magnesio con trazas de azufre y cloro, una zona intermedia mucho más rica en calcio con una elevada presencia de flúor, y una aureola externa compuesta prácticamente por magnesio. En el borde se han formado cristales de dióxido y gehlenita, como vemos en la figura 98.H en detalle. Este efecto es el mismo que se había descrito a 850 °C, más avanzado en su transformación.

*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre probetas*

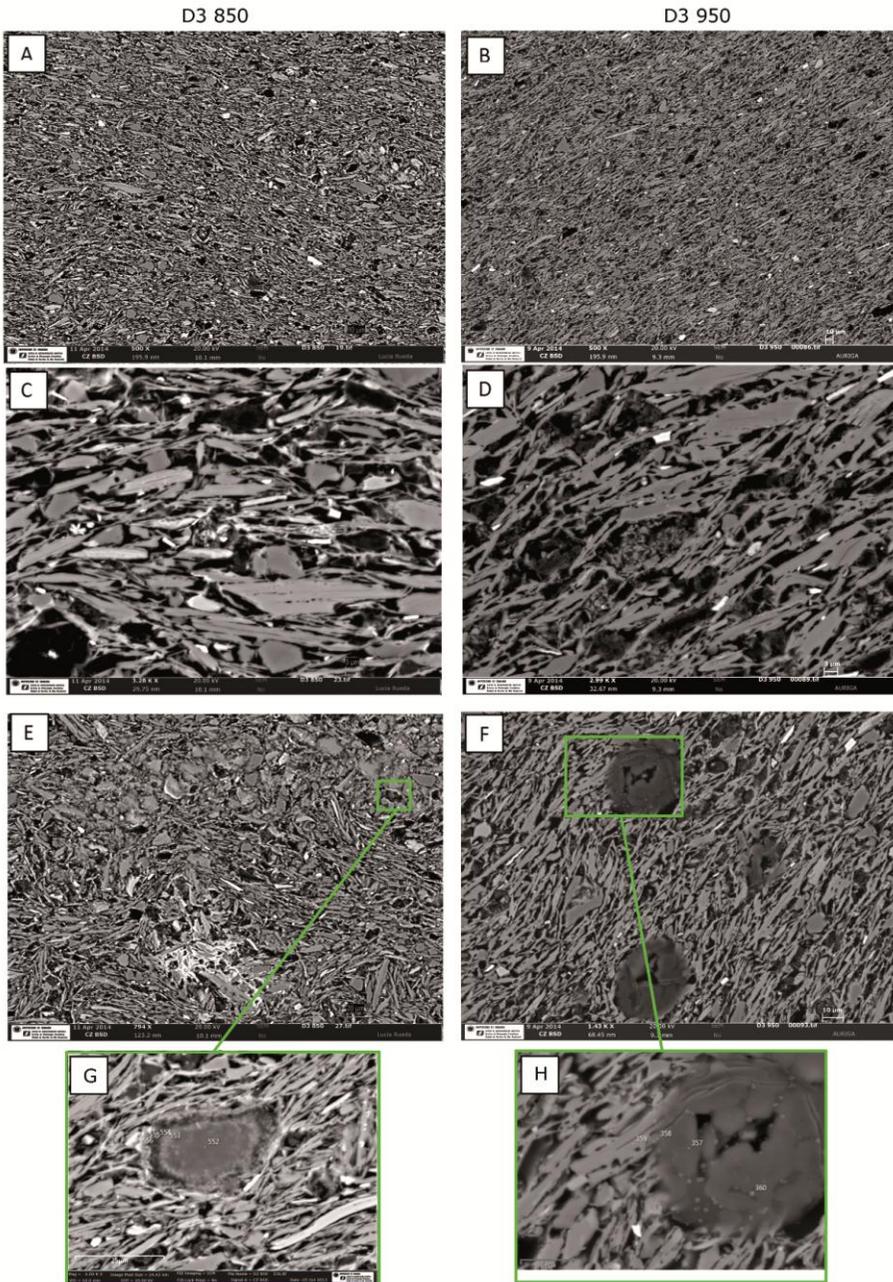


Figura 99. Imágenes de HRSEM del yacimiento Diezma 3 cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – D3 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – D3 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – D3 850 morfología de los filosilicatos. **D** – D3 950 morfología de los filosilicatos. **E** – D3 850 reacción de antiguos granos de dolomita y concentración de hierro en una zona de la lámina. **F** – D3 950 descomposición de antiguos granos de dolomita. **G** – D3 850 detalle de 99.E. **H** – D3 950 detalle de 99.F.

Las muestras D3 cocidas a 850 y 950 °C son muy parecidas porque el tamaño de grano de la materia prima era muy pequeño, lo que ha favorecido las transformaciones mineralógicas a temperaturas más tempranas. Sin embargo, en las imágenes en detalle se observa que el grado de fusión es considerablemente mayor a 950 °C.

En **D3 850**, aunque se mantiene la porosidad primaria (fig. 99.A), ésta se encuentra ya en parte transformada por la fusión de la matriz, restándole angulosidad. También se ha formado porosidad secundaria de forma abundante (fig. 99.C), principalmente en el interior de los filosilicatos, por XRD aún se identifican como tales hasta en un 25%. Los puentes de unión entre granos son muy abundantes, creando una masa muy bien cohesionada.

Las transformaciones más patentes son las de los filosilicatos en relación con la calcita y la dolomita, formando gehlenita (fig. 99.G) y diópsido. Se han identificado por EDX de forma recurrente elementos como el azufre, fósforo y cloro en los cristales de dolomita en proporciones muy bajas. También se han detectado granos aislados de 15 µm de tamaño medio de apatito. La presencia de P así como de S y Cl había sido ya identificada por XRF.

En este caso, la transformación de las dolomitas es diferente al que veíamos en D2 850, ya que, aunque se produce el fenómeno de difusión hacia el borde de grano, en este caso la fase de neoformación más habitual es la gehlenita, que atrae el Ca, dejando un interior más rico en Mg (figs. 99.E y 99.G).

Las menas metálicas están constituidas por ilmenita, en un tamaño máximo de 10-15 µm, y rutilo con trazas de vanadio, de tamaño

similar a la ilmenita. También se han reconocido pequeños cristales de hierro (presumiblemente hematites), que se concentran en el interior de los filosilicatos dispuestos paralelamente a los planos basales, o en pequeños agregados en la matriz de la cerámica (fig. 99.E).

Se han encontrado cristales de zircón, la mayoría de ellos con un tamaño de 5 μm . La cantidad de feldespato potásico es muy elevada, lo que explica la mayor concentración de potasio medido por XRF (4%), y la cantidad identificada por XRD (10%).

En **D3 950** el grado de fusión general es mayor (15% según XRD), los filosilicatos se han transformado de forma más abundante (fig. 99.D), reduciendo su presencia en un 10% según XRD. Si bien la porosidad primaria de mayor tamaño sigue manteniendo *grosso modo* su aspecto, el efecto suavizado de los bordes de poro es más acentuado (fig. 99.B), y se hace patente la formación de una porosidad secundaria (fig. 99.D).

Los carbonatos de tamaño inferior a 20 μm han sufrido una transformación completa en gehlenita, quedando con una textura muy deteriorada y porosa. Los carbonatos de tamaño mayor de 30 μm han dado lugar también a la formación de cristales de gehlenita; mientras en su interior se han identificado pequeñas estructuras amorfas de azufre (fig. 99.F y 99.H).

Se han identificado granos aislados de apatito y zircón con un tamaño aproximado de 25 μm , y también algunos granos de hercinita de alrededor 25 μm .

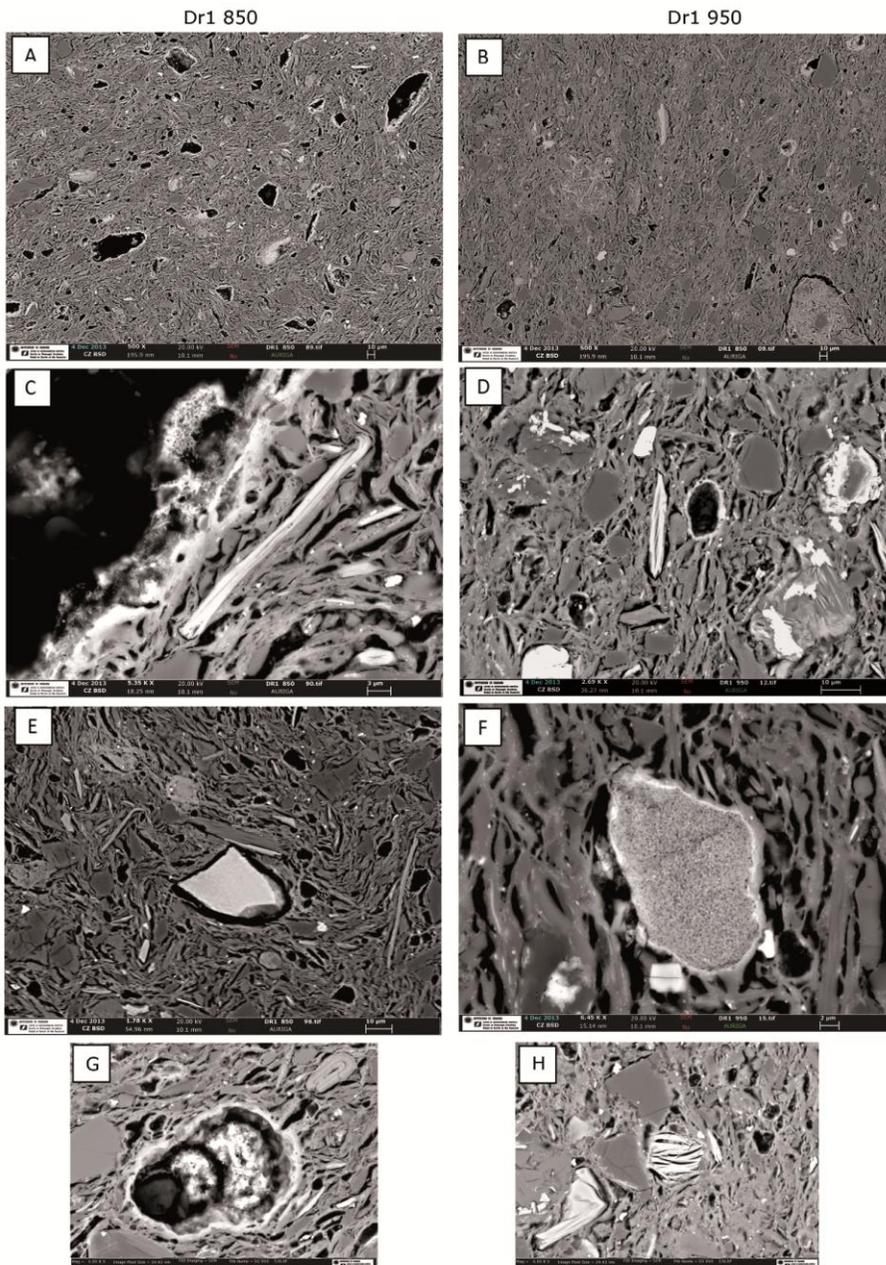


Figura 100. Imágenes de HRSEM del yacimiento Diezma roja 1 cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – Dr1 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – Dr1 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – Dr1 850 aspecto de los filossilicatos y borde de reacción con grano de calcita. **D** – Dr1 950 aspecto de los filossilicatos, menas metálicas y cuarzo. **E** – Dr1 850 cristal de apatito. **F** – Dr1 950 cristal de apatito. **G** – Dr1 850 antiguo grano de globigerina que ha reaccionado con la matriz silicatada. **H** – Dr1 950 filossilicato deshidroxilado.

Tanto en Dr1 como en Dr2 el material fundido es muy abundante, la fusión es muy elevada incluso a 850 °C, y las transformaciones de las fases minerales son mucho más acusadas y muy diferentes a la del resto de yacimientos.

En **Dr1 850** los puentes de unión entre granos son muy abundantes, prácticamente no se encuentran granos aislados. De hecho, según XRD la cantidad de fundido temperatura 850 °C ya es del 5%.

La porosidad es prácticamente toda secundaria y se ha formado también una gran cantidad de poros debido a la desintegración total de algunos granos de carbonatos. En la figura 100.E se ven abundantes huecos de aproximadamente 10 µm con bordes redondeados y un borde de reacción blanquecino, compuesto principalmente por gehlenita, con trazas de cloro y manganeso (identificados por XRF en mayor cantidad que en el resto de yacimientos, un 0,4% Mn y 204 ppm de Cl).

Los filosilicatos de mayor tamaño han mantenido su estructura en mejores condiciones que los cristales pequeños (fig. 100.C), siendo de hecho identificados por XRD en un 20%.

Se ha encontrado apatito con un tamaño entre 8-20 µm repartidos por toda la masa (fig. 100.), y algunos fantasmas de microfósiles del tipo globigerina, completamente transformados en gehlenita (fig. 100.G).

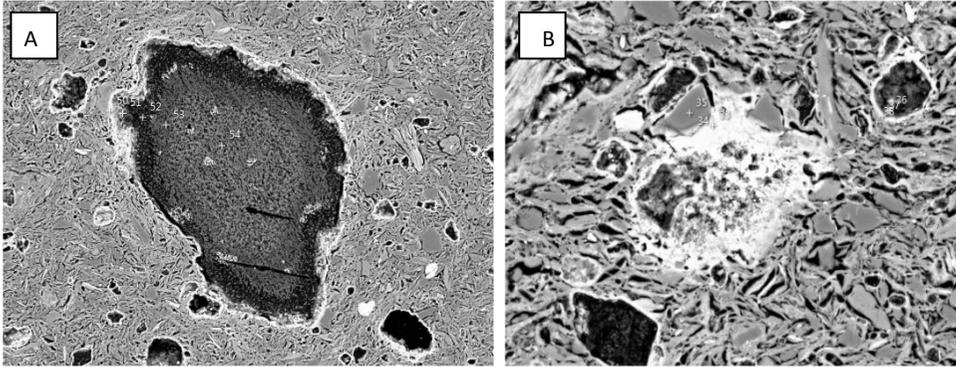


Figura 101. Dr1 850 observado por HRSEM. **A** – antiguos cristales de dolomita. **B** – wollastonita.

Los antiguos cristales de dolomita, muy escasos en esta muestra (5% según XRD), tienen un tamaño de alrededor de 150 μm (fig. 101.A), muy grandes para el tamaño de grano medio de esta muestra. Presentan unas grandes fisuras intragranulares, y su composición varía del centro al exterior, perdiendo progresivamente el calcio hasta quedar prácticamente sólo magnesio. Se crea un borde perimetral blanco compuesto por gehlenita. Se han identificado también algunos granos aislados de wollastonita (fig.101.B) que no han sido identificados por XRD. Los zircones se encuentran muy dispersos con un tamaño medio de 8 μm . Su presencia ya se había intuido al haberse encontrado una concentración de Zr de 166 ppm por XRF.

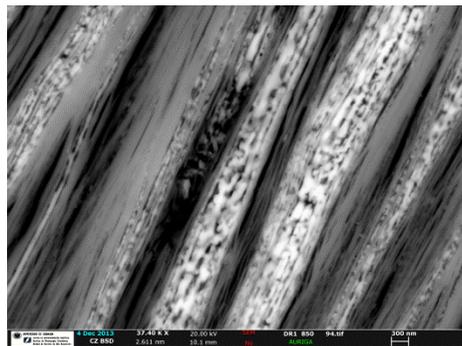


Figura 102. Dr1 850 observada por HRSEM. Hematites interestratificado

Las menas están compuestas principalmente por ilmenita, y las encontramos asociadas a filosilicatos y a cuarzo. En los filosilicatos,

paralelamente a los planos basales está presente también las hematites (fig. 102).

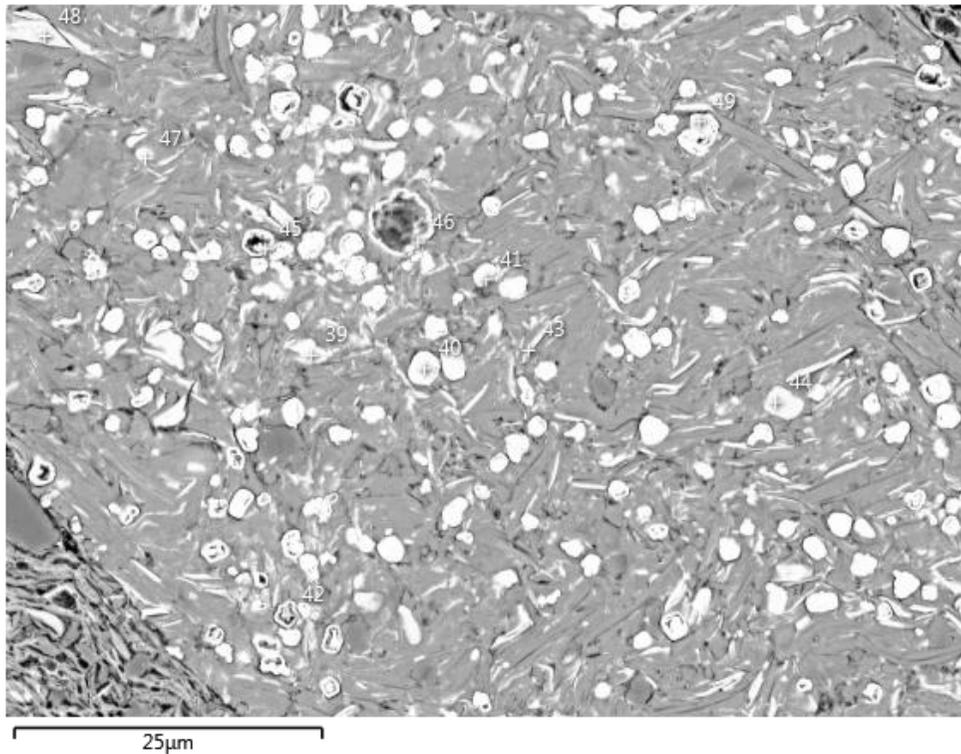


Figura 103. Dr1 850 observado por HRSEM. Composición muy variada de la matriz. Señalizado con el número 39 se ha identificado un grano de rutilo, con los números 40, 41, 42, 45, 47 y 49 se identifican hematites, el número 44 es un grano de apatito y el 46 gehlenita.

La matriz puede tener una composición muy variada (fig. 103).

En **Dr1 950** la fusión es más extendida (15% según XRD), la porosidad es casi toda secundaria, creando aún más puentes intergranulares (fig. 100.B). Los filosilicatos están mucho más deteriorados, bajando su detección por XRD hasta menos del 5%. Los granos de cuarzo han reaccionado en sus bordes a gehlenita. También se observa ilmenita tanto en granos aislados como combinados con filosilicatos,

además de los huecos dejados por calcita deteriorada, con un borde de reacción de gehlenita, como veíamos en Dr1 850.

Las calcitas y las dolomitas han desaparecido, quedando los huecos y los bordes de reacción antes descritos.

En la figura 100.F se observa la reacción de los cristales de apatito, con un aspecto moteado y borde de reacción blanco formado por gehlenita con una elevada cantidad de fósforo.

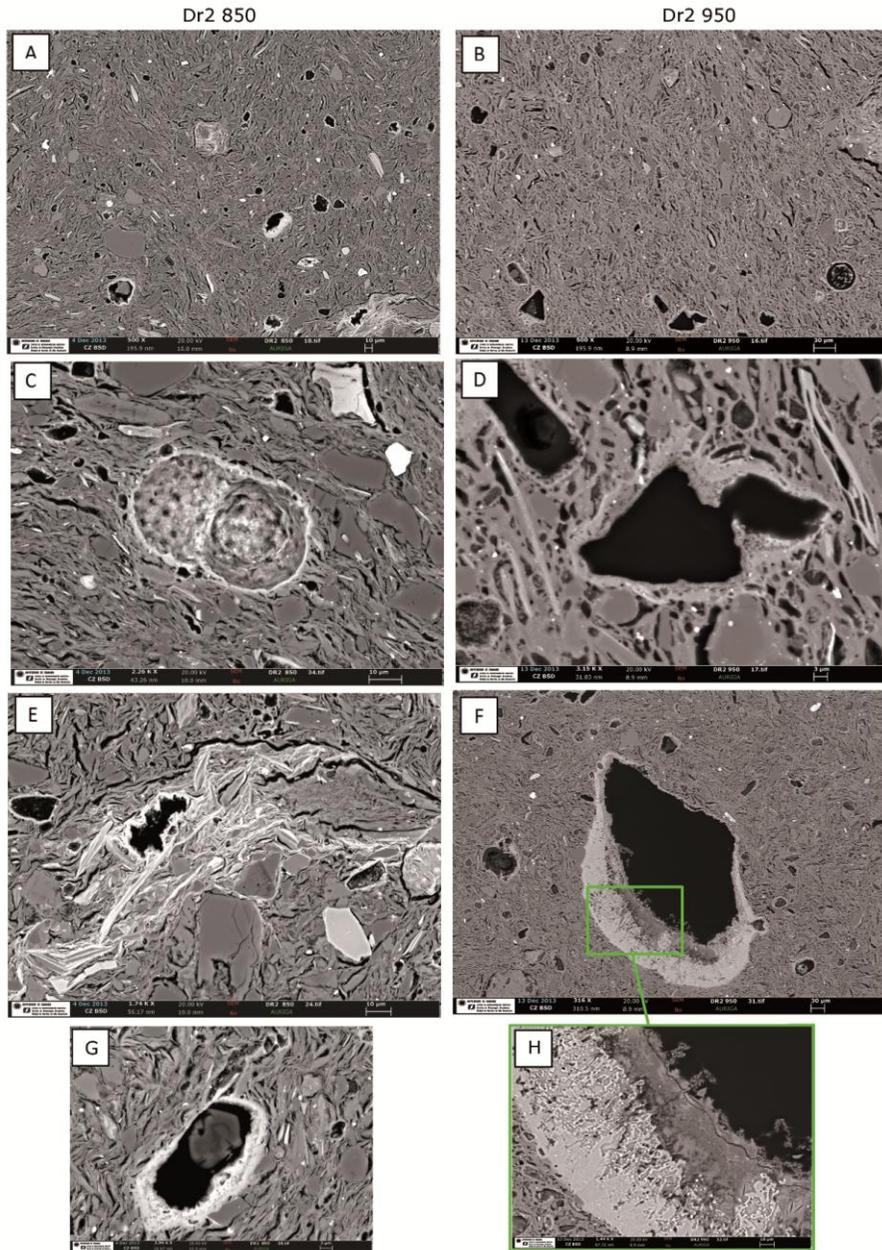


Figura 104. Imágenes de HRSEM del yacimiento Diezma roja 2 cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – Dr2 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – Dr2 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – Dr2 850 antiguo microfósil de composición carbonática. **D** – Dr2 950 textura de filosilicatos y hueco dejado por un antiguo cristal de calcita. **E** – Dr2 850 zona enriquecida en Mn (color blanco). **F** – Dr2 950 borde de reacción de antiguo grano de calcita (desaparecido) en gehlenita y wollastonita. **G** – Dr2 850 grano de feldespato con borde de reacción de gehlenita. **H** – Dr2 950 detalle de 104.F

Las probetas de Dr2 cocidas a 850 °C y 950 °C se comportan de una forma muy similar a las que encontrábamos en Dr1, si bien tienen algunas diferencias de composición que dan lugar a transformaciones diferentes. Las similitudes son que a baja temperatura (fig. 104.A) ya presentan una fusión de la matriz y transformación de las fases minerales muy acusada, y por tanto un comportamiento muy diferente al resto de yacimientos.

En **Dr2 850** la fusión de la matriz es muy elevada (10% según el análisis por XRD), lo que se traduce en una elevada formación de puentes entre granos y desarrollo de porosidad secundaria, especialmente evidente en las zonas de contacto y por tanto de transformación, entre granos y zona externa de filosilicatos. Esta cerámica tiene una composición más rica en filosilicatos que Dr1, lo que es perceptible por HRSEM: en la figura 104.C es evidente la disposición de los planos <001> de los filosilicatos perpendicularmente a la presión ejercida durante la fase de amasado. Los filosilicatos presentan cierto grado de fusión especialmente en los bordes, ya que el interior de los mismos sigue siendo cristalino, así como indicaban los datos de XRD (20%). Los granos de cuarzo son más abundantes en esta muestra, llegando al 65% cuando Dr1 contenía el 50%. Sus bordes de reacción con carbonatos y otras fases minerales no están muy desarrollados, lo que explica que por XRD no se identifiquen fases de neoformación.

Esta muestra apenas contenía cristales de dolomita y la calcita no había sido detectada por XRD, aunque la XRF indicaba un contenido en CaO del 3%, lo que explica la ocasional presencia de microfósiles (fig. 104.C), identificados como globigerinas,

transformados completamente en gehlenita. También se han encontrado otros granos aislados de carbonato cálcico asociado a flúor y cloro. Los granos de dolomita se han deteriorado de una forma muy parecida a los de la muestra Dr1 850, dejando un borde de reacción de gehlenita.

Un comportamiento específico de esta muestra ha sido el de los feldespatos (fig. 104.G), que han reaccionado con los silicatos de la matriz para formar gehlenita.

También se han localizado algunos cristales aislados de apatito con un tamaño aproximado de 5 μm .

Las menas metálicas encontradas están compuestas principalmente por ilmenita asociada a filosilicatos o aislados en granos entre 10 y 25 μm . Se han encontrado, dispersas por la muestra, algunas zonas donde el manganeso ha formado un entramado ramificado en la matriz arcillosa (fig. 104.E). Por su mineralogía podría tratarse muy probablemente de pirolusita. El comportamiento térmico de este material ha producido abundantes fisuras y grietas en su interior. En esta misma imagen se observa, también, uno de los huecos dejados por los antiguos cristales de dolomitas transformados (centro extremo izquierdo).

En **Dr2 950** la fusión es mucho más acusada, llegando al 10% según XRD. Se ha formado una gran cantidad de porosidad secundaria dándole a toda la superficie un aspecto de estructura celular debido a la elevada cantidad de filosilicatos en la matriz (figs. 104.B y 104.D). En efecto, los filosilicatos se encuentran prácticamente

fundidos, perdiendo en su mayoría su estructura cristalina (se encuentran en un porcentaje menos al 5% según XRD).

Los escasos cristales de calcita y dolomita presentes se han transformado a 950 °C, dejando en la mayoría de los casos huecos con bordes de reacción de gehlenita. También en esta muestra se han localizado pequeños cristales de apatito.

Interesante es la gradual transformación de un antiguo grano de carbonato en silicatos de calcio que se puede observar en la figura 104.F y su detalle 104.H. En efecto, se pasa de una zona interna gris compuesta por gehlenita y trazas de Cl y S hasta una aureola externa más clara de wollastonita, con una estructura digitada ya descrita por CULTRONE et alii (2001) ("fingeredgeometry"), que favorecería una rápida difusión de los iones Ca hacia la sílice, potenciando la reacción.

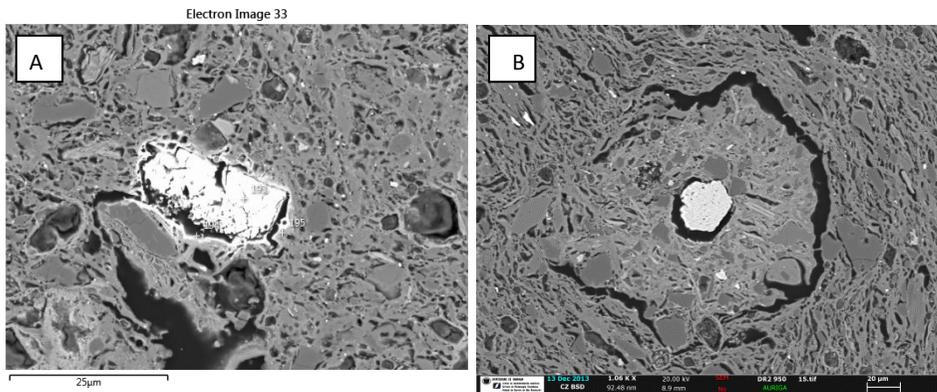


Figura 105.Dr2 950 vista por HRSEM. **A-** Grano de barita de 30 μm. **B-**Grano de espinela de 20 μm

Se han localizado granos de apatito de un tamaño aproximado de 25 μm, zircones de aproximadamente 10μm, apatito y algunos pequeños granos de barita que han reaccionado con los silicatos

*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre probetas*

adyacentes (fig.105.A).También se ha localizado un grano aislado de espinela rica en hierro y manganeso (tipo jacobsita) (fig. 105.B).

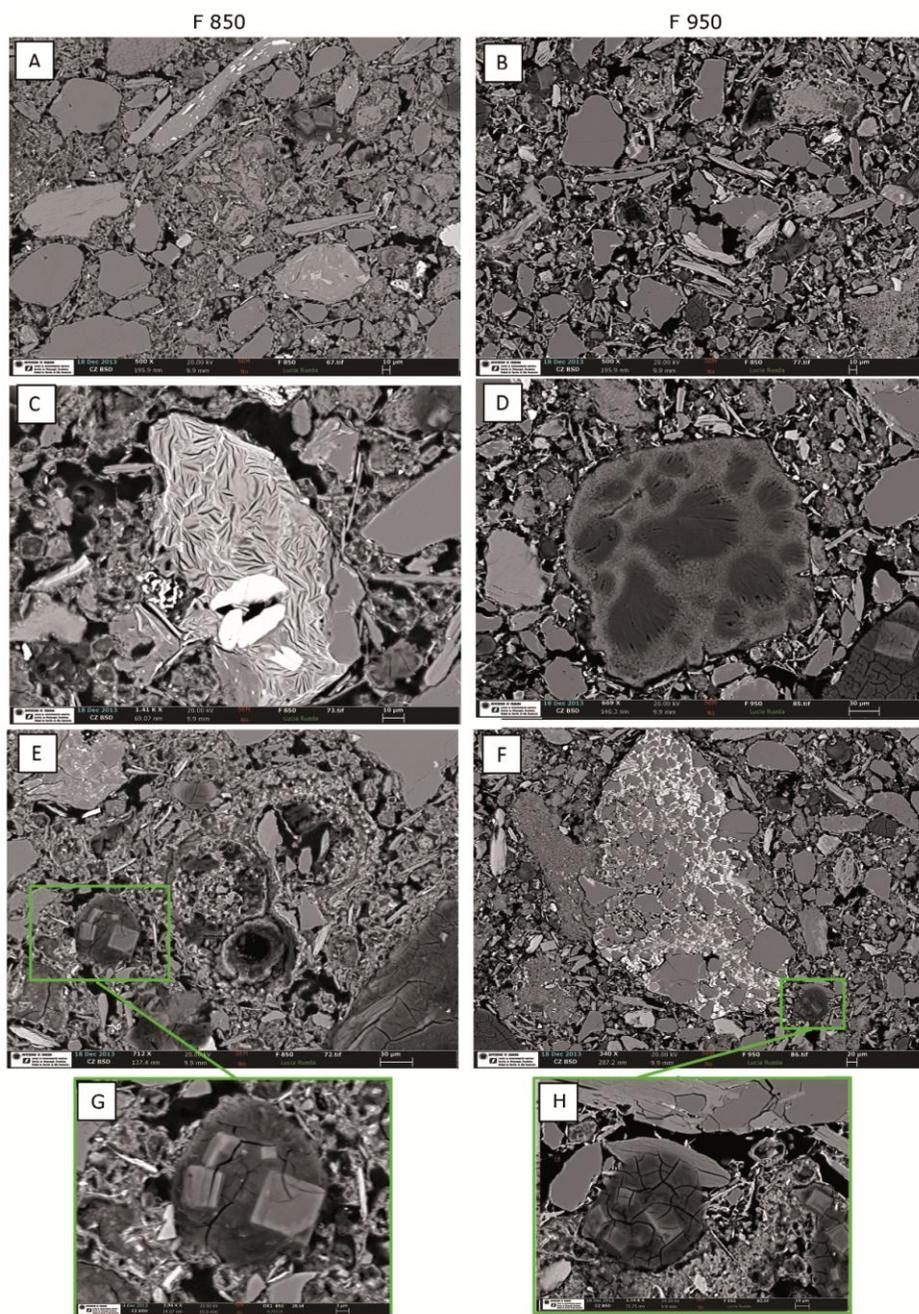


Figura 106. Imágenes HRSEM del yacimiento Fargue cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 900 °C (B, D, F y H). **A** –F850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – F950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – F850 filossilicato deshidroxilado con ilmenita. **D** –F950 antiguo grano de dolomita. **E** –F850 antiguos granos de dolomita con morfología romboédrica, donde se concentran los iones de Ca. **F** – F950 antiguos granos de dolomitas y calcitas. **G** – F850 detalle de 106.E. **H** – F950 detalle de 106.F.

El yacimiento de Fargue sufre, en general, una descohesión mayor y una transformación de las fases minerales similar entre los 850 y 950 °C de cocción, seguramente debido a la gran cantidad de calcita presente, que ha favorecido el desarrollo de reacciones a baja temperatura.

En **F850** la formación de puentes entre granos es escasa, la granulometría es demasiado heterogénea. Mientras que en Dr1 y Dr2 la cantidad de fundido parecía menos abundante del 5% detectado por XRD, en las muestras de Fargue este mismo 5% parece insuficiente. Esto se debe principalmente a la gran cantidad de carbonatos que se encuentran distribuidos en toda la matriz en granos muy pequeños. La calcinación de estos carbonatos ha dejado una gran porosidad en toda la masa, formándose puentes de unión en gran parte gracias a los bordes de reacción fundidos alrededor de estos cristales (fig. 106.A, 106.E y 106.G). Se ha formado porosidad secundaria, en forma muy redondeada, en los filosilicatos, aunque éstos se encuentran sólo parcialmente alterados (fig. 106.A), encontrándose en la masa en un 30% según XRD.

Se han localizado grandes granos de filosilicatos deshidroxilados de hasta 70 µm de tamaño, en algunos casos junto con menas de ilmenita (fig.106.C). Los granos de dolomita se han transformado al igual que en las cerámicas anteriores, pero en este caso al estar presentes cristales de mayor tamaño (probablemente esparíticos), se reconoce la morfología romboédrica y una concentración de los iones de Ca en las áreas más claras (en los romboedros) y Mg en las más oscuras (en la matriz del carbonato) (figs. 106.E y 106.G).

Ocasionalmente, se han identificado algunos granos de K-feldespatos de unos 100 μm de tamaño.

Las menas metálicas están constituidas principalmente por ilmenita, en cristales aislados de hasta 100 μm o entre las láminas de los filosilicatos (fig. 106.A). Se han encontrado también granos de hasta 40 μm de titanita.

Por último, se ha localizado un grano hexagonal de hematitas de 70 μm (fig. 107).

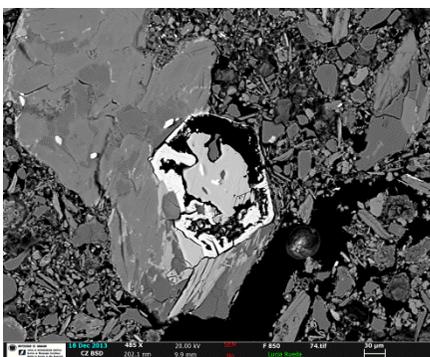


Figura 107. F950 visto por HRSEM, grano de hematitas.

En la probeta **F950** la formación de puentes de unión entre granos es algo más abundante principalmente por fusión entre granos (106.H), aportando algo más de cohesión a la masa, si bien no difiere demasiado de F850 (fig. 106.B). Los filosilicatos muestran un grado de transformación por cocción más acentuado y un desarrollo importante de poros redondos en su interior (fig. 106.H), aunque la cantidad detectada por XRD sigue siendo bastante elevada (25%, tabla 14).

El cuarzo presenta más bordes de reacción que en las piezas cocidas a 850 $^{\circ}\text{C}$, formándose gehlenita (presente hasta en un 5% según XRD). Los granos de dolomita parecen sufrir un deterioro más importante que la calcita. De hecho, según RODRÍGUEZ NAVARRO et alii 2009 y 2012, esta fase mineral empieza a descomponerse

antes que la calcita. Los romboedros ricos en Ca siguen reconociéndose, al igual que en las muestras cocidas a temperatura más baja y el grado de fusión con los granos adyacentes es elevado (fig. 106.H). En algunos casos la distribución de Ca y Mg en el carbonato es aleatoria (fig. 106.D).

Los carbonatos muestran reacciones parecidas a las de las muestras cocidas a 850 °C, con la aparición de bordes de reacción de gehlenita.

Se han localizado algunas menas metálicas constituidas principalmente por ilmenita con trazas de manganeso (106.F).

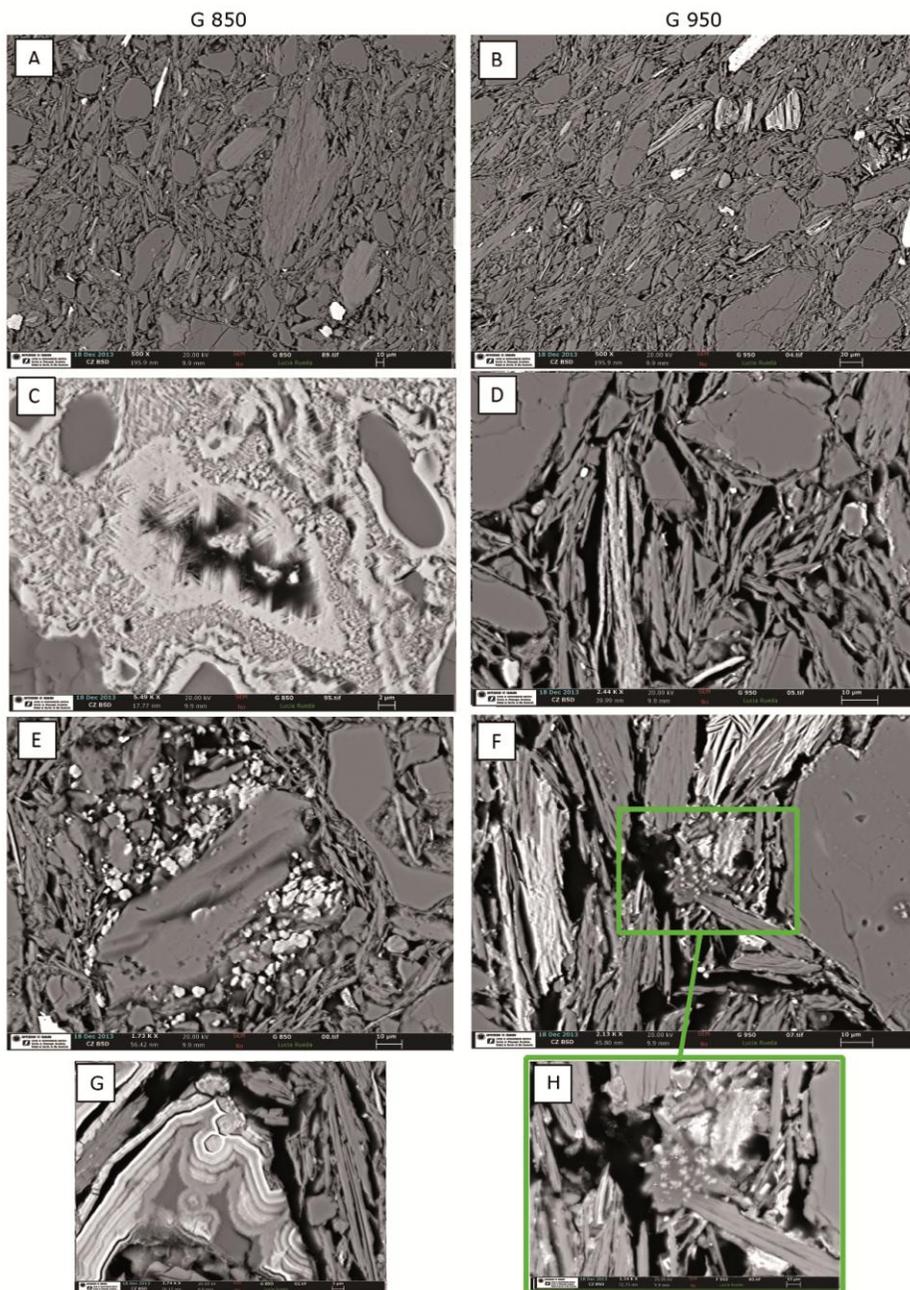


Figura 108. Imágenes de microscopía óptica polarizada del yacimiento Guadix cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – G850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – G950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – G850 entramado cristalino de rutilo. **D** – G950 morfología de los filossilicatos con hematites interestratificado. **E** – G850 granos ricos en manganeso. **F** – G950 cristalizaciones de cloro entre los filossilicatos. **G** – G850 cristalizaciones de hematites en estructuras botroidales. **H** – Detalle de 108.F.

El yacimiento de Guadix presenta aparentemente poca diferencia entre sus dos temperaturas de cocción, ya que el grado de fusión a 950 °C no parece ser muy elevado, si bien a mayores aumentos se percibe la gran trabazón de la masa por la fusión de los filosilicatos. Esto se traduce en el mantenimiento de su porosidad de aspecto primario; también se da la formación de porosidad secundaria dentro de la illita/moscovita.

En **G 850** los puentes de unión entre granos son abundantes, principalmente formados por filosilicatos de pequeño tamaño, que aparecen estrechamente unidos entre sí (siendo el porcentaje de fundido presente en este material del 5% según XRD), aunque la forma de los poros de génesis primaria no parezca afectada (figs. 108.A, 108.E y 108.G). Los filosilicatos se encuentran en bastante buen estado (en forma cristalina hasta en un 35%, según XRD), presentando bordes de reacción muy sutiles (fig. 108.G).

Se han identificado algunos grumos de arcilla de unos 75 μm de tamaño. Las menas están principalmente constituidas por ilmenita en agregados de 10 a 30 μm . También se ha localizado hematites entre las láminas de los filosilicatos, o en estructuras botroidales (fig. 108.G). El rutilo presenta una estructura peculiar compuesta por un entramado de cristales aciculares formando maclas en forma de V. En contacto con el cuarzo parece desarrollarse un borde de reacción (fig. 108.C). Se han detectado pequeños granos de óxido de manganeso (posiblemente pirolusita) en la matriz de esta muestra (fig. 108.C).

En **G 950** la cantidad de la masa fundida es mayor (llegando al 10% según XRD), y es perceptible a mayores aumentos, ya que a primera vista la porosidad primaria parece mantenerse inalterada, al igual que la estructura de los filosilicatos (fig.108.D). Se aprecia la formación de poros secundarios, el aspecto más fundido de los mismos (que han reducido su forma cristalina hasta ser menos del 5%) y el suavizado en los bordes de los poros (fig. 108.F).

Siguen encontrándose algunos grumos aislados de arcillas (fig. 108.F), hematites entre las láminas de los filosilicatos (108.D). Por otro lado, pese a haberse identificado por XRD la presencia de mullita (en proporción inferior al 5%), ésta no ha podido ser observada por SEM debido a la necesidad de una técnica con mayores aumentos, como el TEM.

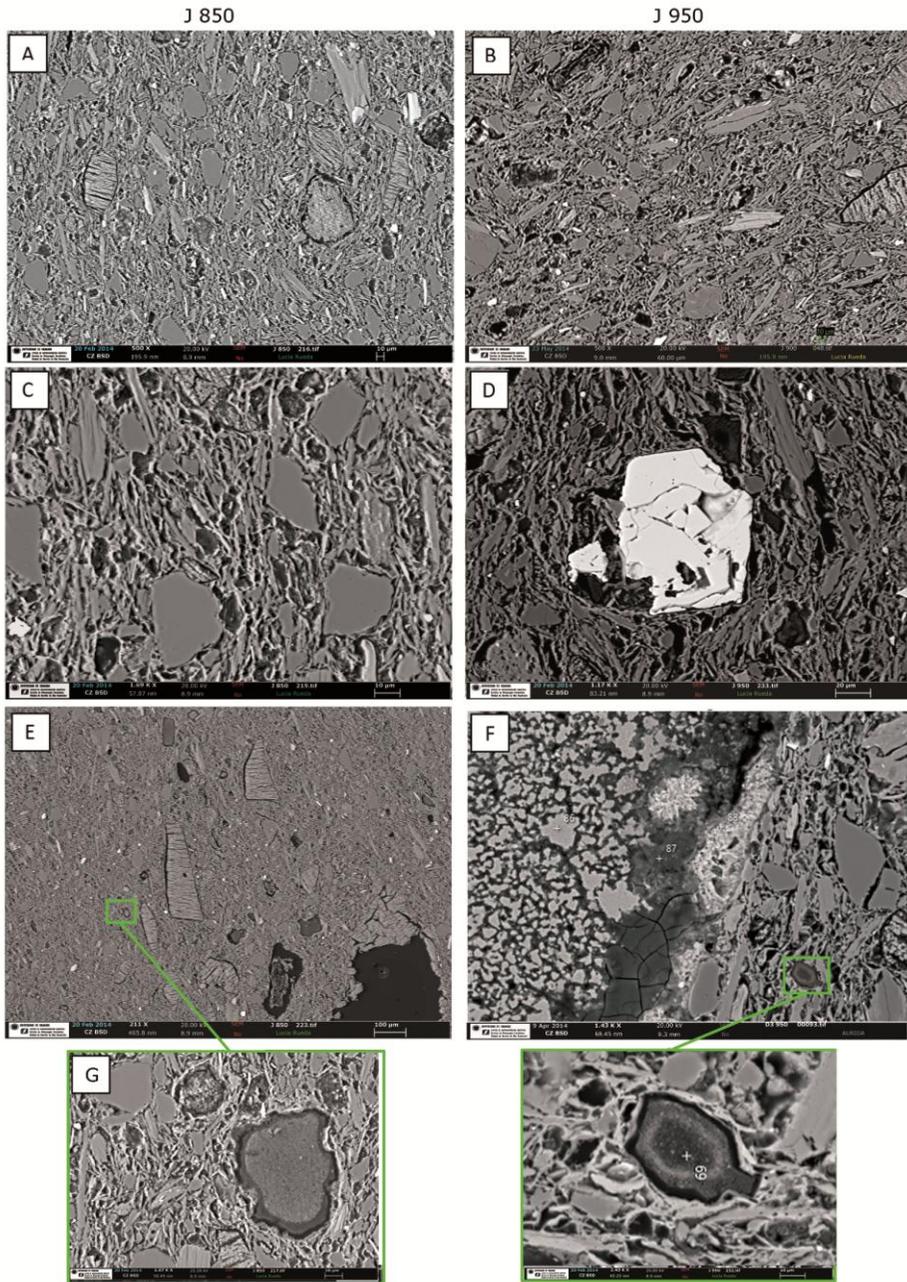


Figura 109. Imágenes de HRSEM del yacimiento Jun cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – J850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – J950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – J850 aspecto de los filosilicatos y dolomita. **D** – J 950 aspecto de los filosilicatos y granos de celestina. **E** – J850 presencia de anhidrita de gran tamaño. **F** – J950 borde de grano de dolomita con gehlenita. **G** – detalle de 109.E, donde se observa el estado de una antigua dolomita. **H** – detalle de 109.F, diópsido con diferencia de composición entre el núcleo y borde de grano

El yacimiento de Jun muestra el desarrollo de una matriz fundida ya a los 850 °C, además de la presencia de fases de neoformación por la temperatura. La presencia en grandes cantidades de ciertos compuestos químicos debe haber influido en la formación y transformación mineralógica.

En **J 850** los granos se encuentran muy bien unidos entre sí por la formación de puentes de material fundido (un 5% según XRD) (fig. 109.C) y la ausencia de fisuras alrededor de los granos, excepto en la anhidrita (figs. 109.A y 109.E) y la dolomita (fig. 109.G en comparación con las presentes en la fig. 109.C).

Los filosilicatos de tamaño inferior a 5 μm se encuentran bastante transformados, habiendo desarrollado poros con morfología redonda entre las láminas, mientras que los de tamaño superior a 15 μm mantienen el aspecto inalterado típico de la moscovita, sobre todo en su zona interna, ya que en los bordes externos se observa un cierto grado de fusión (fig. 109.C), produciendo gehlenita. La cantidad de filosilicatos había sido estimada en un 10% según el análisis por XRD (tabla 14). Esto le confiere a la muestra un aspecto muy compacto y bastante vitrificado. En esta misma imagen se observa la reacción del cuarzo con el filosilicato, formando gehlenita en la zona de contacto entre granos (identificada en un 10% de concentración según XRD).

También los carbonatos dan lugar por reacción a la aparición de gehlenita (fig. 109.G), y en general se encuentran bastante alterados por la pérdida de CO_2 . Los granos de dolomita han sufrido a 850 °C como a 950 °C el efecto de difusión de Mg hacia el borde

de grano (figs. 109.G y 109.H) para dar lugar a las fases de neoformación, como veíamos en D2 850.

Se reconoce fácilmente la anhidrita (fig. 109.C) en grandes granos, lo que explica la elevada presencia de azufre (11347 ppm según el análisis XRF, tabla 15), que se encuentra, como antes se ha indicado, rodeada por fisuras en casi todos sus granos. La anhidrita procede del yeso presente en la arcilla cruda (con un contenido de del 10% de yeso, tabla 8) que ha perdido las moléculas de agua tras la cocción.

Las menas metálicas se componen de ilmenita y se encuentran entre las láminas de los filosilicatos, así como en granos aislados de 25 μm a 50 μm .

En **J 950** se produce una transformación más acusada. La cantidad de material fundido aumenta (10% según el análisis de XRD), aparecen más poros redondos en el interior de los filosilicatos, lo que conlleva una pérdida de cristalinidad y una cuantificación más baja por parte de la XRD (estimada en un 10%, tabla 14) (figs. 109.D y 109.F).

Se puede observar que los granos de anhidrita muestran la misma morfología de las piezas cocidas a 850 °C (fig. 109.B). Los granos de dolomita se han transformado por completo (figs. 109.F y 109.H), de ahí la proporción de diópsido identificada por XRD del 5%.

En esta muestra se han encontrado granos de celestina, con un tamaño de 80 μm , lo que explica la cantidad de Sr identificada por XRF (1129 ppm, tabla 15).

Muchos de los antiguos granos de carbonatos se han desintegrado, dejando en su lugar poros de tamaño inferior a $10\ \mu\text{m}$, con un borde de gehlenita (identificada en un 10% según el análisis de XRD, tabla 14). Este porcentaje se eleva aún más debido a la gran cantidad de cristales de cuarzo de pequeño tamaño (inferior a los $10\ \mu\text{m}$) que favorecen una reacción más rápida (fig. 110). En estos casos, se ha formado también wollastonita, si bien ésta no se había detectado por XRD, seguramente debido a su baja concentración.

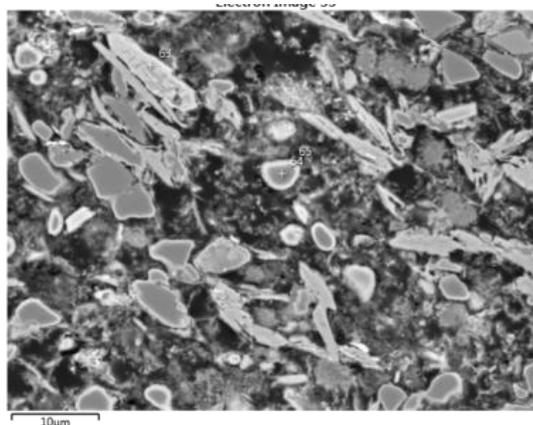


Figura 110. J950 observada por HRSEM. Formación de gehlenita y wollastonita a partir de los granos de cuarzo, en contacto con calcita.

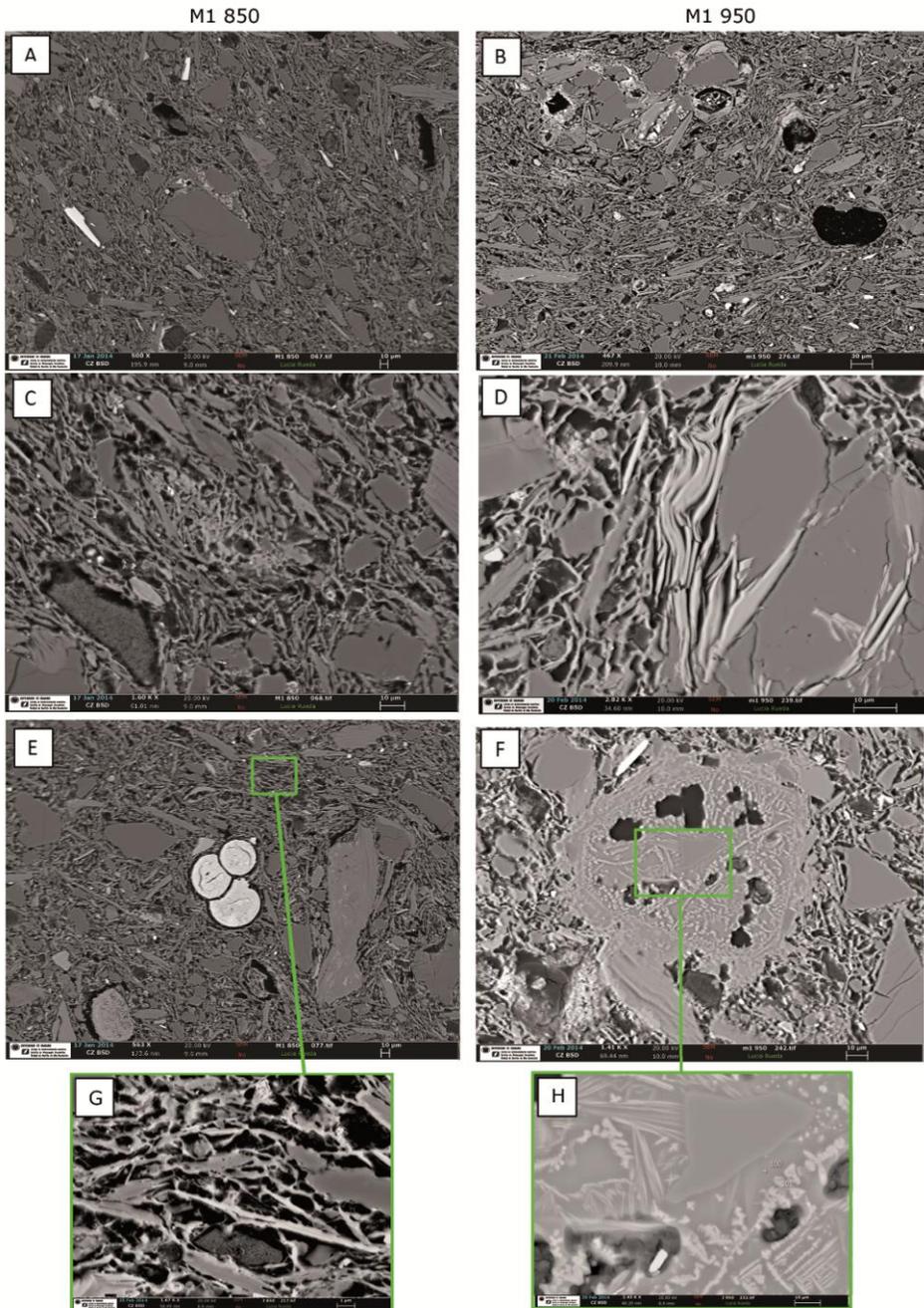


Figura 111. Imágenes de HRSEM de la muestra Monachil 1 cocida a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – M1 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – M1 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – M1 850 aspecto de los filossilicatos, granos de dolomita y acumulación de fundido. **D** – M1 950 morfología de granos de filossilicatos y feldespatos. **E** – M1 850 globigerina. **F** – M1 950 pequeños cristales de hercinita. **G** – detalle de 111.E. **H** – detalle de 111.F.

El yacimiento de Monachil 1 muestra una matriz bastante fundida incluso a 850 °C, sobre todo en los granos de menor tamaño. También se encuentra una gran cantidad de improntas de microfósiles, que parecen ser la principal fuente de calcio de esta muestra.

En **M1 850** los puentes de unión entre granos son ya muy abundantes, la cantidad de material fundido es elevada, hasta un 5% según el análisis por XRD, y el grado de cohesión parece bueno en toda la masa, excepto en presencia de carbonatos que sufren la típica calcinación y disgregación de los granos minerales (fig. 111.C). Los poros han perdido su forma angulosa aunque se ha formado bastante porosidad secundaria en los filosilicatos y feldespatos (fig.111.G).

Gracias a la elevada cantidad de filosilicatos de gran tamaño (mayor de 50 μm), éstos se han mantenido con su forma cristalina (identificados hasta un 25% por XRD), si bien en su exterior están parcialmente fundidos.

Los granos de carbonatos han desaparecido dejando huecos o han dejado una textura de aspecto polvoriento (fig.111.A).

Este yacimiento presenta una gran cantidad de microfósiles, identificados como globigerinas. Ésta parece ser la principal fuente de calcio, que se encuentra muy transformada en gehlenita (fig.111.E), cuyo porcentaje es del 10% según XRD. El análisis por EDX ha mostrado cierta presencia de hierro en la gehlenita. En efecto,

esta fase mineral suele atrapar el Fe presente y englobarlo en su estructura¹³⁴.

Las menas metálicas están formadas por ilmenita, en granos aislados o entre las láminas de los filosilicatos.

En **M1 950** el grado de fusión de la masa arcillosa aumenta bastante, llegando a un 10% según XRD, y visualmente se aprecia claramente la abundancia de puentes de fusión (fig. 111.D), además del relativo buen estado de los filosilicatos de mayor tamaño, cuyo porcentaje es del 15% según el análisis por XRD. No obstante, la porosidad secundaria ha aumentado, afectando principalmente a filosilicatos y feldespatos, como vemos en esta misma figura.

La descomposición de los granos de calcita y su reacción con cuarzo y silicatos ha permitido la cristalización de gehlenita, que ha aumentado en porcentaje a un 10%. Por otro lado, se ha identificado la formación de diópsido procedente de la descomposición de granos de dolomita que aporta calcio y magnesio a la reacción, si bien en la mayoría de casos este silicato de neoformación se encuentra junto con la gehlenita, en distintos puntos de los bordes de reacción.

La formación de hercinita (figs. 111.F y 111.H) es bastante abundante en este yacimiento, identificándose como pequeños granos aciculares de unos 70 μm de longitud.

Las menas metálicas están formadas principalmente por ilmenita y se han localizado a menudo en el interior de microfósiles, asociadas

¹³⁴ KREIMEYER (1987), MANIATIS et alii (1981), KLAARENBEEK (1961)

a calcita, y con trazas de fósforo y azufre de forma recurrente, lo que explicaría la elevada presencia de S identificada por XRF (842 ppm, tabla 15). También se han identificado granos de hematites de entre 10-20 μm , dispersos en la matriz arcillosa.

Se han localizado zircones aproximadamente de unos 10 μm muy próximos a los filosilicatos.

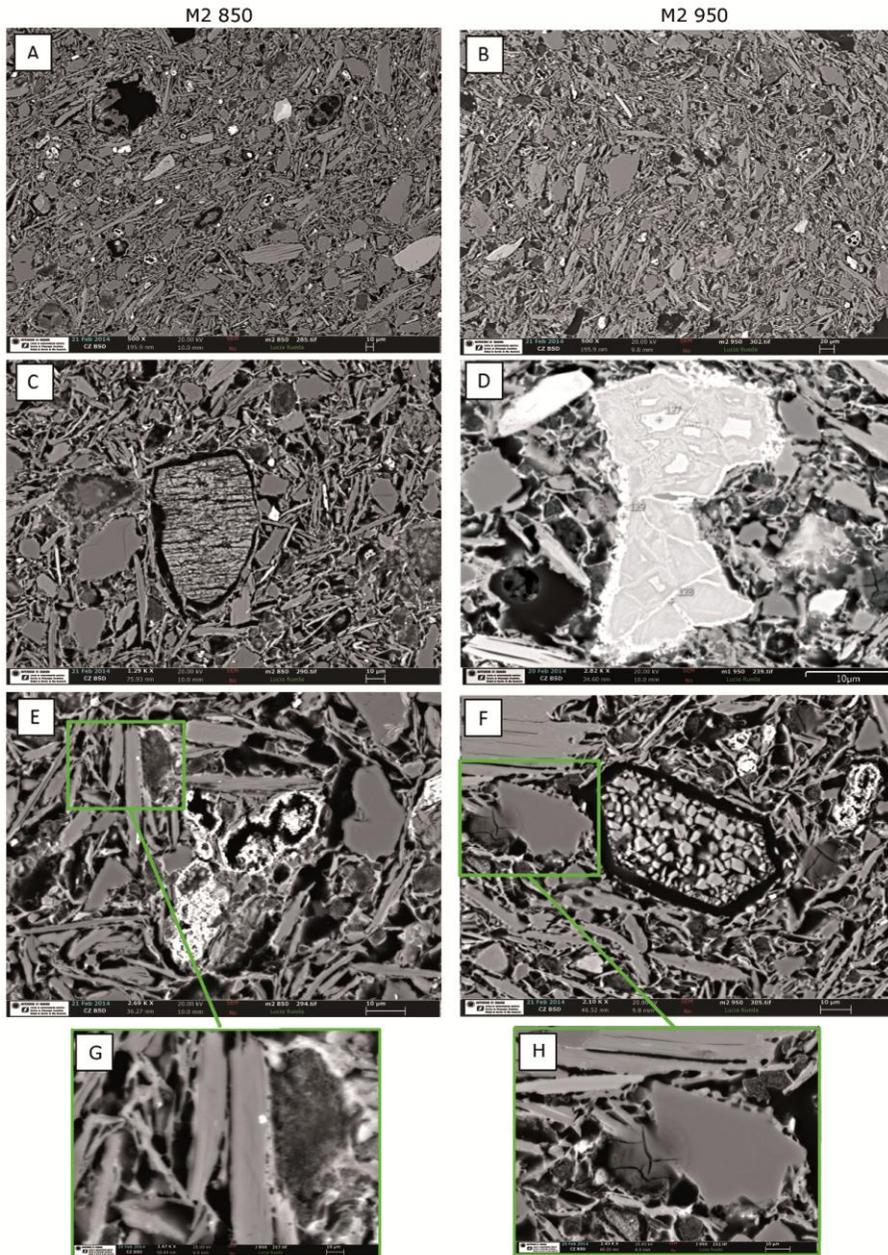


Figura 112. Imágenes de HRSEM del yacimiento Monachil 2 cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – M2 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – M2 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – M2 850 morfología de los granos de anhidrita y carbonatos. **D** – M2 950 mena de ilmenita. **E** – M2 850 morfología de microfósiles y granos de dolomita. **F** – M2 950 grado de deterioro de anhidrita y granos de dolomita. **G** – detalle de 112.E, borde de reacción entre un filosilicato y un grano de dolomita. **H** – detalle de 112.F, reacción entre un filosilicato y un grano de dolomita.

En Monachil 2 se encuentra una abundante cantidad de microfósiles en la masa, una variación acusada en el tamaño de grano y mayores diferencias en la formación de nuevas fases minerales entre las temperaturas 850 y 950 °C.

En **M2 850** se observa una importante presencia de fragmentos de mayor tamaño si los comparamos con los yacimientos anteriores. Esta diferencia da lugar a que la cantidad de material fundido a baja temperatura, si bien es de un 5% como en las muestras anteriores, crea menor unión entre los granos grandes (fig. 112.A). No obstante, el desarrollo de una porosidad secundaria sobre todo en los filosilicatos pequeños es abundante, y se han suavizado los contornos de la porosidad primaria (fig. 112.C). Los filosilicatos de tamaño inferior a 10 μm están fundidos casi por completo, mientras que los mayores de 20 μm presentan reacción únicamente en el exterior, quedando el interior bastante cristalino (de ahí que por XRD se hayan identificado en un 25%).

Este yacimiento contiene una gran cantidad de microfósiles que, como en el caso de M1, parecen ser la principal fuente de calcio (121.E). Se encuentran claramente transformados, fruto de la descomposición de CaCO_3 en CaO . Lo mismo sucede con los cristales de calcita y dolomita. Estos últimos presentan, en general, la parte interna más oscura y rica en magnesio y una capa externa más blanquecina debido a la reacción con los silicatos, identificada mediante microanálisis como diópsido y gehlenita (fig. 112.G). Los cristales de dolomita contienen trazas de cloro y azufre en algunos casos, lo cual, unido a la presencia de granos de anhidrita (fig.

112.C), explica la importante cantidad de azufre cuantificada por XRF (6521 ppm, tabla 15).

Las menas metálicas son escasas y están compuestas principalmente por ilmenita, y aunque se pueden encontrar como granos aislados, lo más frecuente es localizarlos asociados a filosilicatos o a los microfósiles (fig. 112.E).

Se han identificado, también, algunos granos de zircón de unos 10 μm de tamaño.

En **M2 950** el aspecto general no parece diferenciarse mucho de M2 850 si comparamos las figuras 112.A y 112.B. No obstante, a mayores aumentos se comprueba que la cantidad de material fundido que une los granos entre sí se mucho más elevada (10% según XRD). Las reacciones entre fases minerales aumenta y se ha formado un gran número de poros con morfología redondeada (figs. 112.F y 112.H). Los filosilicatos, incluso los de gran tamaño, han reaccionado mucho tras la cocción a 950 $^{\circ}\text{C}$, reduciéndose su detección como fase cristalina por XRD a un 15%, y su reacción con los granos de calcita se ha acentuado (figs. 112.F y 112.H), aumentando la proporción de gehlenita en un 15%. Igualmente su reacción con los cristales de dolomita ha sido elevada, formándose diópsido hasta en un 10% según XRD, un porcentaje más elevado al resto de yacimientos.

Los microfósiles, al igual que en M2 850, han reaccionado para dar lugar a los silicatos de neoformación. Se han localizado en esta muestra algunas menas metálicas de ilmenita de más de 50 μm de longitud (fig. 112.D) y se han identificado también algunos granos de apatito de un tamaño medio de 10 μm .

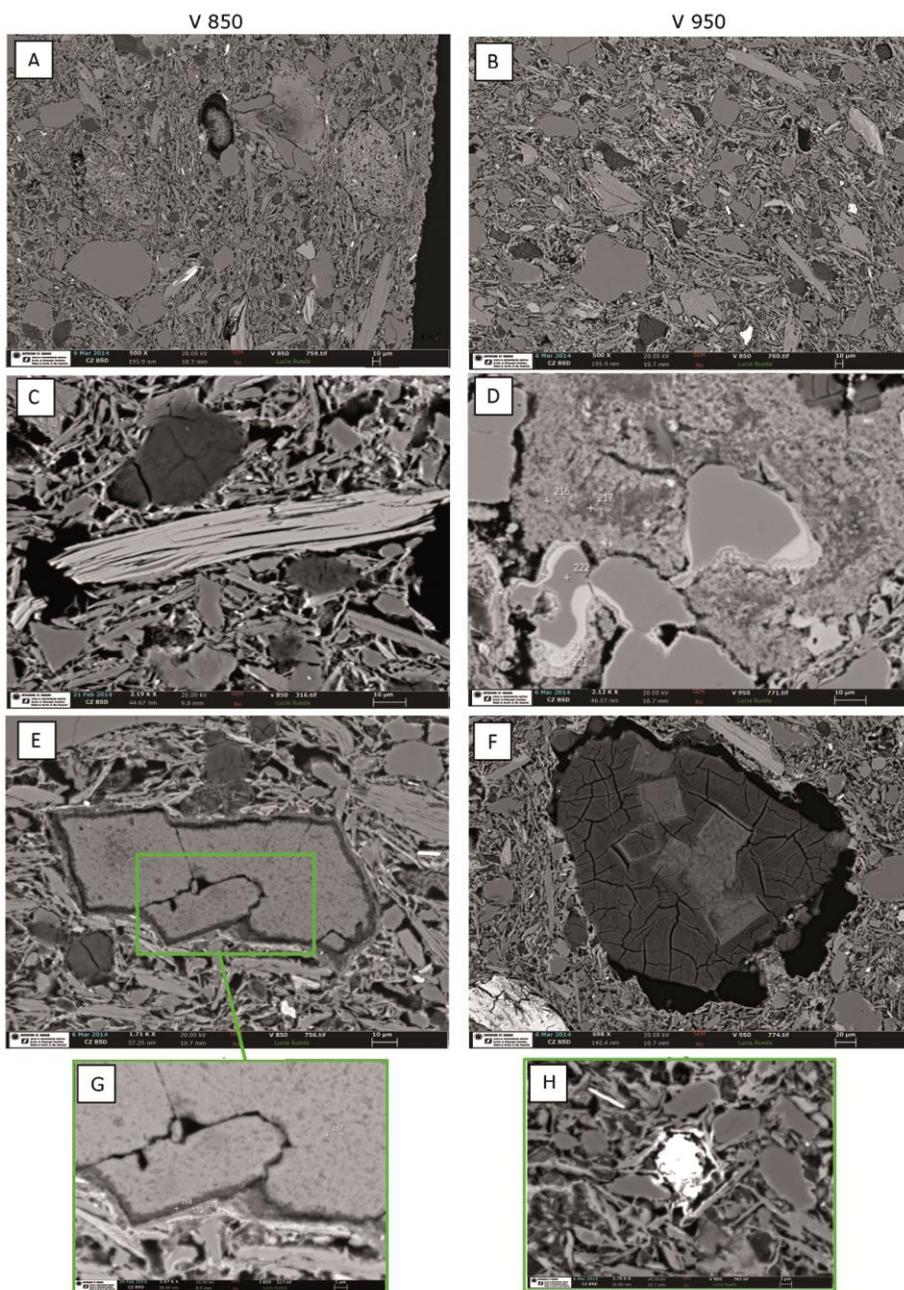


Figura 113. Imágenes de HRSEM del yacimiento Víznar cocido a 850 °C (A, C, E y G) y a 950 °C (B, D, F y H). **A** – V 850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – V 950 imagen general donde se observan las mismas características. **C** – V 850 morfología de filossilicatos y antiguos granos de dolomita. **D** – V 950 importante formación de wollastonita en contacto con la calcita. **E** – V 850 reacción de los granos de calcita. **F** – V 950 reacción de los granos de dolomita. **G** – detalle de 113.E. **H** – V 950 reacción de un cristal de barita con la matriz.

El yacimiento de Víznar presenta una fuerte unión entre granos (figs. 113.A y 113.B) y se trata de una masa bien cohesionada desde los 850 °C de cocción, si bien la baja proporción de carbonatos no ha favorecido la formación de nuevas fases hasta los 950 °C.

En **V 850** la formación de puentes entre granos es muy elevada, ya que se ha producido bastante fusión (identificada por XRD en un 5%) en los granos de menor tamaño. Se ha formado ya abundante porosidad secundaria (fig. 113.C) en toda la matriz y en los filosilicatos, principalmente los de menor tamaño. Los de tamaños mayores (de 100 μm o superiores) presentan fusiones únicamente en los bordes (fig. 113.C). Esto explica la elevada cantidad de esta fase que se cuantifica por XRD (25%). La dolomita, de aspecto cristalino, ha reaccionado con los silicatos formando en el borde de grano diópsido (figs. 113.E y 113.G), si bien su cantidad es demasiado escasa y no ha sido detectada por XRD en esta temperatura de cocción. Los granos de calcita se han descompuesto y dejado generalmente huecos donde anteriormente estaban presentes. Se han localizado algunos granos completamente transformados en gehlenita y en otros casos en los bordes de unión entre los cristales dan lugar también a la formación de wollastonita (figs. 113.E y 113.F).

Las menas metálicas son de ilmenita, habitualmente asociada a las láminas de filosilicatos, aunque también se localiza en granos aislados de tamaño de 20-25 μm .

En **V 950** se observa la fusión de la masa mucho más marcada que a 850 °C, con el desarrollo de abundantes puentes intergranulares y la formación de poros con morfología redondeada (fig. 113.F). Los filosilicatos presentan un mayor grado de fusión, reduciéndose de hecho su detección al 20% según XRD, aunque los de tamaño mayor presentan el interior de los cristales en buenas condiciones. Es en estos minerales y en los feldespatos donde más se aprecia la formación de porosidad secundaria y la formación de la típica estructura celular.

La mayoría de los granos de dolomita muestran una reacción similar a la que veíamos a 850 °C, y son los granos de cuarzo los que presentan mayor reactividad con ellos, formándose un halo blanquecino de diópsido a su alrededor (fig. 113.F). En algunos casos, si bien escasos, se ha visto una reacción entre el cuarzo y la calcita (apenas presente en un 10% en la arcilla cruda) formando wollastonita, fase no detectada por XRD (fig. 113.D). Otra transformación por temperatura que se ha observado ha sido la de los cristales de dolomita más pequeños, completamente transformadas en diópsido. En otros casos, como sucedía con Fargue, se ha observado la presencia de cristales esparíticos con morfología romboédrica de carbonatos (fig. 113.F).

Se han identificado algunos granos aislados de barita (fig. 113.H) de 3 μm y apatito de 5 μm , presentando ambos cierto grado de reacción con la matriz adyacentes rica en filosilicatos y cuarzo. También se han localizado zircones en un tamaño de 5 μm .

CONCLUSIONES

Tras la cocción se han podido observar importantes transformaciones en la mineralogía y el sistema poroso de las muestras, si bien de forma muy distinta entre unos y otros, tendiendo, ante el aumento de temperatura, a crear mayor unión entre los granos y el desarrollo de una porosidad secundaria.

A 850 °C todas las muestras comparten la exfoliación de los filosilicatos a lo largo de sus planos basales, debido a la pérdida de los oxidriles OH¹³⁵. No obstante, se pueden dividir los yacimientos en dos grupos: aquellos que presentaban ya a 850 °C una vitrificación acusada y los que la evidenciaban a 950 °C. Las muestras de D1, D2, F y G presentan una interconexión entre partículas limitada, siendo G la mejor cohesionada, y F la más deficiente. En el extremo opuesto, D3, Dr1, Dr2, J, M1, M2 y V presentaban ya a baja temperatura una elevada vitrificación, siendo las más vitrificadas Dr1, Dr2 y D3. Este comportamiento no se debe solamente a la granulometría de las muestras (muy fina en Dr1, Dr2 y D3), sino también a su composición, ya que J, M1 y M2 presentan una concentración igual o superior al 30% de carbonatos, lo que favorece la fusión de la masa a bajas temperaturas. En efecto, minerales como la calcita y la dolomita suelen utilizarse en materiales cerámicos como componentes fundentes de bajas temperaturas¹³⁶. Por el contrario, D1, D2 y G contienen hasta un 20% de carbonatos, además de un tamaño de grano mayor. La única excepción es F, por el exceso en carbonatos y escasez en

¹³⁵ CULTRONE (2001)

¹³⁶ RODRÍGUEZ et alii (2009), RODRÍGUEZ et alii (2012)

filosilicatos y cuarzos que no permiten una correcta elaboración de las piezas. Este efecto de mayor fusión a baja temperatura también se ve favorecido por la presencia de minerales como la ilmenita¹³⁷, y efectivamente, los yacimientos D3, Dr1, Dr2, y M1 son los que contienen mayor proporción de Fe según XRF (tabla 14), y aunque G también contiene una elevada proporción de Fe, su granulometría mayor y escasez de carbonatos no favorecen la fusión.

Como ya se había detectado por XRD, la formación de fases neoformadas es más abundante en D3, Dr1, J y M1, siendo la gehlenita la más común. Esta fase procede de la descomposición de los carbonatos y la reacción del óxido de calcio con los filosilicatos, de acuerdo con la reacción ya descrita en el apartado C.1.5.2.

Especialmente reactivas y de comportamiento muy diferenciado en los distintos yacimientos han sido los granos de dolomita, ya que empiezan a descomponerse antes que la calcita¹³⁸, favoreciendo la cristalización de dióxido por reacción con la sílice. La calcita, por otro lado, da lugar a la formación de gehlenita principalmente, y en menor medida, wollastonita.

A 950 °C el nivel de fusión de la masa arcillosa está más extendido, y la porosidad secundaria es mucho más evidente por el desarrollo de poros de forma redondeada, sobre todo en el interior de los filosilicatos. La porosidad intergranular, en la mayoría de los casos (a

¹³⁷ KENNETHS et alii (1953), WAHL (1965)

¹³⁸ RODRÍGUEZ NAVARRO et alii (2009 y 2012)

excepción de Dr1 y Dr2) sigue manteniendo formas irregulares aunque sus bordes se suavizan. Los filosilicatos, principalmente los de tamaño menor, son los que más acusan la fusión, tendiendo a unirse entre sí y con los granos adyacentes. Es en las muestras con menor proporción de carbonatos donde la vitrificación a alta temperatura es más acusada, ya que, si bien éstos actúan como fundentes a baja temperatura¹³⁹, no acentúan la vitrificación por encima de los 800 °C¹⁴⁰, aportando estabilidad a la cerámica. No obstante, se observa una mayor formación de minerales neoformados en aquellos yacimientos con una granulometría mayor: D2, M1, M2 y V. B también cumple esta norma, aunque en este caso se debe a su granulometría heterogénea, ya que al contener filosilicatos de tamaño muy pequeño acentúa la fusión por liberación del agua estructural por deshidroxilación¹⁴¹.

C.1.5.5. Ensayos hídricos

Este método de análisis ha sido en principio aplicado sobre las probetas elaboradas en laboratorio (denominadas en adelante “probetas grandes”) para caracterizar las propiedades hídricas de los yacimientos y el índice de desviación estándar del ensayo de acuerdo con la normativa. Sin embargo, conscientes de que este análisis no podía ser aplicado sobre la misma cantidad de material

¹³⁹ SEGNIT & ANDERSON (1972)

¹⁴⁰ NÚÑEZ et alii (1992), EVERHART (1957)

¹⁴¹ BREARLEY & RUBIE (1990)

en una obra de arte real, se ha realizado también sobre porciones de tamaño mucho más pequeño de las probetas.

Con este doble ensayo se pretende contar con los datos extraídos de las probetas grandes como medida de control, ya que nos aportan el comportamiento general y real del yacimiento, y posteriormente compararlos con los datos extraídos del ensayo sobre fragmentos de probetas, o probetas pequeñas. Si la comparación entre ambos ensayos es aceptable, la información extraída arroja los mismos resultados y la desviación estándar en las probetas pequeñas está dentro de los límites aceptables, se podrá concluir que aplicar este ensayo a muestras de pequeña envergadura puede aportar una información válida.

PROBETAS GRANDES

METODOLOGÍA

Los parámetros asociados con la absorción y transporte de fluidos en el seno del sistema poroso se han determinado mediante los ensayos de absorción libre (A_b), absorción forzada (A_f), el estudio de la interconexión de poros (A_x)¹⁴² y el índice de secado (Di)¹⁴³. Estos ensayos se han llevado a cabo controlando por sucesivas pesadas a intervalos estipulados el aumento o descenso en el peso de las muestras, calculando los parámetros mencionados mediante las siguientes fórmulas:

¹⁴² EN, 13755 (2008)

¹⁴³Normal 29/88 (1988)

$$A_b = \frac{M_L - M_0}{M_0} \times 100 ,$$

$$A_f = \frac{M_S - M_0}{M_0} \times 100 ,$$

$$A_x = \frac{A_f - A_b}{A_f} \times 100 ,$$

$$Di = \frac{\int_{t_0}^{t_f} f(M_t) dt}{M_S \times t_f}$$

M_0 = masa de la muestra seca;

M_L = masa de la muestra saturada en agua a presión atmosférica;

M_S = masa de la muestra saturada en agua al vacío;

M_t = descenso del contenido de agua en peso en función del tiempo;

t_0 = tiempo de inicio del ensayo;

t_f = tiempo de finalización del ensayo.

La medida del coeficiente de saturación (S), la densidad aparente (ρ_b), la densidad real o esquelética (ρ_{sk}) y la porosidad abierta (P_o)¹⁴⁴ se determinaron como sigue:

$$S = \frac{M_{48h} - M_0}{M_S - M_0} \times 100$$

$$\rho_b = \frac{M_0}{M_S - M_H}$$

¹⁴⁴RILEM (1980)

$$\rho_{sk} = \frac{M_0}{M_0 - M_H}$$

$$P_o = \frac{M_S - M_0}{M_S - M_H} \times 100$$

M_{48h} = masa de la muestra tras 48 horas de inmersión en agua a presión atmosférica

M_H = masa de la muestra saturada al vacío por pesada hidrostática.¹⁴⁵

El estudio de estas propiedades hídricas, que resumen el modo en que las muestras de terracota absorben o ceden los fluidos, es de gran importancia en varios aspectos. Por un lado, informan indirectamente de la durabilidad del material al ayudarnos a establecer la mayor o menor probabilidad que tienen de sufrir alteraciones relacionadas con la circulación de agua en su sistema poroso: colonización de microorganismos y las consecuentes alteraciones de hidrólisis, hidratación y oxidación de componentes, deterioros por gelifracción, por aumento de volumen por hidratación de arcillas hinchables, ataque químico por variación del pH, movilización y recristalización de sales y otros contaminantes existentes en el material o procedentes del exterior solubles en agua...¹⁴⁶

¹⁴⁵Más información en CULTRONE (2001)

¹⁴⁶ Ídem

En segundo lugar, las reacciones al agua se relacionan directamente con sus propiedades petrográficas (textura y composición mineralógica), no solamente en la cantidad de agua retenida, sino también en la movilidad de ésta en su seno. Esto se debe a la estructura del sistema poroso y a factores tan variados como la anisotropía del material, el nivel de unión intergranular, la interconexión de poros, por el propio radio de acceso de poros, o por presencia de fisuras y grietas.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

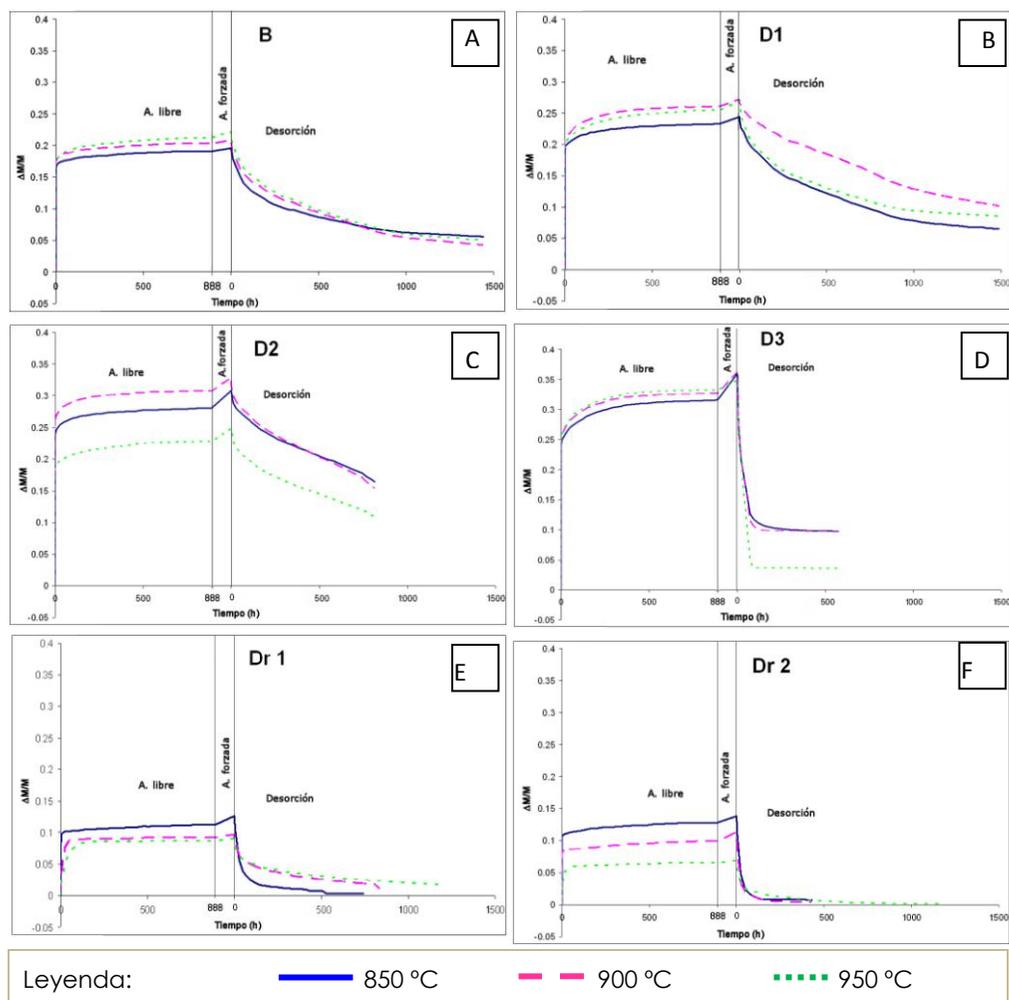
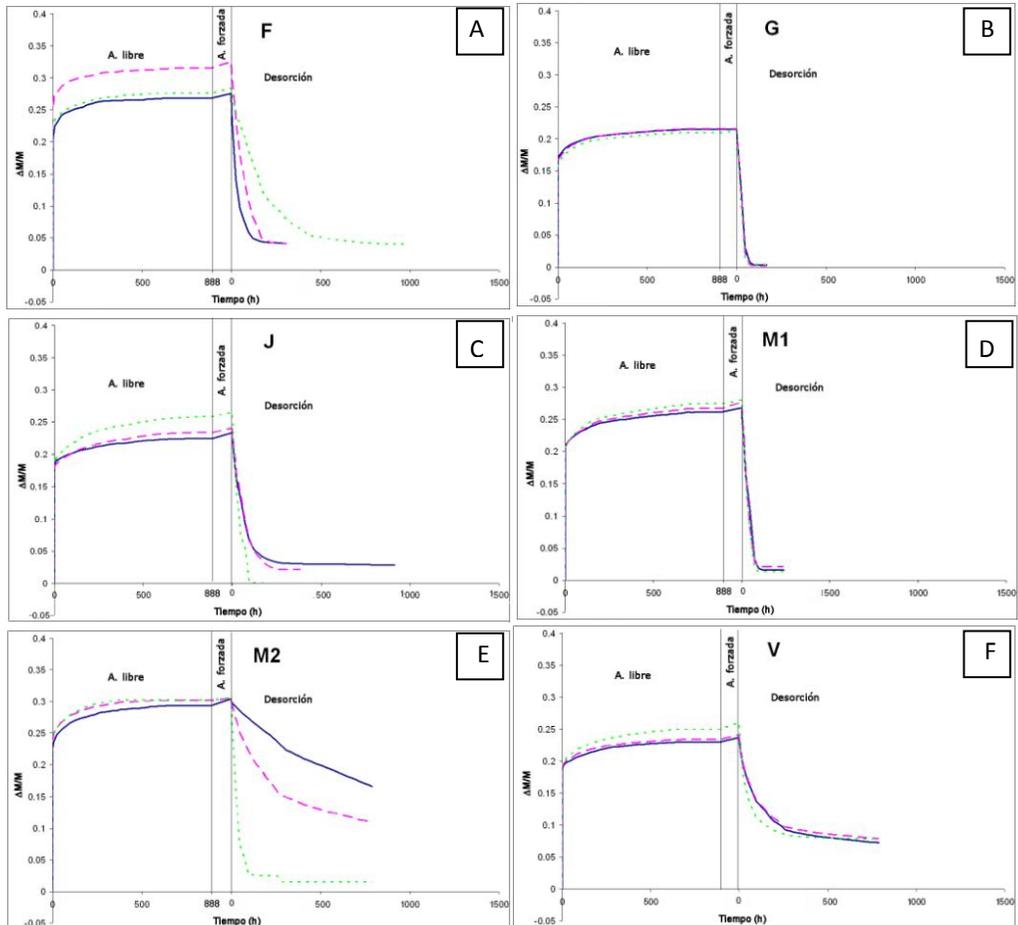


Figura 114. Diagramas de los ensayos hídricos de los yacimientos, cocidos a 850 °C, 900 °C y 950 °C. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – Beiro. **B** – Diezma 1. **C** – Diezma 2. **D** – Diezma 3. **E** – Diezma roja 1. **F** – Diezma roja 2



Leyenda: — 850 °C - - - 900 °C . . . 950 °C

Figura 115. Diagramas de los ensayos hídricos de los yacimientos, cocidos a 850 °C, 900 °C y 950 °C. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – Fargue. **B** – Guadix. **C** – Jun. **D** – Monachil 1. **E** – Monachil 2. **F** – Vizar

Las figuras 114 y 115 muestran claramente las diferencias en el nivel y velocidad de absorción libre, el aumento más o menos acusado de absorción forzada y la velocidad y grado de desorción en sus tres

temperaturas, junto con el nivel final de agua retenida al acabar el ensayo tras el secado de las muestras.

El comportamiento general de todas muestras es el mismo: rápida absorción de una gran cantidad de agua en los primeros minutos del ensayo, que continúa aumentando paulatina pero escasamente hasta equilibrarse, sufrir otro moderado aumento de peso por la absorción forzada del agua y luego el inicio de la evaporación y, por tanto, desorción de agua, igualmente más acusada en principio y más lenta hacia el final, hasta equilibrarse con el ambiente las condiciones de temperatura y humedad relativa presentes en el laboratorio.

A pesar de este patrón general, en las probetas D2 y D3 en sus tres temperaturas el pico de absorción forzada es mucho más pronunciado, llegando a sufrir un aumento de peso bastante más elevado que el resto de muestras. Otra anomalía es el patrón de desorción de los yacimientos B, D1, D2 y M2, que no presentan una desorción inicial tan pronunciada como el resto de yacimientos cuya curva es prácticamente vertical en el inicio (sobre todo en D3, Dr1, Dr2, F, G, M1). Las probetas que, además, retienen mayor cantidad de agua al final del proceso son D1, D3 y V, y sobre todo D2 y M2, con niveles de retención mayores de un 13% en sus probetas cocidas a 850 °C y 900 °C.

Si se compara el comportamiento hídrico de las probetas cocidas a 850 °C, 900 °C y 950 °C de cada yacimiento, la tendencia general es que la absorción de agua es mayor cuanto mayor es la temperatura de cocción. En los yacimientos Dr1 y Dr2 se da el patrón contrario, y

en D1, D2 y F aumenta la absorción en las probetas cocidas a 900 °C para descender después en las de 950 °C.

Entrando más en detalle, en **B** las probetas cocidas a las tres temperaturas muestran un comportamiento parecido durante las fases de absorción como en las de desorción, llegando a alcanzar aproximadamente un 20% de incremento de peso por absorción, y reteniendo un 5% de humedad al final del ensayo tras el secado.

D1 tiene un comportamiento algo peor que Beiro, ya que absorbe algo más de agua, aproximadamente el 26%, y tiene más dificultad en eliminarla, especialmente la probeta cocida a 900 °C, que retiene hasta un 10% de humedad.

D2 se comporta peor que los dos anteriores, dado que absorbe más cantidad de agua en absorción libre, y más aún en absorción forzada, llegando a un valor máximo del 33%. En cuanto a la desorción, no consigue eliminar toda el agua absorbida ya que la mitad ha quedado retenida (entre un 11 y 16%).

D3 absorbe más agua que las muestras anteriores (33%) y lo hace en menor tiempo (0,33h), y es también mucho más rápida en secarse, ya que lo consigue en la mitad de tiempo respecto a las muestras anteriormente descritas; si bien, presenta una retención de agua bastante elevada, en torno a un 10%.

Dr 1 absorbe aproximadamente la mitad de agua que las anteriores muestras (13% máximo) y es capaz de secarse casi por completo, reteniendo en el caso más desfavorable apenas un 2% de humedad.

Dr 2 tiene un comportamiento muy parecido a Dr 1, aunque se observa una mayor diferencia entre las tres temperaturas de cocción en la absorción de agua. Como diferencia, apuntar que la desorción de Dr2 950 es algo más lenta.

F ha mostrado importantes problemas durante el ensayo por su alto contenido en carbonatos, ya comentado en apartados anteriores, lo que ha dado lugar a una pérdida importante de fragmentos de las probetas cocidas a 850 °C por hidratación de los óxidos de calcio y magnesio hasta la total disgregación de las piezas. Las probetas cocidas a 900 y 950 °C han aguantado mejor, aunque se han fisurado. Debido a la presencia de estas fisuras, las muestras absorben una gran cantidad de agua (hasta un 31%), y son capaces de secarse rápidamente, reteniendo muy poco agua (alrededor de un 4%), exceptuando F950 que se seca mucho más lentamente.

En **G** tanto las velocidades como los valores de absorción libre, forzada y desorción son prácticamente idénticos entre las tres temperaturas. La absorción libre llega a 21%, aumenta muy poco en absorción forzada y su desorción es muy rápida y casi total.

J absorbe hasta un 27% de agua y la elimina casi totalmente con bastante rapidez.

En **M1** tanto las velocidades como los niveles de absorción libre, forzada y desorción son prácticamente idénticos entre las tres temperaturas, como sucedía en Guadix. Absorben alrededor del 26% de agua y son capaces de eliminarla rápidamente y casi por completo al finalizar el ensayo.

M2 absorbe bastante agua comparada con las anteriores muestras (30%) y en muy poco tiempo. Tarda bastante en perderla en las probetas cocidas a 850 y 900 °C, mientras que a la temperatura de cocción más alta (950 °C) se seca casi por completo en la mitad de tiempo.

En **V** la absorción libre de agua es muy similar en las muestras cocidas a 850 y 900 °C, y más alta en la de 950 °C, aunque las tres se saturan casi a la misma velocidad, llegando a un máximo de absorción del 25%. La desorción no es tan rápida al principio, como sucede en la mayoría de yacimientos, sobre todo en V850 y V900. No obstante, las tres muestras llegan a retener no más de un 8% de humedad.

Tabla 15.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS HÍDRICOS

MUESTRA	Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)	
B	850	19,14	19,63	2,55	1,74	2,64	89,58	0,95	34,17
	900	20,30	20,75	2,23	1,72	2,68	89,96	0,94	35,74
	950	21,07	22,16	5,15	1,69	2,71	85,43	0,94	37,55
D1	850	23,30	24,46	4,95	1,61	2,66	85,04	0,91	39,43
	900	26,05	27,13	4,14	1,59	2,81	82,94	0,92	43,28
	950	25,54	26,91	5,39	1,59	2,79	80,61	0,90	42,92
D2	850	28,04	30,82	10,02	1,45	2,63	83,88	1,00	44,76
	900	30,74	32,82	10,82	1,44	2,72	86,11	0,99	47,23
	950	34,37	37,51	9,20	1,39	2,89	81,72	0,96	52,04
D3	850	31,57	35,97	13,94	1,39	2,79	74,91	0,95	50,06
	900	32,70	36,29	10,98	1,40	2,86	77,38	0,94	50,98
	950	33,20	34,86	5,01	1,43	2,85	81,19	0,92	49,84
Dr1	850	11,35	12,64	11,33	1,47	1,85	86,65	0,98	18,46
	900	6,06	6,39	3,60	1,30	1,59	62,16	0,68	12,43
	950	8,64	9,02	4,43	1,92	2,32	94,18	0,96	17,28
Dr2	850	12,90	13,95	8,32	1,94	2,66	81,24	1,03	27,08
	900	9,94	11,25	13,10	2,01	2,60	77,09	1,04	22,64
	950	6,57	6,95	5,72	2,12	2,48	85,28	0,99	14,72
F	850	26,85	18,42	1,92	1,01	1,74	58,35	0,67	27,90
	900	31,64	32,34	2,24	1,44	2,69	89,37	1,09	46,58
	950	27,60	28,37	2,78	1,51	2,66	86,36	0,92	42,99
G	850	21,47	21,50	0,13	1,71	2,71	86,87	1,08	36,81
	900	21,48	21,50	0,22	1,71	2,70	85,63	1,08	36,78
	950	20,92	21,13	0,99	1,72	2,70	84,41	1,08	36,35
J	850	22,49	23,31	3,66	1,66	2,72	84,33	0,93	38,80
	900	23,35	24,10	3,19	1,65	2,74	80,37	0,92	38,74
	950	25,81	26,46	2,54	1,61	2,79	77,92	1,08	42,51
M1	850	26,12	26,83	2,70	1,61	2,84	83,28	0,98	43,30
	900	26,58	27,69	4,19	1,59	2,86	81,02	0,98	44,17
	950	27,30	27,99	2,55	1,59	2,85	80,74	0,98	44,41
M2	850	29,50	30,68	4,03	1,51	2,82	83,14	1,02	46,43
	900	30,16	30,54	1,27	1,50	2,78	87,31	0,96	45,90
	950	30,24	30,55	1,02	1,49	2,73	87,17	0,90	45,45
V	850	23,00	23,68	2,97	1,66	2,75	85,04	0,98	39,42
	900	23,32	24,09	3,27	1,65	2,74	85,11	0,98	39,76
	950	24,95	25,98	4,14	1,62	2,79	80,90	0,96	42,06

Ab– absorción libre; **Af** – absorción forzada; **Ax**– interconexión de poros; **ρ_b** – densidad aparente; **ρ_{sk}** – densidad real; **S** – Coeficiente de saturación; **Di** – Índice de desorción; **Po** – porosidad abierta

Tabla 16. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS ENSAYOS HÍDRICOS									
MUESTRA		Ab	Af	Ax	ρ_b	ρ_{sk}	S	Di	Po
B	850	0,99	1,19	0,97	0,01	0,59	0,73	0,00	1,86
	900	0,59	0,49	0,53	0,02	0,08	1,07	0,00	1,23
	950	0,30	0,18	0,74	0,00	0,03	2,06	0,00	0,44
D1	850	0,36	0,50	1,12	0,00	0,03	1,25	0,00	0,74
	900	0,13	0,33	0,53	0,00	0,01	0,43	0,00	0,43
	950	0,32	0,31	0,22	0,00	0,01	1,95	0,01	0,36
D2	850	1,37	1,49	5,18	0,02	0,07	4,04	0,01	1,76
	900	0,57	0,69	0,26	0,00	0,04	0,49	0,02	0,87
	950	0,76	1,41	5,65	0,03	0,04	3,86	0,04	0,67
D3	850	0,31	1,07	3,68	0,02	0,01	4,77	0,00	0,65
	900	0,13	0,78	2,80	0,02	0,01	3,12	0,01	0,54
	950	0,19	0,88	2,40	0,01	0,02	3,87	0,00	0,74
Dr1	850	0,58	0,56	0,82	0,63	0,94	0,80	0,04	7,16
	900	0,14	0,20	0,63	0,01	0,00	0,14	0,00	0,32
	950	0,51	0,45	2,19	0,02	0,01	2,48	0,04	0,66
Dr2	850	0,37	0,13	2,80	0,03	0,04	3,11	0,00	1,86
	900	0,64	0,85	5,01	0,02	0,02	2,58	0,00	1,45
	950	0,28	0,41	2,96	0,01	0,01	3,01	0,00	0,80
F	850	1,26	1,45	0,59	0,01	0,07	2,92	0,00	1,98
	900	0,57	0,42	1,76	0,01	0,03	2,39	0,01	0,50
	950	0,82	0,92	0,66	0,01	0,03	0,81	0,01	1,08
G	850	0,23	0,23	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00	0,29
	900	0,11	0,10	0,04	0,00	0,00	0,48	0,00	0,08
	950	0,36	0,25	0,71	0,01	0,00	0,98	0,00	0,27
J	850	0,16	0,07	0,45	0,00	0,00	1,85	0,01	0,07
	900	0,05	0,07	0,21	0,00	0,01	1,60	0,01	0,20
	950	0,46	0,48	0,47	0,01	0,01	1,13	0,09	0,54
M1	850	0,13	0,20	1,16	0,00	0,00	3,34	0,00	0,20
	900	0,41	0,40	1,57	0,01	0,01	2,31	0,00	0,38
	950	0,29	0,25	0,59	0,00	0,00	1,19	0,00	0,26
M2	850	0,50	0,44	1,17	0,01	0,01	1,06	0,06	0,42
	900	0,26	0,08	0,59	0,00	0,01	1,57	0,02	0,18
	950	0,07	0,13	0,55	0,00	0,00	1,15	0,01	0,09
V	850	0,58	1,27	0,96	0,02	0,01	3,01	0,01	0,34
	900	1,27	1,47	0,89	0,03	0,06	2,88	0,02	1,93
	950	0,34	0,50	0,58	0,01	0,05	1,80	0,01	0,93

Ab– absorción libre; **Af** – absorción forzada; **Ax**– interconexión de poros; **ρ_b** – densidad aparente; **ρ_{sk}** – densidad real; **S** – Coeficiente de saturación ; **Di** – Índice de desorción ; **Po** – porosidad abierta. En rojo se indican las medidas de desviación estándar que han superado el límite de viabilidad de las medidas, establecidas por debajo de 1,50%¹⁴⁷

¹⁴⁷ FARALDOS y GOBERNA (2011)

Atendiendo a los datos presentados en la tabla 15, en general el yacimiento capaz de absorber más agua (A_b y A_f) es D3 que supera el 30%, seguido de cerca por M2, y las probetas D2 950 y F 900. Por el contrario, los yacimientos con menor absorción de agua son Dr1 y Dr2, que apenas llegan al 10%. La absorción de agua está muy influenciada por el tamaño de los poros (que veremos más adelante en los resultados de MIP) y la porosidad abierta (P_o), que oscila entre el 50% de D3 y el 12-18% de Dr1 y Dr2. El resto de probetas dan valores intermedios.

El grado de interconexión de poros (A_x) está relacionado directamente con la tortuosidad del sistema poroso del material. Cuanto menor es la comunicación entre los poros, mayor es la diferencia entre los valores de absorción libre y forzada (A_b y A_f), y por tanto más elevados son los valores de A_x . Una gran diferencia entre ambos valores implica la presencia de poros de acceso difícil, como sucede en una cerámica o terracota con porosidad en estructura celular, difícilmente accesibles en absorción libre. Según esto, lo lógico sería que cuanto mayor es la temperatura de cocción (y, por tanto, más se desarrolle una estructura celular), mayores fueran los valores de interconexión de poros debido a la vitrificación de la masa¹⁴⁸. Esto sucede principalmente en los yacimientos que carecen de carbonatos, mientras que aquellas probetas con carbonatos tienen un comportamiento menos marcado, ya que suelen desarrollar fisuras y una porosidad secundaria debido a la descomposición de los carbonatos a temperaturas superiores a los

¹⁴⁸ CULTRONE et alii (2004)

800 °C y su hidratación en portlandita y brucita¹⁴⁹. Sin embargo, a temperaturas superiores a los 950 °C, la vitrificación de la masa contrarresta este efecto.

Respecto a la tendencia de disminuir la interconexión conforme aumenta la temperatura, ésta se da en B, D1, F, G, y V, aunque de forma sutil en todos ellos. Esto implica que este efecto aparezca en yacimientos tanto con carbonatos (B 30%, D1 25%, F 50% y V 20% según la tabla 8) como sin carbonatos (G). Esto puede deberse a que la temperatura de colapso de los carbonatos es a los 800 °C, y la primera temperatura de cocción de nuestras probetas es 850 °C, por lo que ya se ha iniciado el proceso de vitrificación que contrarresta el desarrollo de fisuras y la porosidad secundaria de los carbonatos. El resto de yacimientos no tienen un patrón definido.

La peor interconexión de poros se ha medido en los yacimientos D2 y D3, y en las probetas aisladas Dr1 850, Dr2 850 y Dr2 900. Estos valores (alrededor del 10%), claramente muy elevados para tratarse de terracotas, implican un secado deficiente al ser difícil la difusión de agua en el interior de la pieza y marcan una diferencia bastante importante con el resto de yacimientos que se encuentran entre el 2-4% de media, siendo los de valores más bajos (y, por tanto, una difusión mucho más adecuada de la humedad) G y M2, que rondan entre el 0,11-1%.

Relacionado estrechamente con este dato está el coeficiente de saturación (S), ya que se favorece una saturación más elevada cuando más fácil es el movimiento de agua en la pieza. Las

¹⁴⁹ CULTRONE (2001), CULTRONE et alii (2001), BLEININGER & MOORE (1908)

medidas de S se encuentran alrededor del 80%, con la excepción de F 850 y Dr1 900, que rondan el 60%.

Respecto al proceso de desorción, todas las muestras comienzan secando con mucha rapidez de tal forma que en las gráficas se observan descensos verticales (con la excepción de B, D1, M2 y V, que comienzan secando de una forma más lenta y paulatina). En esta primera fase de secado, la estructura porosa no tiene demasiada influencia en el proceso, conociéndose como fase de secado constante¹⁵⁰, sin embargo, al llegar al contenido crítico de humedad¹⁵¹ de cada muestra empieza una segunda fase de secado donde la pérdida de agua depende del movimiento interno del vapor de agua, que se desplaza desde los poros internos hacia la superficie¹⁵². Esta fase sí depende ahora de del tipo de poros y su grado de interconexión, pudiendo obtener información importante a este respecto mediante los datos de índice de secado (D_i) calculados. Es un dato de gran importancia, ya que la retención de humedad puede ser responsable de ciertos deterioros. En este sentido, valores bajos de D_i indican secados rápidos y, por tanto, materiales menos susceptibles al deterioro.

Los valores de D_i son en general bastante igualados, sin grandes diferencias. D2, Dr2 y G son los yacimientos que presentan índices de secado algo más altos al superar ligeramente la unidad, siendo el valor mínimo y, por tanto, el mejor, el de Dr1 900 ($D_i=0,68$). El resto de yacimientos oscilan entre 0,90 y 1.

¹⁵⁰ SCHERER (1990)

¹⁵¹ KIRK & OTHMER (2004)

¹⁵² SCHERER (1990)

Dentro del análisis numérico de los resultados, se pueden relacionar los valores de la densidad real (ρ_{sk}) y aparente (ρ_b) con la densidad de las fases minerales detectadas por XRD y MOP.

Los valores de densidad real calculados (ρ_{sk}) son compatibles con la mineralogía de las muestras previamente determinadas por XRD y POM. De hecho, los niveles más bajos se encuentran en F en sus tres temperaturas (entre 1,7 y 2,7 g/cm³), que presentan un contenido en calcita e ilita mucho mayor que el resto de muestras (ρ_{cal} = 2,7 g/cm³, 10%, ρ_{il} = 2,8 g/cm³, 30%) y un contenido en cuarzo del 60% (ρ_{qtz} = 2,6 g/cm³), mientras que la muestra más densa es D3, que tiene en su composición cantidades de hematites, gehlenita y diópsido mayores que el resto de yacimientos (ρ_{geh} = 3,0 g/cm³, ρ_{hem} = 5,3 g/cm³, ρ_{di} = 3,4 g/cm³).

Respecto a la fiabilidad del ensayo, al haberlo aplicado a tres muestras de cada temperatura, según indica la norma¹⁵³, se ha realizado la comprobación de la exactitud de los resultados mediante la medición de la Desviación Estándar. Casi todas las medidas se encuentran en un porcentaje de Desviación Estándar muy bajo, lo que valida los resultados obtenidos.

Las desviaciones más altas suelen concentrarse en las medidas de Coeficiente de Saturación (S) y de Interconexión de Poros (Ax). Casi en ningún caso se ha superado el 3%.

Los yacimientos con más desviación son Dr1 y D3, lo que sugiere cierta heterogeneidad en estas cerámicas, mientras que los

¹⁵³ EN 13755 2008

yacimientos G y M2 son los más homogéneos. Suelen concentrarse en las medidas de Ax y S, lo cual puede deberse a que estos valores se obtienen de manera secundaria a partir de las medidas de Ab, Af y Mt y Ms, por lo que acumulan las ligeras variaciones que se dan en éstos.

CONCLUSIONES

Los yacimientos con mejor comportamiento hídrico son Dr1, Dr2, G y M1, ya que Dr1 y Dr2 absorben muy poca cantidad de agua, eliminándola por completo, mientras que G y M1 absorben una mayor cantidad de agua, pero también la eliminan muy rápidamente y prácticamente por completo. Los yacimientos de peor comportamiento son B, D1, D2, D3, M2 y V, debido al elevado nivel de retención de agua y su lentitud de secado. El yacimiento de Fargue ha sido desechado dado que el material en el mejor de los casos se fisuraba de forma acusada, y en el peor llegaba a desintegrarse.

Los yacimientos M1 y G han mostrado un comportamiento muy similar entre ellos, y serían los de mejor comportamiento ya que aunque absorben una importante cantidad de agua la eliminan con mucha rapidez y casi por completo.

Dr1 y Dr2 en sus temperaturas de 850 y 900 °C absorben muy poca agua y son capaces de eliminarla casi toda en un tiempo medio comprendido entre 300 y 700 horas. Por otra parte, las probetas

cocidas a 950 °C no son aconsejables porque retienen el agua durante más tiempo, no llegando a eliminarla correctamente.

Los yacimientos B, D1, D2, D3, M2 y V son los peores ya que las muestras absorben mucha agua y sobre todo porque se secan muy lentamente y no consiguen eliminarla por completo.

PROBETAS PEQUEÑAS

Una vez analizados por separado los resultados de las probetas grandes de todos los yacimientos muestreados, se ha seleccionado algunos para realizar los mismos ensayos hídricos en probetas de pequeño tamaño. Se han eliminado aquellos yacimientos que en el ensayo hídrico de probetas grandes habían mostrado más problemas, que a continuación se indican en detalle.

Por ello, de cada yacimiento se han seleccionado los siguientes materiales:

Beiro. Se ha seleccionado por su comportamiento específico y diferenciado de los demás.

Diezma gris. De este conjunto se ha seleccionado el yacimiento 1 (D1) por su mayor homogeneidad en resultados, descartando el 2 y el 3 (D2 y D3) por ser de comportamiento hídrico muy similar y presentar una mayor heterogeneidad en sus resultados.

Diezma roja. Se ha seleccionado el yacimiento 1 (Dr1) por su mayor homogeneidad de resultados, y se ha descartado el yacimiento 2

(Dr2) por tener un comportamiento hídrico muy similar y presentar resultados más heterogéneos.

Fargue. Se ha descartado, ya que desde el principio se comprobó que las probetas se fisuraban o hasta desintegraban, impidiendo la correcta realización del ensayo.

Guadix. Se ha seleccionado por su comportamiento específico, diferenciado de los demás.

Jun. Ha sido descartado por su comportamiento hídrico similar al yacimiento de Monachil.

Monachil. Se ha seleccionado el yacimiento 2 (M2) por la mayor homogeneidad de sus resultados, y se ha descartado el yacimiento 1 (M1) por ser de un comportamiento hídrico muy similar y presentar mayor heterogeneidad en sus valores.

Víznar. Se ha seleccionado por su comportamiento específico y diferenciado de los demás yacimientos.

Se ha reducido el número de muestras únicamente en base a la homogeneidad del comportamiento hídrico, sin tener en cuenta la mineralogía o textura, ya que lo que nos interesa es que los resultados de las probetas grandes sean comparables con los de las probetas pequeñas y establecer si el nivel de heterogeneidad en esta comparativa se debe, única y exclusivamente, a fallos en el ensayo.

METODOLOGÍA

De estos yacimientos se han seccionado probetas con un peso comprendido entre 1 y 3 g, cantidad que se ha considerado apropiada para este ensayo, y la máxima que se permitiría extraer como muestra en una obra real, teniendo siempre en cuenta que esta misma muestra podría ser utilizada posteriormente para los análisis de MIP, XRD, XRF, etc.

Como ahora estamos tratando con porciones más pequeñas o muestras pequeñas de probeta, en adelante se denominarán con las letras minúsculas b, d1, dr1, g, m2, para diferenciarlas de las probetas grandes, denominadas B, D1, Dr1, G, M2 y V. En estas pequeñas muestras se realizaron los ensayos hídricos en iguales condiciones ambientales de temperatura (20 °C) y humedad relativa (18%) que en las anteriores.

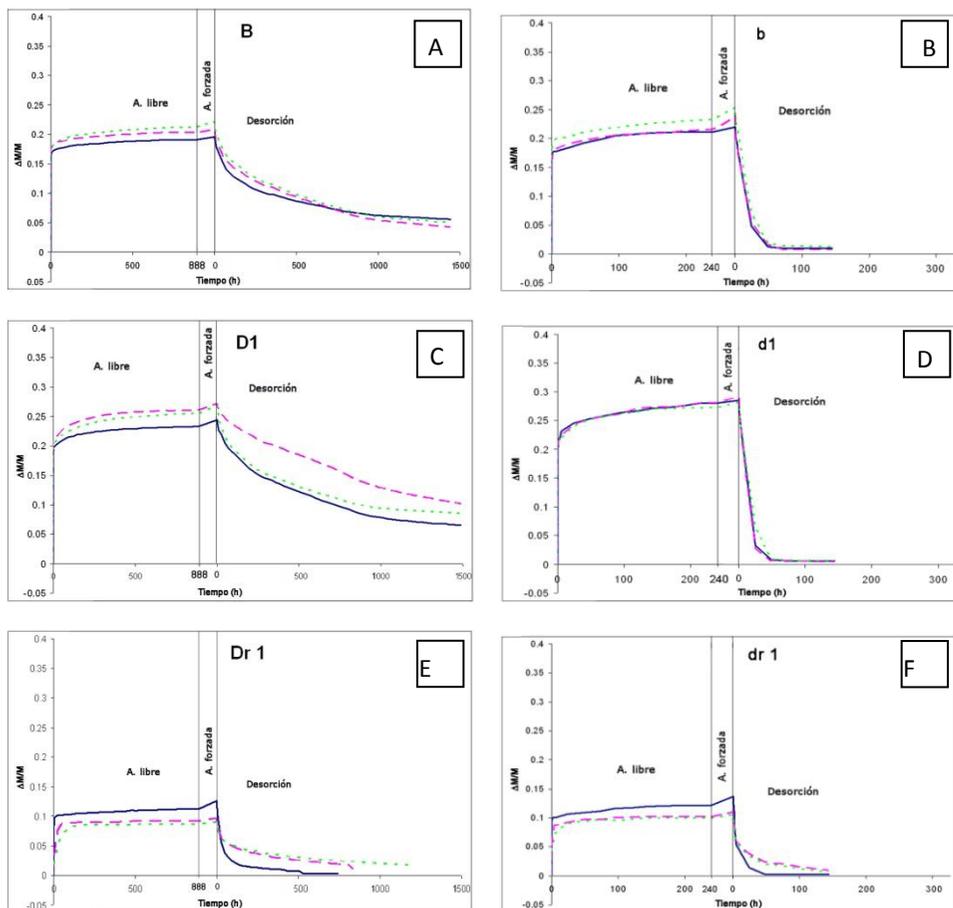
Sin embargo, en este caso, se variaron los parámetros de tiempo de toma de peso descritos en las normas¹⁵⁴, ya que al tratarse de muestras tan pequeñas resultaría más controlable y eficiente hacerlo en periodos de tiempo más cortos para reflejar con mayor exactitud sus variaciones de peso. Por ello se realizaron las pesadas a 1-2-4-6-8-10-15-20-30-40-50-60-100-120-240-360 minutos, antes de tomar las medidas de peso diarias.

Al tratarse de muestras más pequeñas que las probetas grandes, se utilizó una balanza de mayor precisión que la del anterior ensayo hídrico, COBOS SWISMADE max/min-620/0,02g, e/d-0,01/0,001g.

¹⁵⁴ EN 13755(2008) , Normal 29/88 (1988), RILEM 1980

Para la absorción forzada tanto el equipamiento como el protocolo fueron los mismos que los utilizados para las probetas grandes.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS



Leyenda:

— 850 °C

- - - 900 °C

... 950 °C

Figura 116. Diagramas de los ensayos hídricos de las probetas pequeñas en comparación con las grandes, cocidas a 850 °C, 900 °C y 950 °C. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – Beiro grande. **B** – Beiro pequeña. **C** – Diezma gris 1 grande. **D** – Diezma gris 1 pequeña. **E** – Diezma roja 1 grande. **F** – Diezma roja 1 pequeña.

Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre probetas

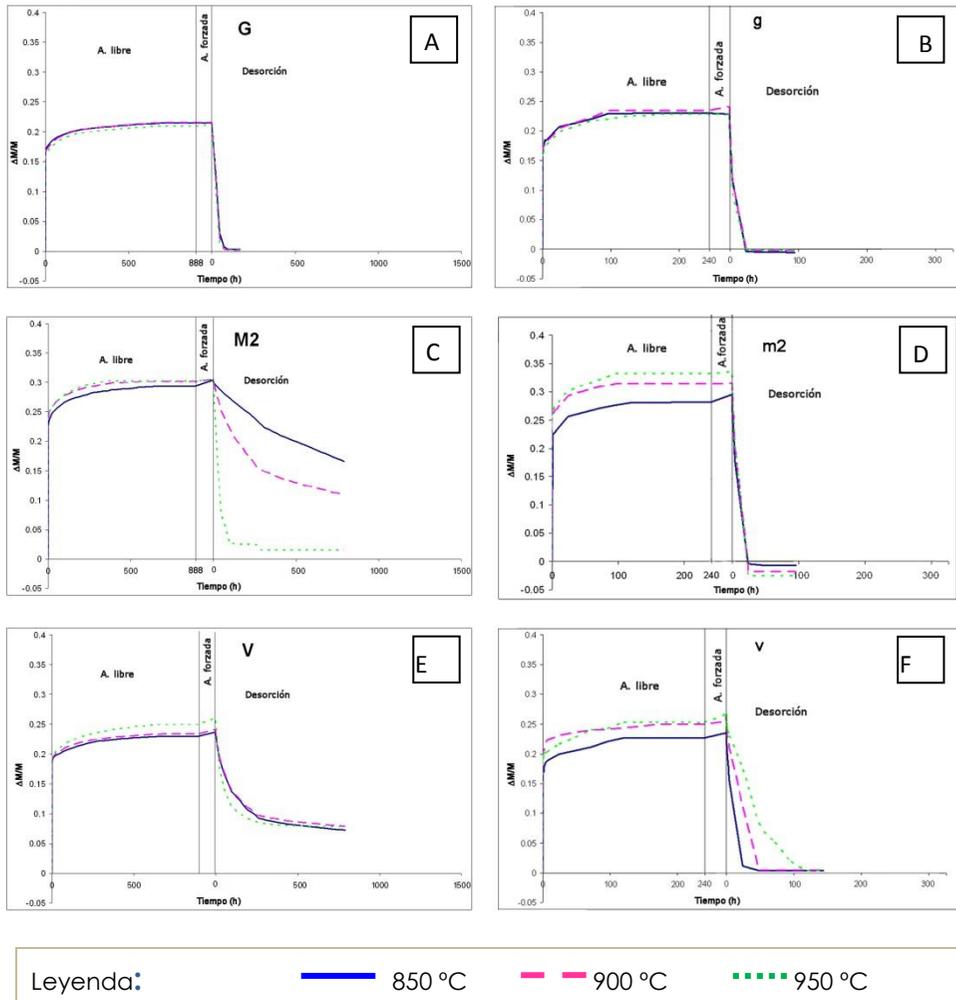


Figura 117. Diagramas de los ensayos hídricos de las probetas pequeñas en comparativa con las grandes, cocidos a 850 °C, 900 °C y 950 °C. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – Guadix grande. **B** – Guadix pequeña. **C** – Monachil grande. **D** – Monachil 2 pequeña. **E** – Víznar grande. **F** – Víznar pequeña.

Tabla 17.RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS –comparativa entre muestras grandes y pequeñas																
M.	Ab (%)		Af (%)		Ax (%)		ρ_b (g/mL)		ρ_{sk} (g/mL)		S (%)		Di (%)		Po (%)	
	B	b	B	b	B	b	B	b	B	b	B	b	B	b	B	b
850	19,1	21,1	19,6	22,0	2,6	4,1	1,7	1,7	2,6	2,8	89,6	87,5	0,9	1,0	34,2	37,8
900	20,3	21,5	20,7	23,6	2,2	9,7	1,7	1,7	2,7	2,8	89,9	83,3	0,9	1,0	35,7	40,0
950	21,1	23,3	22,2	25,3	5,2	8,5	1,7	1,7	2,7	2,9	85,4	83,2	0,9	1,0	37,5	42,1
	D1	d1	D1	d1	D1	d1	D1	d1	D1	d1	D1	d1	D1	d1	D1	d1
850	23,3	28,0	24,5	28,5	4,9	1,6	1,6	1,6	2,6	2,8	85,0	88,6	0,9	1,0	39,4	44,6
900	26,0	28,0	27,1	29,1	4,1	4,0	1,6	1,5	2,8	2,8	82,9	86,7	0,9	1,0	43,3	44,8
950	25,5	27,2	27,0	28,1	5,4	3,1	1,6	1,6	2,8	2,8	81,0	89,6	0,9	1,0	43,0	44,1
	Dr1	dr1	Dr1	dr1	Dr1	dr1	Dr1	dr1	Dr1	dr1	Dr1	dr1	Dr1	dr1	Dr1	dr1
850	11,3	12,1	12,7	13,7	11,3	12,1	1,9	1,9	1,8	2,6	86,7	79,5	1,0	1,0	18,5	26,5
900	6,1	10,2	6,4	11,0	3,6	7,4	2,0	1,9	1,6	2,5	62,2	88,4	0,7	1,0	12,4	21,4
950	8,6	10,0	9,0	12,3	4,4	23,5	2,1	1,9	2,3	2,4	94,2	73,2	1,0	1,0	17,3	23,1
	G	g	G	g	G	g	G	g	G	g	G	g	G	g	G	g
850	21,5	23,0	21,5	23,5	0,1	2,2	1,7	1,6	2,7	2,7	86,9	90,7	1,1	1,0	37,0	38,9
900	21,5	23,4	21,5	24,1	0,1	3,1	1,7	1,6	2,7	2,7	85,6	88,4	1,1	1,0	37,0	39,6
950	21,0	22,7	21,1	22,8	1,9	0,5	1,7	1,7	2,7	2,7	84,4	90,6	1,1	1,0	36,3	38,5
	M2	m2	M2	m2	M2	m2	M2	m2	M2	m2	M2	m2	M2	m2	M2	m2
850	29,5	28,2	30,7	29,6	4,0	4,7	1,5	1,5	2,8	2,7	83,1	89,2	1,0	1,0	46,4	44,4
900	30,1	31,4	30,5	31,5	1,3	0,3	1,5	1,4	2,8	2,7	87,3	95,5	1,0	1,0	45,9	45,7
950	30,2	33,2	30,5	33,5	1,0	0,9	1,5	1,4	2,7	2,7	87,1	93,0	0,9	1,0	45,4	47,7
	V	v	V	v	V	v	V	v	V	v	V	v	V	v	V	v
850	23,0	22,7	23,7	23,5	3,0	3,6	1,6	1,6	2,7	2,7	85,0	87,3	1,0	1,0	39,4	38,9
900	23,3	24,9	24,0	25,3	3,3	2,0	1,6	1,6	2,7	2,8	85,1	92,8	1,0	1,0	39,8	41,5
950	25,0	25,2	26,0	26,7	4,1	5,7	1,6	1,6	2,8	2,8	80,9	85,2	1,0	1,0	42,1	42,9

Ab– absorción libre; **Af** – absorción forzada; **ρ_b** – densidad aparente; **ρ_{sk}** – densidad real; **S** – Coeficiente de saturación; **Di** – Índice de desorción; **Po** – porosidad abierta

Tabla 18. DESVIACIÓN ESTÁNDAR –comparativa entre muestras grandes y pequeñas									
MUESTRA		Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b	ρ_{sk}	S (%)	Di	Po (%)
B	850	1,40	1,66	1,06	0,02	0,08	1,50	0,04	2,53
	900	0,88	2,04	5,30	0,02	0,10	4,69	0,03	3,01
	950	1,59	2,22	2,34	0,02	0,11	1,57	0,04	3,20
D1	850	3,32	2,83	2,34	0,03	0,12	2,55	0,06	3,64
	900	1,37	1,38	0,07	0,04	0,02	2,67	0,04	1,05
	950	1,20	0,82	1,62	0,02	0,01	6,33	0,07	0,84
Dr1	850	0,59	0,72	0,57	0,33	0,56	5,04	0,02	5,70
	900	2,90	3,21	2,69	0,47	0,63	18,53	0,25	6,31
	950	0,93	2,32	13,50	0,03	0,09	14,86	0,04	4,13
G	850	1,09	1,43	1,49	0,04	0,00	2,73	0,07	1,51
	900	1,36	1,85	2,12	0,05	0,01	1,96	0,06	1,99
	950	1,28	1,21	0,99	0,03	0,02	4,36	0,06	1,50
M2	850	0,90	0,79	0,49	0,01	0,09	4,28	0,03	1,42
	900	0,88	0,67	0,71	0,04	0,07	5,78	0,01	0,12
	950	2,06	2,06	0,71	0,04	0,00	4,12	0,05	1,62
V	850	0,20	0,11	0,42	0,01	0,03	1,57	0,01	0,36
	900	1,09	0,89	0,92	0,01	0,04	5,46	0,01	1,22
	950	0,22	0,50	1,13	0,01	0,01	3,06	0,03	0,59

Ab– absorción libre; **Af** – absorción forzada; **Ax** – interconexión de poros; **ρ_b** – densidad aparente; **ρ_{sk}** – densidad real; **S** – Coeficiente de saturación; **Di** – Índice de desorción; **Po** – porosidad abierta. En rojo se indican las medidas de desviación estándar que han superado el límite de viabilidad de las medidas, establecidas por debajo de 1,50%¹⁵⁵

Observando la tabla 17, aunque las gráficas 116 y 117 presenten curvas bastante diferentes entre las probetas pequeñas y las grandes, en comparativa, las similitudes son muy elevadas. De hecho, la desviación estándar de las medidas en las probetas pequeñas es bastante baja, excepto en algunos valores de saturación (S) y porosidad abierta (Po), como sucedía con las probetas grandes. Igualmente, la muestra que presenta mayor

¹⁵⁵ FARALDOS y GOBERNA (2011)

disparidad de valores es Dr1, seguramente por la importante presencia de fisuras en su interior.

El dato que no coincide entre los dos grupos de probetas, presentando no sólo valores sino también tendencias diferentes, es el grado de interconexión de poros (A_x). Estas diferencias pueden deberse al propio tamaño de las muestras, que al ser más pequeñas es menos probable que presenten grietas o fisuras que mejorarían la interconexión entre los poros. Esto sucede principalmente en B y Dr1, siendo Dr1 una de las muestras que más fisuras por contracción presentaba.

CONCLUSIONES

En primer lugar recordar que la comparación entre probetas grandes y pequeñas persigue únicamente la finalidad de comprobar si el uso de probetas de pequeño tamaño era fiable.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de probetas de un tamaño comprendido entre 1 y 3 g aporta un grado de fiabilidad muy elevado, exceptuando aquellas terracotas donde su compacidad sea excesiva, o en las que se han desarrollado fisuras internas por secado, cocción u otros procesos de dilatación-contracción de componentes. Con ello podemos argumentar que estas mismas pruebas pueden llevarse a cabo sin que sea necesario, por tanto, la extracción de una porción demasiado grande para la escultura, ya que tratamos con obra de arte real ..

C.1.5.6. Porosimetría de inyección de mercurio

METODOLOGÍA

Esta técnica permite determinar la distribución del tamaño de poro mediante el principio físico del mercurio como líquido que “no moja”, ya que tiene un ángulo de contacto mayor de 90°, con lo que, si se le somete a una presión de confinamiento creciente, irá penetrando en tamaños de poro más pequeños cuanto mayor sea la presión ejercida. Permite medir el radio de los poros en que penetra, pero el defecto de esta técnica es el hecho de que en ningún modelo poroso natural los poros son geoméricamente cilíndricos. Tampoco es capaz de medir correctamente aquellos poros demasiado grandes para los que la presión de confinamiento es insuficiente, además de otras limitaciones teóricas respecto al ángulo de contacto del Hg. Es por esto que, pese a ser un análisis muy útil, sus resultados deben ser complementados y comparados con otros para resolver las diferencias y errores a los que puede conllevar de realizarse solo.

El método de realización es a partir de la selección de una muestra con un peso comprendido entre 1,5 y 2 g, secada en estufa durante 24 horas a 60 °C. Se pesa inicialmente la muestra y se introduce en el penetrómetro del equipo utilizado (Micromeritics AUTOPORE III, modelo 9410). Este equipo mide de 0-50 psia o lo que es lo mismo, 0-345 kPa en baja presión hasta un máximo de 60000psia (414 MPa) en alta presión y diámetros de poro de 0,003 a 360 μm .

Este análisis es muy adecuado para conocer el sistema poroso de la terracota y para delimitar, por comparación con probetas nuevas de la misma factura y características, el grado de degradación alcanzado. Primeramente se establecen unos parámetros de referencia con el material de nueva factura con los que se comparan los resultados del original, que de haber resultado alterados variará significativamente su sistema poroso con la aparición de nuevas familias de poros y cambios en los valores de porosidad abierta. De resultar así, las alteraciones sufridas por el material ya no se producirían de forma lineal sino exponencial, con lo que es necesario conocer estos resultados ya que aportan información específica sobre daños para aplicar los tratamientos necesarios.

Incluso, se pueden diferenciar los daños físicos producidos que no modifican demasiado la porosidad total de la pieza ni su distribución del tamaño de poro, de los daños químicos tales como disolución de carbonatos, ataque ácido o precipitación de nuevas fases. Por ejemplo, la disolución de carbonatos y el ataque ácido provocaría una mayor cantidad de poros y un mayor tamaño de los mismos al disolver y arrastrar elementos constitutivos, transformando de forma muy importante el radio del acceso al poro. En el caso de circulación de soluciones salinas en el interior de la terracota, la porosimetría de inyección de mercurio puede ayudar al indicar en cuáles familias de poros han cristalizado las sales.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

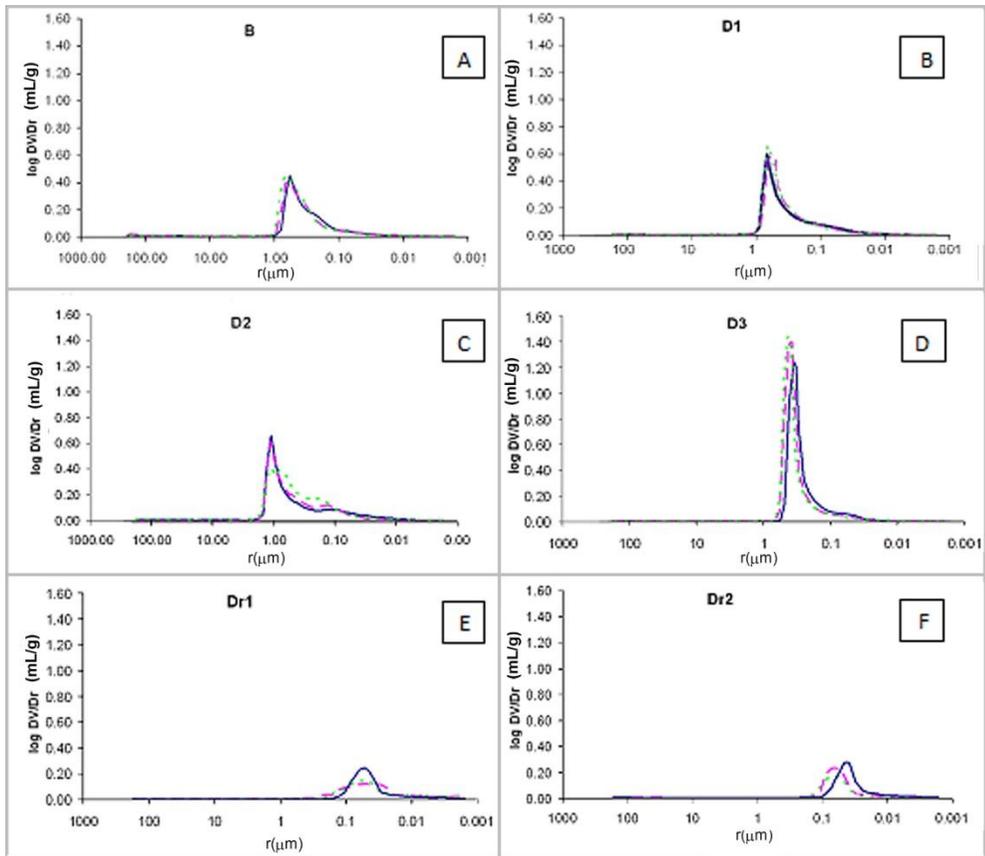


Figura 118. Curvas porométricas de los yacimientos, comparando los resultados de las temperaturas 850 °C, 900 °C y 950 °C. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm): **A** – Beiro; **B** – Diezma gris 1; **C** – Diezma gris 2; **D** – Diezma gris 3; **E** – Diezma roja 1; **F** – Diezma roja 2.

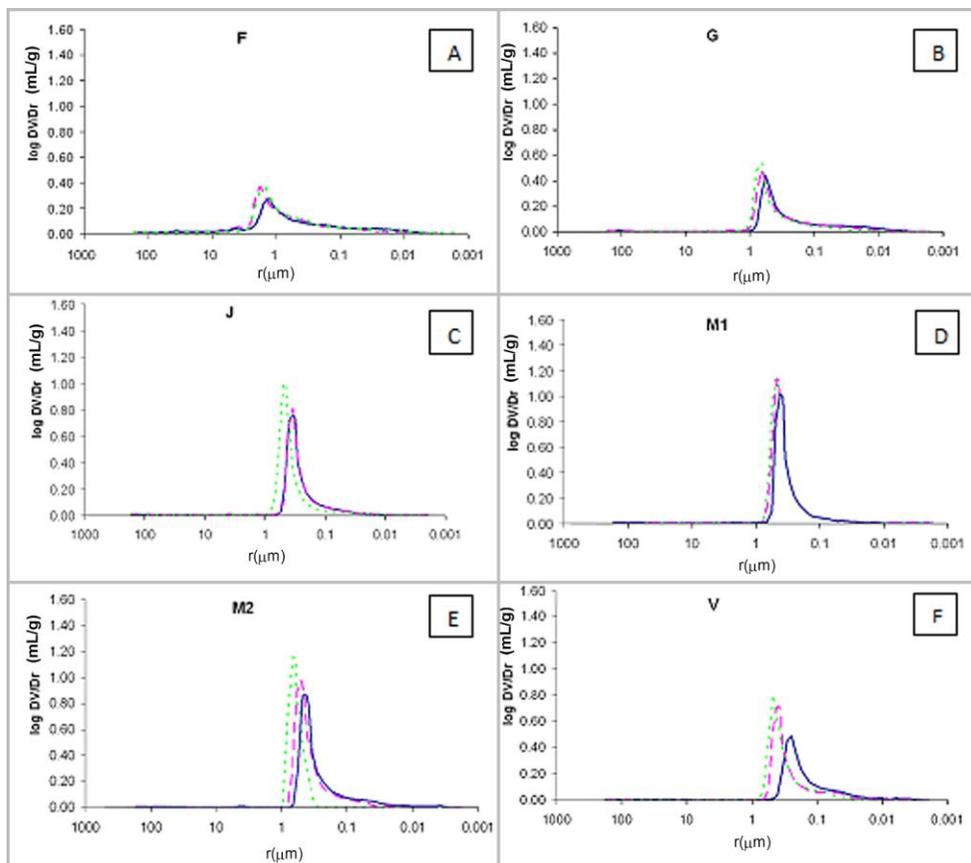


Figura 119. Curvas porométricas de los yacimientos, comparando los resultados de las temperaturas 850 °C, 900 °C y 950 °C. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm): **A** – Fargue; **B** – Guadix; **C** – J; **D** – Monachil 1; **E** – Monachil 2; **F** – Viznar

Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre probetas

Tabla 19. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO							
MUESTRA		Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
B	850	3,98	2,69	1,72	36,39	81	1,49
	900	2,77	2,72	1,70	37,33	83	1,48
	950	2,69	2,77	1,70	38,61	85	1,47
D1	850	3,74	2,76	1,63	37,39	82	1,27
	900	3,68	2,79	1,63	41,60	76	1,17
	950	2,54	2,90	1,64	43,25	78	1,16
D2	850	4,42	2,77	1,55	44,15	59	0,81
	900	3,68	2,71	1,47	45,59	83	1,05
	950	3,28	2,91	1,50	48,26	72	0,88
D3	850	3,74	2,89	1,50	48,05	89	1,09
	900	2,94	2,96	1,51	48,86	88	1,07
	950	2,72	3,02	1,53	49,16	83	1,02
Dr1	850	10,96	2,69	2,00	25,73	49	1,49
	900	14,94	2,73	2,05	24,79	43	1,39
	950	14,71	2,64	2,00	24,37	47	1,50
Dr2	850	10,59	2,72	2,04	25,14	46	1,45
	900	6,70	2,67	2,05	23,19	40	1,37
	950	6,87	2,67	2,13	20,18	36	1,50
F	850	5,82	2,41	1,51	37,57	88	1,39
	900	2,69	2,52	1,52	39,76	62	0,93
	950	4,07	2,57	1,56	39,49	64	0,99
G	850	7,36	2,95	1,82	38,40	84	1,55
	900	4,36	2,78	1,75	37,21	85	1,57
	950	2,79	2,78	1,77	36,12	73	1,41
J	850	3,14	2,77	1,66	39,95	90	1,47
	900	3,08	2,78	1,67	39,79	71	1,17
	950	2,79	2,87	1,62	43,55	77	1,12
M1	850	2,59	2,87	1,62	43,62	77	1,12
	900	2,23	2,88	1,61	44,12	78	1,11
	950	1,82	2,94	1,62	44,80	90	1,27
M2	850	5,39	2,77	1,54	44,42	83	1,13
	900	2,64	2,87	1,52	46,94	85	1,08
	950	0,92	2,39	1,49	37,93	95	1,08
V	850	6,36	2,65	1,68	36,71	84	1,50
	900	5,30	2,77	1,68	39,16	83	1,40
	950	2,68	2,81	1,64	41,76	88	1,35

ρ_{sk} – densidad real; ρ_b - densidad aparente; Po – porosidad abierta;
STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 22. RESULTADOS DE RANGO DE RADIO DE PORO (%)						
MUESTRA		>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
B	850	2,42	0,83	85,51	10,04	1,19
	900	2,10	0	91,19	6,10	0,60
	950	0,99	1,11	91,19	6,10	0,60
D1	850	1,86	0	85,04	12,52	0,58
	900	0,84	1,01	88,90	8,54	0,70
	950	0,98	1,18	90,62	7,07	0,15
D2	850	1,28	29,20	54,08	13,97	0,77
	900	1,19	26,88	60,87	10,65	0,41
	950	0,93	18,63	72,05	8,25	0,14
D3	850	0,39	0,25	92,91	6,44	0,01
	900	0,51	0,36	95,13	3,99	0,01
	950	0,23	0,30	96,50	2,97	0
Dr1	850	1,13	0,24	6,98	83,37	8,27
	900	1,23	0,88	19,91	63,78	14,19
	950	0,89	1,44	17,19	66,00	14,48
Dr2	850	1,73	0,52	1,64	88,82	7,28
	900	3,02	0,69	8,70	82,97	4,61
	950	0,66	0,61	16,29	75,71	6,73
F	850	6,70	37,39	38,64	15,22	2,05
	900	4,03	50,56	36,39	8,61	0,40
	950	2,69	46,49	39,13	10,31	1,37
G	850	1,91	1,05	73,32	19,99	3,72
	900	1,12	1,96	80,96	14,59	1,37
	950	0,68	1,49	89,25	7,99	0,58
J	850	0,83	0,24	90,953	7,79	0,18
	900	1,79	1,12	87,74	9,06	0,27
	950	1,31	1,02	93,98	3,50	0,19
M1	850	0,59	0,45	94,15	4,81	5,24
	900	0,75	0,21	95,99	3,02	0,02
	950	0,45	0,83	96,50	2,22	0
M2	850	0,71	0,54	88,47	9,22	1,06
	900	0,75	0,31	94,03	4,89	0,01
	950	0,54	0,47	98,99	0	0
V	850	1,57	0,45	75,80	20,17	2,01
	900	0,71	0,41	87,00	10,58	1,29
	950	1,06	0,29	90,85	7,64	0,16

Tabla 23. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS					
MUESTRA		Radio (μm)	Cantidad (mL/g)	Área total de poro (m^2/g)	Po (%)
B	850	0,57	0,48	3,98	36,39
	900	0,57	0,40	2,77	37,33
	950	0,67	0,45	2,69	38,61
D1	850	0,67	0,60	3,74	37,39
	900	0,57	0,59	3,68	41,60
	950	0,67	0,65	2,54	43,25
D2	850	1,10	0,60	4,42	44,15
	900	1,10	0,62	3,68	45,59
	950	1,10 0,79	0,41 0,39	3,28	48,26
D3	850	0,35	1,24	3,74	48,05
	900	0,39	1,39	2,94	48,86
	950	0,43	1,44	2,72	49,16
Dr1	850	0,05	0,25	10,96	25,73
	900	0,04	0,11	14,94	24,79
	950	0,05	0,15	14,71	24,37
Dr2	850	0,04	0,27	10,59	25,14
	900	0,06	0,24	6,70	23,19
	950	0,06	0,17	6,87	20,18
F	850	1,29	0,28	5,82	37,57
	900	1,80	0,37	2,69	39,76
	950	1,52	0,37	4,07	39,49
G	850	0,57	0,44	7,36	38,40
	900	0,67	0,49	4,36	37,21
	950	0,67	0,54	2,79	36,12
J	850	0,34	0,76	3,14	39,95
	900	0,34	0,81	3,08	39,79
	950	0,44	0,99	2,79	43,55
M1	850	0,41	1,02	2,59	43,62
	900	0,44	1,13	2,23	44,12
	950	0,49	1,13	1,82	44,80
M2	850	0,42	0,86	5,39	44,42
	900	0,50	0,98	2,64	46,94
	950	0,62	1,15	0,92	37,93
V	850	0,25	0,48	6,36	36,71
	900	0,37	0,70	5,30	39,16
	950	0,48	0,80	2,68	41,76

Mediante los análisis MIP se completa la información de porosidad comentada por medio de los ensayos hídricos, comparando los resultados de ambas técnicas (siempre salvando las diferencias que implican el uso de diferentes líquidos y presión de intrusión de los mismos), y añadiendo datos sobre la cantidad y tamaño de poro que da lugar a los diferentes comportamientos.

Todas las muestras presentan una distribución de poros parecida, de tipo unimodal, con la aparición de una segunda y más pequeña familia de poros hacia tamaños inferiores. La mayor cantidad de poros se concentra entre 1 y 0,1 μm en todas las probetas menos en Dr1, Dr2 y F, (ver diagramas 118 y 119 y tablas 21, 22 y 23 de este capítulo) cuyo máximo se desplaza hacia 0,1-0,01 μm en el caso de Dr1 y Dr2, y en un intervalo más amplio (10-0,1 μm) en F. Los yacimientos B, D1, D3, J, M1, M2 y V tienen alrededor de un 80-90% de poros en el intervalo 1 -0,1 μm (tabla 22), e incluso más en el caso de D3 y M1. D2 oscila entre el 50 y el 70% en este mismo rango de poros, llegando a alcanzar un 20-30% de porosidad en el rango 10-1 μm . Por último, en el rango de poro más pequeño que se ha medido (0,01-0,001 μm), B, D1, D2, D3, J y M2 presentan menos de un 1%, Dr1 y Dr2 tienen más de un 8%, y el resto de yacimientos se encuentran en un porcentaje intermedio.

Si nos fijamos en cada yacimiento por separado, observando la influencia de cada temperatura de cocción, se percibe una tendencia principal: conforme aumenta la temperatura, el radio de poro disminuye y aumenta la porosidad en el intervalo comprendido

entre 1 y 0,1 μm (tabla 23). Esto sucede en todos los yacimientos a excepción de Dr1, F y J, donde no se observa una tendencia definida.

En cuanto al porcentaje de porosidad abierta (P_o , tabla 19), en los yacimientos B, D1, D2, D3, F, M1 y V aumenta la cantidad de porosidad conforme aumenta la temperatura de cocción. En Dr1, Dr2 y G ocurre lo contrario. La excepción la encontramos en J, dado que a la temperatura intermedia, 900 $^{\circ}\text{C}$, la porosidad es la más baja; por otro lado en M2 la porosidad es mayor a 900 $^{\circ}\text{C}$.

El grado de porosidad abierta y el tamaño de los poros influyen en la circulación de agua dentro de las muestras, favoreciendo tanto la absorción y la saturación como su desorción, como ya vimos en el apartado anterior. Por ello, existe una clara relación entre los yacimientos que presentan mayores niveles de absorción de agua (A_b y A_f), Coeficiente de saturación (S) e índice de secado (D_i) con los que presentan un tamaño de poro también mayor y más abundante: D3 en primer lugar, con casi el 50% de porosidad localizada en torno a 0,37 μm , seguido por M2 con una porosidad algo más baja pero en un tamaño de radio mayor (~0,50 μm), y D2 con una porosidad parecida en un radio de poro algo más grande (1,10 μm), especialmente a los 950 $^{\circ}\text{C}$ donde el pico se desdobra en dos tamaños, aumentando el porcentaje de porosidad (tabla 23). F llega casi al 40% de porosidad cerca de 1,3 μm , hasta 1,8 μm a los 900 $^{\circ}\text{C}$. Debe tenerse en cuenta que este yacimiento es el más rico en carbonatos y el que más ha sufrido el desarrollo de fisuras por el proceso de calcinación e hidratación de los óxidos de calcio y magnesio. Por el contrario, los yacimientos de menos absorción de

agua, Dr1 y Dr2, son los que tienen una porosidad más baja y en un tamaño próximo a $0,05 \mu\text{m}$.

Si comparamos los datos de porosidad abierta (P_o), densidad real (ρ_{sk}) y densidad aparente (ρ_b) obtenidos tanto en ensayos hídricos como en MIP, los valores son muy similares, especialmente cuando se comparan aquellas muestras con valores extremos más altos y más bajos. Las pequeñas variaciones que se observan se deben a las diferencias entre las dos técnicas analíticas. Esta similitud muestra que los datos obtenidos en ambos análisis son comparables.

Un punto importante a destacar de la tabla 19 es la reseña sobre el peso de muestra y el Stem. Este dato es de relevancia en este trabajo ya que modifica la metodología de aplicación del análisis MIP si lo hacemos con muestras de terracota de obra de arte real: el peso de muestra habitualmente recomendado (1,5 g) resulta excesivo en nuestro caso, dando datos erróneos de Stem por encima del 90%, lo que invalida los resultados. Se han realizado varias pruebas con tamaños de muestra alrededor de 1,3 g que han producido errores recurrentes principalmente en aquellos yacimientos que presentaban una porosidad más alta, por lo que se ha tenido que ir reduciendo el tamaño de muestra de manera paulatina para llegar a niveles de Stem correctos.

Finalmente, se ha determinado que, aunque en algunos yacimientos se admite una mayor cantidad de muestra, para que las condiciones sean ideales los fragmentos tengan un peso comprendido entre 0,9 y 1 g, lo cual aporta un porcentaje de Stem correcto entre el 30 y el 50%.

Como se ha comentado previamente en el desarrollo de esta Tesis Doctoral, el análisis de las arcillas de la provincia de Granada y sus probetas resultantes responde a la aplicabilidad de sus resultados a la obra real. Una parte de esta aplicabilidad consiste en la comprobación del protocolo de estudio analítico de la obra real, pero la otra implica que sus resultados puedan ser comparables con los de estas probetas para aportar su posible atribución geográfica y temporal. Es por esta razón que se procede a realizar, además de la previa discusión de resultados de la porosidad alcanzada a diferentes temperaturas de cocción de forma global, el estudio de las curvas porométricas de cada temperatura en particular. Estudiar el desarrollo de la porosidad conforme aumenta la temperatura de cocción es importante para conocer la reacción del sistema poroso a la misma y facilitará la comparativa entre la obra real y la probeta, de una forma más directa.

Así pues, si se analizan todos los yacimientos entre sí, en sus diferentes temperaturas, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 20. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO - probetas cocidas a 850 °C				
MUESTRA	RANGO^{156*}		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Cantidad (mL/g)
B 850	1,288	0,003	0,568	0,447
D1 850	1,064	0,005	0,675	0,598
D2 850	1,788	0,004	1,103	0,660
D3 850	0,557	0,014	0,349	1,242
Dr1 850	0,176	0,001	0,054	0,246
Dr2 850	0,127	0,001	0,038	0,274
F 850	169,499	0,002	1,291	0,278
G 850	1,288	0,002	0,570	0,442
J 850	0,662	0,007	0,345	0,764
M1 850	0,665	0,012	0,409	1,020
M2 850	0,669	0,002	0,416	0,862
V 850	0,551	0,003	0,247	0,485

TIPO DE PICO MÁXIMO– A 850 °C todas las muestras tienen una curva unimodal con un pico máximo entre 0,3 y 0,6 μm más una pequeña familia de poros hacia tamaños de 0,1 μm .

CANTIDAD DE POROS – Las muestras con la mayor cantidad de porosidad son D3 y M1, que están en torno a 1,0-1,2 mL/g de cantidad o frecuencia, seguidos por J y M2 (0,86-0,76 mL/g). El resto de muestras quedan entre el 0,6 y 0,4 mL/g, siendo las de menor frecuencia Dr1, Dr2 y F con 0,2 mL/g.

RANGO DE POROS – Los picos principales medidos de las muestras se encuentran, en general, entre los 0,5 y 0,3 μm . Se desmarcan

¹⁵⁶ *Los datos de rangos de poros (radio máximo y mínimo de poro) se han extraído de los intervalos que presentaban una frecuencia o cantidad por encima de 0,002 mL/g. Las medidas del pico máximo de poro en cada muestra representa el tamaño donde se concentra una mayor cantidad de porosidad.

claramente D2, F con un valor de 1,2 μm de radio y Dr1 y Dr2 con su pico máximo localizado a 0,05 μm .

Respecto al rango de poros, el radio máximo lo presenta, sin lugar a dudas, F con 169,5 μm ; el de menor medida lo presentan Dr1 y Dr2, con 0,1 μm , quedando el resto de yacimientos en dos valores intermedios principales: 0,6 μm para D3, J, M, M2 y V y en torno a 1,2 μm para B, D1, D2 y G. El rango de poros mínimo varía también bastante, presentando F y D2 un valor aproximado de 1,2 μm ; la medida general se encuentra comprendida entre 0,6 y 0,3 μm , desmarcándose Dr1 y Dr2 con los poros mínimos con radio de 0,05-0,03 μm .

Tabla 21. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO - probetas cocidas a 900 °C				
MUESTRA	RANGO		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Cantidad (mL/g)
B 900	1,089	0,010	0,568	0,405
D1 900	1,284	0,010	0,571	0,592
D2 900	1,780	0,005	1,103	0,618
D3 900	0,670	0,017	0,386	1,394
Dr1 900	0,659	0,001	0,053 - 0,030	0,115 - 0,114
Dr2 900	0,174	0,002	0,064	0,238
F 900	26,157	0,005	1,806	0,374
G 900	2,120	0,003	0,670	0,486
J 900	0,666	0,008	0,345	0,810
M1 900	0,790	0,023	0,442	1,130
M2 900	0,934	0,019	0,499	0,980
V 900	0,767	0,008	0,375	0,698

TIPO DE PICO MÁXIMO – A 900 °C casi todas las muestras presentan un patrón unimodal con una pequeña familia de poros con tamaños inferiores, que en este caso varían entre 0,01 μm

(yacimientos B, D1, J, V), por debajo de $0,05 \mu\text{m}$ (yacimientos D2, F, G) y por encima de $0,017 \mu\text{m}$ (yacimientos D3, M1, M2). La excepción son los yacimientos Dr1, y Dr2 que presentan una curva más amplia y familias de poros en tamaños más grandes. F presenta un pico principal y dos familias de poros, una de mayor tamaño y otra de menor tamaño, mientras que D2 es trimodal, presentando un pico principal y dos secundarios de tamaño menor.

CANTIDAD DE POROS – Las muestras más porosas son D3 y M1 por encima de 1 mL/g , seguidas por M2 y J (entre $0,9$ y $0,8 \text{ mL/g}$). El siguiente escalón corresponde a D1, D2 y V alrededor de $0,6 \text{ mL/g}$, quedando el resto en torno a $0,3 \text{ mL/g}$, y siendo Dr1 el yacimiento que menos porosidad presenta con $0,1 \text{ mL/g}$.

RANGO DE POROS – El rango de poros de la mayoría de yacimientos tiene su radio máximo alrededor de $1,2 \mu\text{m}$ (yacimientos B, D1, D2, M2) o $0,6 \mu\text{m}$ (yacimientos D3, Dr1, J, M1 y V). Se salen de esos rangos F con un radio de $26,1 \mu\text{m}$ y Dr2 con $0,17 \mu\text{m}$. La mayoría de las muestras llegan a un tamaño de poro mínimo inferior a $0,01 \mu\text{m}$. Por encima de este rango destacan solamente D3 y M2 con $0,017$ y $0,019 \mu\text{m}$ respectivamente, y el máximo corresponde a M1 que llega a $0,02 \mu\text{m}$.

Tabla 22. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO - probetas cocidas a 950 °C				
MUESTRA	RANGO		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Cantidad (mL/g)
B 950	1,091	0,010	0,668	0,455
D1 950	1,084	0,010	0,672	0,655
D2 950	1,773	0,006	1,100 - 0,670	0,411 - 0,384
D3 950	0,659	0,030	0,427	1,441
Dr1 950	0,242	0,001	0,063 - 0,045	0,143
Dr2 950	0,175	0,005	0,088 - 0,053	0,163
F 950	5,902	0,004	1,522	0,369
G 950	1,28	0,007	0,67	0,54
J 950	0,78	0,014	0,44	0,99
M1 950	0,78	0,038	0,49	1,13
M2 950	0,93	0,246	0,62	1,15
V 950	0,78	0,019	0,48	0,80

TIPO DE PICO MÁXIMO – A 950 °C casi todas las muestras mantienen su patrón unimodal excepto Dr1 y Dr2 que presentan una curva porométrica más amplia, y D2 que describe una curva polimodal.

CANTIDAD DE POROS – Las muestras con mayor porosidad son D3, M1 y M2, por encima de 1,00 mL/g, seguidas por J y V (entre 0,99 y 0,80mL/g). Las muestras con la porosidad más baja son Dr1 y Dr2, y se encuentran muy por debajo del resto de muestras, sobre 0,10mL/g, mientras que el resto de yacimientos se encuentran alrededor de 0,37 mL/g.

RANGO DE POROS – El rango de poros varía según el yacimiento, y podrían agruparse como sigue: el grueso de las muestras se encuentran con el tamaño de poro máximo en torno $1\mu\text{m}$; por

encima destaca F con los poros de mayor tamaño sobre los $5\mu\text{m}$. Dr1 y Dr2 presentan el tamaño máximo de poro más pequeño, en torno a $0,2\mu\text{m}$.

La mayoría de las muestras llegan a un tamaño de poro inferior a $0,01\mu\text{m}$. Por encima de este rango destacan solamente D3 y M1, en torno a $0,03\mu\text{m}$, y el máximo lo alcanza M2 que llega a $0,24\mu\text{m}$.

CONCLUSIONES

Los resultados de porosidad obtenidos responden claramente a las características de tamaño de grano de las materias primas, nivel de transformación mineral y composición mineralógica, definidas por las técnicas de análisis anteriores. En general, conforme aumenta la temperatura de cocción se observa un aumento del tamaño de poro. Es el caso de D3, Dr2 F, J, M1, M2 y V, y se debe al aumento de porosidad en los lugares de las muestras dejados libres por los carbonatos tras su descomposición. El caso contrario, es decir, el aumento de porosidad en tamaños más pequeños, se da en los yacimientos D1, D2 y Dr1. Este efecto es mucho menos acusado y evidente que el descrito anteriormente, siendo las variaciones muy pequeñas, y se deben principalmente a la modificación de la porosidad primaria (de tamaño mayor), formación de porosidad cerrada en los filosilicatos y aumento de microporosidad por la fusión y vitrificación de la matriz.

Predomina la porosidad en el rango de poros comprendido entre 1 y $0,1\mu\text{m}$ en todos los yacimientos menos en F (mayor de $1\mu\text{m}$) y Dr1 y

Dr2 (0,1-0,01 μm). Destacan por su escasa porosidad en radios de poro más pequeños, de 0,1-0,01 μm , los yacimientos Dr1 y Dr2, de los cuales se pudo comprobar que la elevada compacidad y el tamaño de grano muy fino provocaba un lento secado de las muestras, retención de agua durante el amasado y, por tanto, fisuración durante la cocción, contracción de las piezas muy elevada (por encima del 12%, tabla 13) y un comportamiento hídrico poco ideal (lento secado, figura 107 y tabla 15). El resto de yacimientos presentan la mayoría de los poros comprendidos entre 1 y 0,1 μm principalmente, lo que implica una mayor circulación de agua por su seno; siendo la porosidad mayor en F con un valor superior o igual a 1 μm (tabla 22).

D.3.1.5.7. Propagación de ondas ultrasónicas

METODOLOGÍA

La medición de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas es una excelente forma para determinar las propiedades físicas de las cerámicas, gracias a su naturaleza no destructiva. Las ondas ultrasónicas son ondas elásticas con frecuencia fuera del rango perceptible por el oído humano, desde 3×10^4 a 10^6 Hz, pero de mayor poder penetrante que éstas y con menor tendencia a la difracción de las ondas, por lo que la disipación es también menor que la de las ondas sonoras. Estas ondas se propagan en medios donde se den fracciones de materia que puedan sustentar dicha propagación, siendo su transmisión más veloz cuanto menos huecos

o espacios vacíos encuentre la onda a su paso¹⁵⁷. De esta forma, los datos obtenidos sirven para obtener información sobre el grado de compacidad de las probetas, presencia de poros, fisuras, etc. Se debe, no obstante, tener siempre en cuenta que en estas variaciones de velocidad influyen igualmente otros factores, como composición mineralógica, conexiones intercristalinas, densidad, contenido en agua,..

En nuestro caso, se ha medido la velocidad de propagación de las ondas ultrasónicas primarias (V_p)¹⁵⁸ sobre muestras secas en la tabla de la probeta de las probetas con un equipo de generación de ultrasonidos Steinkamp BP5, con transductores de 100kHz y diámetro de 2,7 cm. Se utilizó un gel viscoelástico para asegurar la correcta unión entre transductores y probetas.

La medida de la velocidad de propagación (V_p) se ha realizado en metros por segundo, según la siguiente fórmula:

$$V_p = \frac{d}{t}$$

d = distancia recorrida

t = tiempo que tarda la onda en llegar desde el emisor al receptor

No se han realizado medidas en las tres direcciones del espacio, debido a la tipología de probeta elaborada, de sólo 1,7 cm de grosor, y la necesidad de llevar a cabo este ensayo entre dos superficies paralelas con un diámetro de al menos 2,7 cm.

¹⁵⁷ Más información en CULTRONE (2001), GUYDADER y DENIS (1968), ZEEZA (1996)

¹⁵⁸ ASTM D 2845-08 2008

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 23. PROPAGACIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN LAS PROBETAS						
MUESTRA	ONDAS (m/s)			DESVIACIÓN ESTÁNDAR		
	850 °C	900 °C	950 °C	850 °C	900 °C	950 °C
B	2124	2318	2271	1,21	0,84	0,47
D1	2321	2362	2139	0,67	0,37	0,75
D2	1302	1473	1518	0,76	0,23	0,42
D3	2699	2908	2340	3,12	0,74	0,80
Dr1	2614	3215	3444	1,70	1,20	0,53
Dr2	2117	3362	3687	1,65	0,28	0,67
F	1315	1542	1382	0,60	0,56	0,69
G	1409	1583	1843	0,73	0,26	1,23
J	2633	2830	2781	0,50	0,20	0,34
M1	2635	2531	2786	0,29	0,53	0,53
M2	2344	2484	2597	0,64	0,27	0,48
V	2438	2414	2403	0,18	1,69	0,62

En rojo se indican las medidas de desviación estándar que han superado el límite de viabilidad de las medidas, establecidas por debajo de 1,50%¹⁵⁹

Comparando los yacimientos entre sí se observa un aumento progresivo de la velocidad de propagación de ondas conforme aumenta la temperatura de cocción (tabla 23). Este fenómeno es más evidente en las muestras D2, Dr1, Dr2, G, M1 y M2, mientras que en V la velocidad es más o menos la misma en las tres temperaturas. Por otra parte, B, D1, D3, F y J aumentan ligeramente de velocidad de 850°C a 900°C para luego descender ligeramente a 950°C, excepto en el caso de D3 donde el descenso es más marcado.

También se pueden diferenciar tres grupos de muestras según las velocidades de propagación de ondas ultrasónicas: el grupo de menor velocidad de propagación está compuesto por los yacimientos D2, G y F, con velocidades de 1300-1800 m/s. La mayoría de muestras registran velocidades comprendidas entre

¹⁵⁹Ídem

2100 y 2900 m/s. Finalmente, las muestras Dr1 y Dr2, alcanzan los 3400 y 3600 m/s, respectivamente, a la temperatura de cocción de 950 °C.

El comportamiento más lineal en este tipo de material es el de las muestras G y M2, con valores graduales y crecientes de la velocidad de las ondas P, lo que indica una progresiva vitrificación de las muestras y, por tanto, la mejora de su compacidad y una porosidad abierta más reducida. En el resto de las muestras se producen ciertos "saltos" en la progresión de la velocidad lo que revela una variación en la textura de los materiales y en su mineralogía: hasta los 900 °C se mantiene estable la estructura debido a la presencia de carbonatos; luego, a 950 °C, el aumento de velocidad implica la vitrificación alcanzada por las piezas¹⁶⁰.

La diferenciación en grupos de alta velocidad (el general) y de baja velocidad (D2, F, G) puede explicarse, en parte, con la cantidad de agua de amasado necesaria, ya que una mayor cantidad de agua en la tierra arcillosa causará mayor porosidad. Éste es el caso de D2 y G (23 y 26% de agua de amasado, respectivamente; tabla 11). Por otra parte, un exceso en carbonatos en la materia prima puede ser responsable del desarrollo de un entramado de fisuras por caliche y una porosidad secundaria provocada por la descomposición de los carbonatos, que es lo que ha ocurrido en las cerámicas F y que justifica sus bajos valores de Vp en las tres temperaturas de cocción.

Las altas velocidades de Dr1 y Dr2, sobre todo a 900 y 950 °C, se explica por acusados cambios texturales: una importante fusión de

¹⁶⁰ CULTRONE (2001)

las piezas debido al tamaño de partículas finas (como podemos ver en las imágenes de POM y HRSEM), unido al alto contenido en filosilicatos (entre 10 y 15% según XRD, tabla 8), ha aumentado el grado de unión entre los granos y disminuido los espacios vacíos. El contenido en calcita es bajo (Dr1 contiene un 5% mientras Dr2 no contiene, según XRD, tabla 8), lo que influye poco en el proceso de vitrificación.

En efecto, una textura más fina (que por otra parte ha provocado ciertos problemas en la cocción por la defectuosa evacuación de la humedad en el proceso de secado), favorece una reacción más rápida de material ya a los 900 °C. El 5% de carbonatos de Dr1 provoca que a 850 °C su velocidad de propagación sea mayor que en Dr2, ya que los carbonatos son fundentes de baja temperatura (empiezan su descomposición alrededor de los 700 °C) dando lugar a una mayor compacidad de la masa arcillosa a temperaturas más tempranas. Esta hipótesis debería ser corroborada por el correspondiente análisis granulométrico en las doce tierras arcillosas.

El comportamiento casi constante de V se explica, igualmente, por su bajo contenido en carbonatos (5% según XRD, tabla 14) junto a su textura y granulometría fina: a 850 °C se produce la descomposición y comienzo de reacción de calcita y dolomita con los silicatos, lo que provoca que a temperaturas superiores no se perciba un aumento en la compacidad que estos fundentes provocan, sino más bien una velocidad estable de un material ya transformado¹⁶¹.

¹⁶¹ CULTRONE (2001)

Por último, el descenso de velocidad entre 900 y 950 °C de B, D1, F, J y, sobre todo, D3 puede tener varias explicaciones: por una parte los carbonatos, presentes en granos y una cantidad superior al 30% (tabla 8), transformándose en CaO y MgO, han dejado huecos debido a su escasa consistencia, o han desarrollado fisuras a su alrededor si los granos han llegado a hidratarse o carbonatarse, aumentando así la porosidad de forma más acusada. Por otra parte, debe recordarse que la elaboración de las piezas ha sido manual, lo que significa que el amasado y grado de presión ejercido sobre las materias primas puede que no hayan sido los mismos, lo que aumenta el margen de error en cuanto a compacidad de las piezas y orientación de los filosilicatos.

CONCLUSIONES

Los yacimientos con un comportamiento más adecuado en lo que respecta a propiedades mecánicas son aquellos que consiguen una mayor compacidad a menor temperatura, además de los que en general tengan una mayor compacidad, ya que una mayor cantidad de material fundido aporta al material una mejor resistencia mecánica.

Siguiendo estas pautas, los yacimientos con mayor compacidad a bajas temperaturas son D3, Dr1J y M1, con valores de velocidad de propagación de ondas ultrasónicas por encima de 2600 m/s, cuando el resto de yacimientos se encuentran entre 2000 y 2500m/s, a excepción de D2, F y G que tienen la mínima velocidad de propagación, alrededor de 1300 m/s.

A 900 °C los yacimientos que más destacan son Dr1 y Dr2 con velocidades alrededor de 3200 m/s, seguidos por D3 y J (alrededor de 2900 m/s), encontrándose el grueso de los yacimientos en torno a 2500 m/s. De nuevo, en el extremo inferior, D2, F y G tienen valores próximos a 1500 m/s.

A 950 °C de cocción, de nuevo Dr1 y Dr2 presentan una compacidad muy por encima del resto de muestras (alrededor de 3500 m/s). A esta temperatura, el rango de velocidad de propagación de la mayoría de yacimientos ronda entre los 2100 y 2800 m/s, volviendo a desmarcarse en el margen inferior D2, F y G, cuya velocidad se encuentra entre los 1400 y 1800 m/s.

Estos datos nos indican que los yacimientos con peores propiedades mecánicas, en comparación con los demás, son D2, F y G, mientras los más compactos son Dr1 y Dr2. Sin embargo, esta elevada compacidad ha causado en estos dos yacimientos problemas como la retención de gases durante la cocción y la formación de fisuras por contracción.. De hecho, los yacimientos que más heterogeneidad de resultados presentan son D3, Dr1 y Dr2, precisamente porque su exceso de compacidad ha dado lugar, como veíamos en POM, a la formación de fisuras en su interior.

C.1.5.8. Espectrofotometría

METODOLOGÍA

El estudio relativo al color se ha llevado a cabo utilizando las coordenadas $L^*a^*b^*$ mediante un espectrómetro portátil Minolta CM700d. Las medidas se realizaron seleccionando un iluminante CIE D65, que simula la luz día a una temperatura de color de 6504 K e incluyendo la componente especular (SCI). Este instrumento mide la intensidad de la luz mediante la comparación entre el flujo de radiación emitido por un patrón y la emitida por la muestra analizada. Su ventaja respecto al colorímetro es que no solamente mide los parámetros estándar CIE, sino una serie continua (o discreta) de longitudes de onda de emisión: es una medida bidimensional donde el eje de abscisas señala la longitud de onda en el espectro visible y el de ordenadas la intensidad de señal¹⁶².

Este análisis resulta de gran utilidad en el estudio de los materiales cerámicos, ya que el color puede aportarnos información importante respecto a sus características de composición y estructura¹⁶³: presencia de ciertos minerales y sustancias colorantes (cantidad de óxidos e hidróxidos de hierro, carbonatos o materia orgánica) y tamaño de grano y textura (que influye en la homogeneidad del color). En definitiva, aporta información relativa a sus características petrográficas. Igualmente, el color, tanto superficial como interno de una pieza, puede indicarnos posibles deterioros por la presencia de contaminantes atmosféricos,

¹⁶²Más información en CULTRONE (2001); UNE-EN 15886 2010

¹⁶³ALVAREZ y GONZÁLEZ (1994)

cristalización de sales, aplicación de estucos o morteros, y tratamientos anteriores como consolidantes¹⁶⁴, capas de protección superficiales o presencia de aglutinantes.

En este sentido se han analizado tanto las probetas sin cocer (que en las Tablas 28 y 29 se indican con el valor de temperatura de 100 °C) como las cocidas a cada una de las temperaturas. De cada probeta se tomaron 2-3 medidas, según lo permitiera el estado de la superficie, haciendo un total de 3-5 medidas por cada temperatura de cocción, de aquí se extrajo el promedio y el porcentaje de desviación estándar, estableciendo la medida numérica de color¹⁶⁵. En el apartado de discusión de resultados se reflejan solamente los datos de L*, a*, b*, C y H°. Se ha añadido un recuadro de color junto a cada medida para simular el aspecto de cada probeta; si bien no se trata del color real, ya que en el papel impreso varía según el método de impresión, tipo de papel, etc., sí nos servirá de elemento de comparación interno entre los distintos yacimientos para ver las posibles diferencias entre ellos, tanto en color como en comportamiento por cocción.

¹⁶⁴CERROETA y GIOVANNONE (1989)

¹⁶⁵ UNE-EN 15886 2010

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 24. RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA MUESTRAS B - Dr2											
MUESTRA		PROMEDIO SCI (D65)					COL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR			
		L*	a*	b*	C*	Hº		L*	a*	b*	C*
B	100	61,81	7,03	18,33	19,63	69º		0,33	0,18	0,35	0,39
	850	57,87	15,92	19,26	24,99	50º		0,55	0,41	0,25	0,45
	900	62,22	13,16	15,50	20,34	50º		0,98	0,44	0,64	0,65
	950	61,78	13,53	17,38	22,03	52º		1,86	1,05	2,26	2,43
D1	100	62,17	0,57	11,12	11,14	87º		0,24	0,01	0,17	0,18
	850	56,79	15,97	23,08	28,08	55º		0,59	0,41	0,39	0,54
	900	57,69	14,68	20,65	25,36	54º		2,97	0,89	2,71	2,67
	950	58,21	15,13	20,94	25,85	54º		2,94	0,94	2,56	2,54
D2	100	65,16	-0,60	8,92	8,94	94º		0,13	0,03	0,42	0,41
	850	64,28	10,67	19,48	22,22	61		0,81	0,55	1,34	1,36
	900	60,50	11,66	18,34	21,73	57º		1,06	0,49	0,95	0,96
	950	64,25	10,99	20,78	23,51	62º		1,22	0,71	1,32	1,50
D3	100	68,67	-0,51	9,46	9,47	93º		0,67	0,03	0,10	0,10
	850	64,75	14,50	23,41	27,53	58º		0,97	0,47	0,51	0,67
	900	64,29	14,66	23,58	27,77	58º		0,83	0,10	0,32	0,25
	950	66,99	13,11	21,86	25,48	59º		0,76	0,24	0,16	0,25
Dr1	100	52,01	8,41	16,78	18,78	63º		2,01	0,28	0,94	0,97
	850	50,73	19,38	23,93	30,79	51º		0,95	0,52	0,90	1,00
	900	49,44	18,91	21,56	28,68	49º		0,85	1,05	1,40	1,73
	950	48,48	18,49	20,83	27,85	48º		0,65	0,51	0,72	0,87
Dr2	100	54,52	8,82	16,62	18,81	62º		0,23	0,12	0,19	0,23
	850	51,96	21,17	26,73	34,10	52º		0,71	0,23	0,20	0,27
	900	51,72	21,29	25,86	33,50	50º		0,50	0,61	1,63	1,64
	950	48,61	20,69	22,67	30,69	47º		0,39	0,51	0,83	0,95

L* – valores de luminosidad; a* y b* – cromaticidad; C* – croma; Hº – ángulo de matiz; COL – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

Tabla 25. RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA MUESTRAS F - V											
MUESTRA	PROMEDIO SCI (D65)						COL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR			
	L*	a*	b*	C*	Hº	L*		a*	b*	C*	
F	100	64,67	6,80	19,47	20,62	70,7		1,23	0,14	0,52	0,54
	850	66,65	11,52	16,58	20,19	55,1		1,77	0,76	1,81	1,91
	900	68,04	11,70	16,36	20,12	54,4		0,97	0,71	0,93	0,89
	950	66,60	11,64	15,27	19,20	52,7		0,53	0,88	1,03	1,35
G	100	59,94	3,51	19,90	20,21	80,0		0,57	0,06	0,07	0,08
	850	55,92	20,21	26,83	33,59	53,0		1,14	0,51	0,83	0,91
	900	57,86	21,44	28,79	35,90	53,3		0,70	0,67	0,81	1,05
	950	59,28	22,54	30,26	37,73	53,3		0,53	0,44	0,84	0,93
J	100	63,04	1,17	10,58	10,65	83,7		1,36	0,11	0,30	0,30
	850	57,77	18,27	24,51	30,57	53,3		1,14	0,14	0,55	0,44
	900	56,46	17,88	22,11	28,44	51,0		1,76	0,33	0,46	0,54
	950	67,56	12,46	18,71	22,48	56,3		2,17	0,91	0,51	0,90
M1	100	69,58	0,66	13,30	13,32	87,1		0,84	0,08	0,23	0,23
	850	59,92	18,34	25,35	31,29	54,1		1,26	0,98	1,46	1,76
	900	61,93	16,50	23,84	29,00	55,3		1,52	1,10	0,74	1,15
	950	68,98	11,71	18,87	22,21	58,1		0,68	0,56	1,16	1,28
M2	100	70,66	1,64	15,87	15,96	84,1		0,85	0,03	0,11	0,11
	850	61,39	16,58	22,26	27,76	53,2		0,98	0,86	1,86	2,01
	900	63,48	16,18	23,72	28,72	55,7		1,52	0,45	0,80	0,45
	950	68,22	13,04	21,92	25,51	59,2		1,47	0,97	0,76	1,10
V	100	65,76	2,09	12,29	12,46	80,3		0,98	0,86	1,86	2,01
	850	59,57	16,28	22,20	27,53	53,7		1,52	0,45	0,80	0,45
	900	59,24	16,15	20,66	26,22	51,9		1,47	0,97	0,76	1,10
	950	60,41	15,71	21,60	26,71	53,9		0,63	0,07	0,15	0,16

L* - valores de luminosidad; a* y b* -cromaticidad; C* -croma; Hº -ángulo de matiz; COL - aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido).

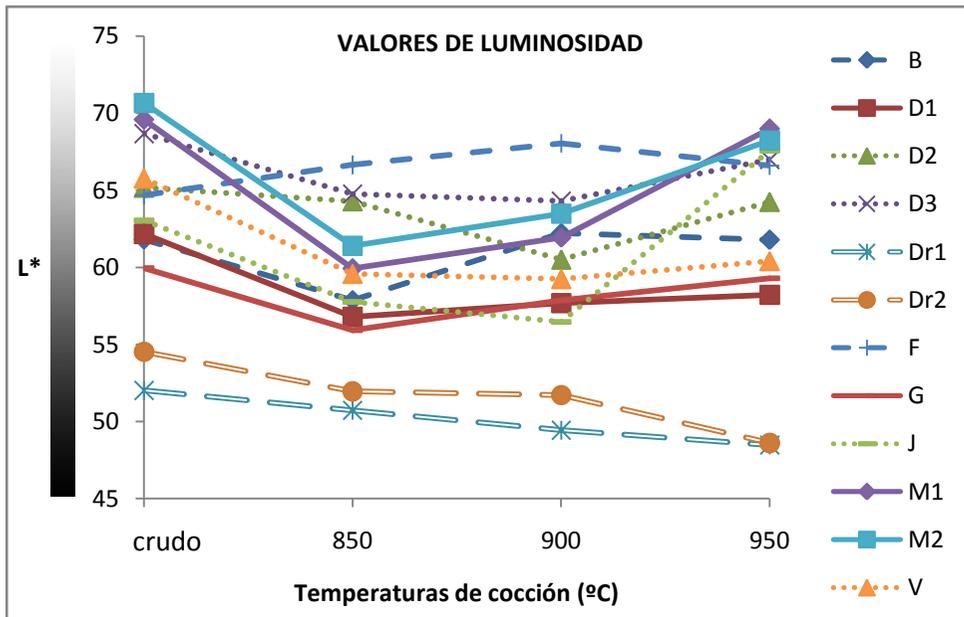


Figura 120. Diagrama que expresa los valores de luminosidad (L*) para las probetas crudas y cocidas a 850, 900 y 950 °C.

Todas las muestras (crudas y cocidas) tienen una luminosidad (L*) comprendida entre 57 y 65, a excepción de Dr1 y Dr2 que son las más oscuras, con valores entre 48 y 52, y D3 que es la más luminosa (de 67 a 69) junto con las muestras cocidas a 950 °C de J, M1 y M2 que se acercan a 70 (fig. 120). Si bien la mayor luminosidad se suele asociar a la presencia de carbonatos en la masa, en el caso de Dr1 la cantidad de carbonatos era elevada (20% según XRD), y aún así es una de las más oscuras, incluso en crudo, lo que puede deberse a su fina granulometría, característica que comparte con Dr2.

Comparando la relación entre las probetas crudas y cocidas, en lo que a luminosidad se refiere, todas son más claras en crudo que tras la cocción, y solamente B, F y G llegan a recuperar esa luminosidad a 950 °C. A medida que aumenta la temperatura de cocción la luminosidad varía de la siguiente manera: D1, G, M1 y M2 aumentan

su luminosidad progresivamente, B y F presentan su luminosidad máxima a 900 °C; D2, D3, J y V presentan su luminosidad mínima a 900 °C; y por último Dr1 y Dr2 disminuyen su luminosidad según aumenta la temperatura.

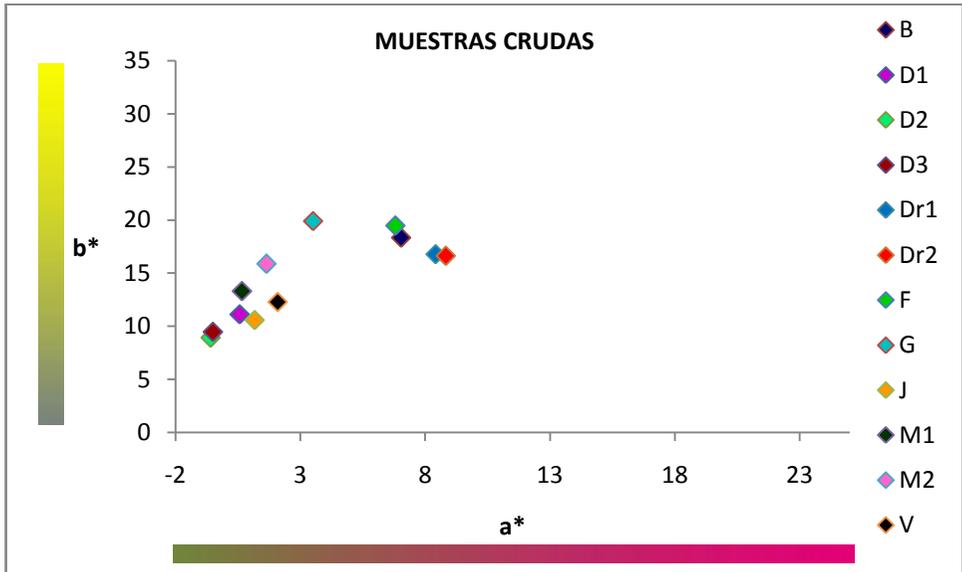


Figura 121. Valores de a* versus b* en las probetas crudas

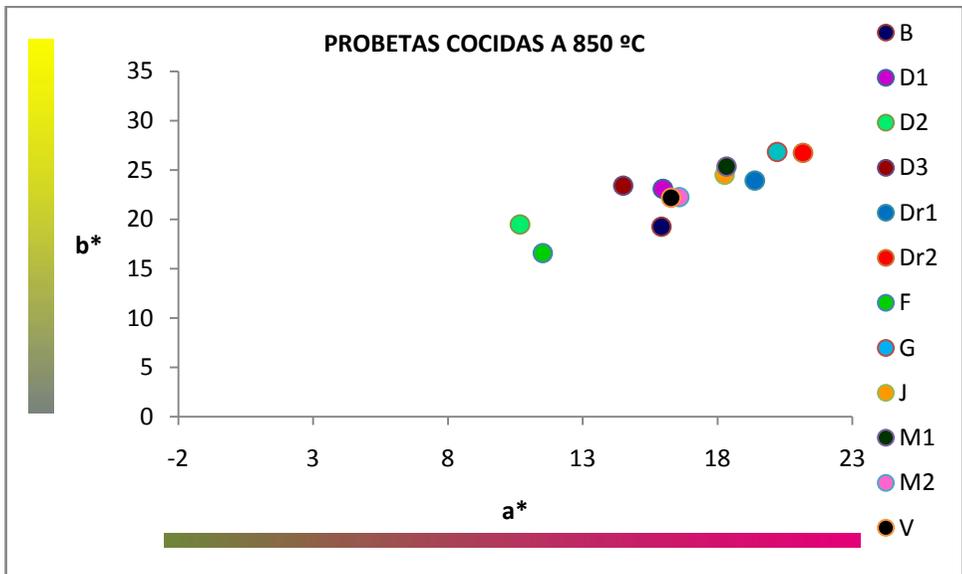


Figura 122. Valores de a* versus b* en las probetas cocidas a 850 °C

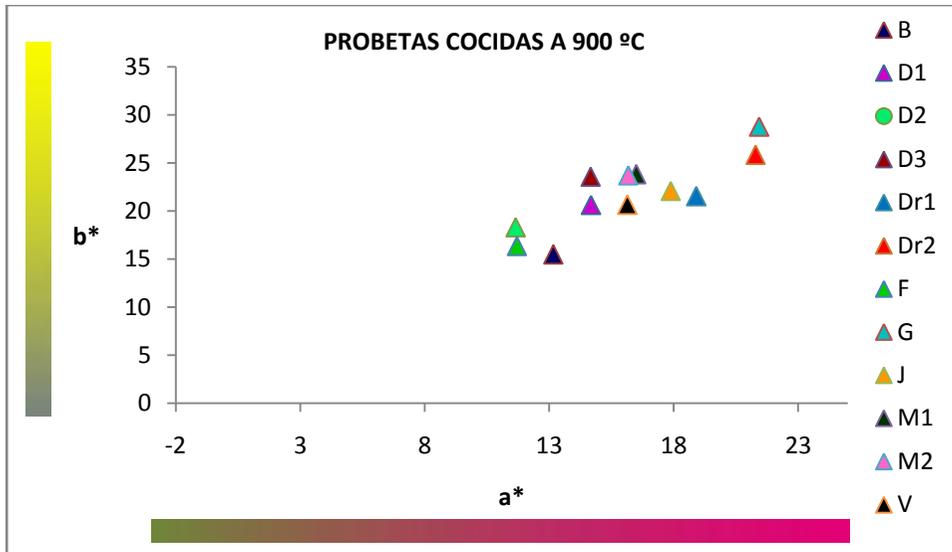


Figura 123. Valores de a* versus b* en las probetas cocidas a 900 °C

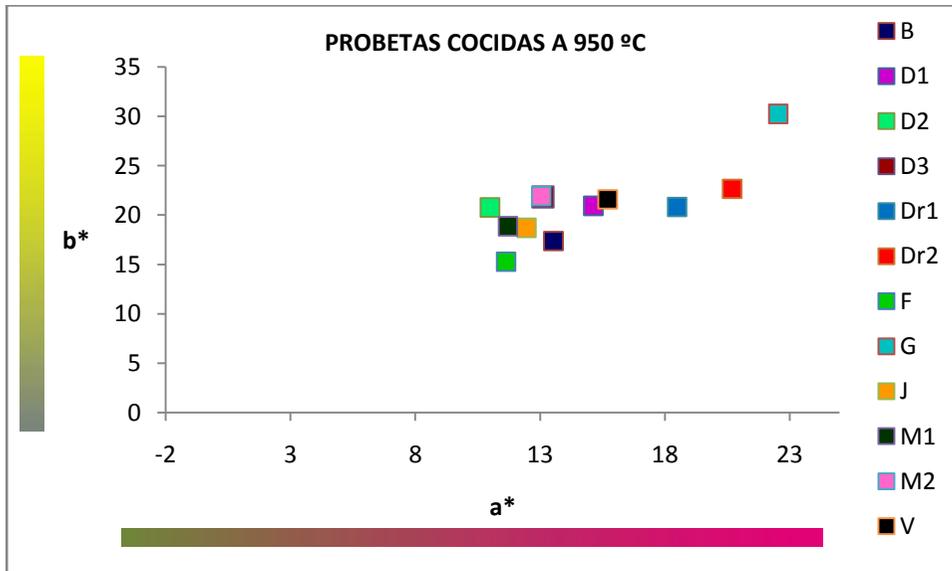


Figura 124. Valores de a* versus b* en las probetas cocidas a 950 °C

Respecto a la cromaticidad, todas las muestras crudas son grisáceas, ya que los valores de a^* y b^* son cercanos a cero (fig. 121). Pese a ello, en la gráfica podemos distinguir dos grupos principales: las muestras con el color algo más vivo (entre 8-10 en a^* y entre 15-20 en b^*), que corresponde a F, B, Dr1 y Dr2, y las muestras más grisáceas (entre 10 y 15 en b^* y entre -2 y 3 en a^*) que son D1, D2, D3, J, M1, M'' y V. La muestra G se mantiene a caballo entre ambos grupos, aunque con una tonalidad más tendente al amarillo (b^* 20).

En las probetas cocidas a 850 °C el rango de valores de cromaticidad cambia completamente, ubicándose a^* entre 10 y 23 en y b^* entre 15 y 30 (fig. 122). Esto indica de forma general que las piezas adquieren un color más intenso. Se pueden distinguir tres grupos principales en base a los valores de a^* (tablas 24 y 25): las muestras D2 y F se encuentran en 10 (tonos menos saturados de rojo), B, D1, D3, M2 y V están alrededor de 16, y el resto de yacimientos se agrupan en un rango entre 18 y 20.

En las probetas cocidas a 900 °C estos tres grupos varían de forma parcial, B se une a D2 y F en valores alrededor de 13 de a^* (siendo las probetas de menor intensidad de color), el grueso de los yacimientos se siguen manteniendo entre 14 y 19 de a^* , y solamente Dr2 y G llegan al 20. En cuanto a b^* , las muestras registran valores comprendidos entre 15 y 30, es decir, aumenta la intensidad en tono amarillo y rojo, lo que implica una mayor intensidad y oscuridad.

Finalmente, en las probetas cocidas a 950 °C, la mayoría de los yacimientos se desplazan a valores entre 11 y 16 de a^* , excepto Dr1,

Dr2 y G, que se desmarcan con valores de 18, 21 y 22 respectivamente (tablas 24 y 25). Respecto a b^* todos los yacimientos se agrupan entre 17 y 22, quedando fuera solamente G que se mantiene en 30.

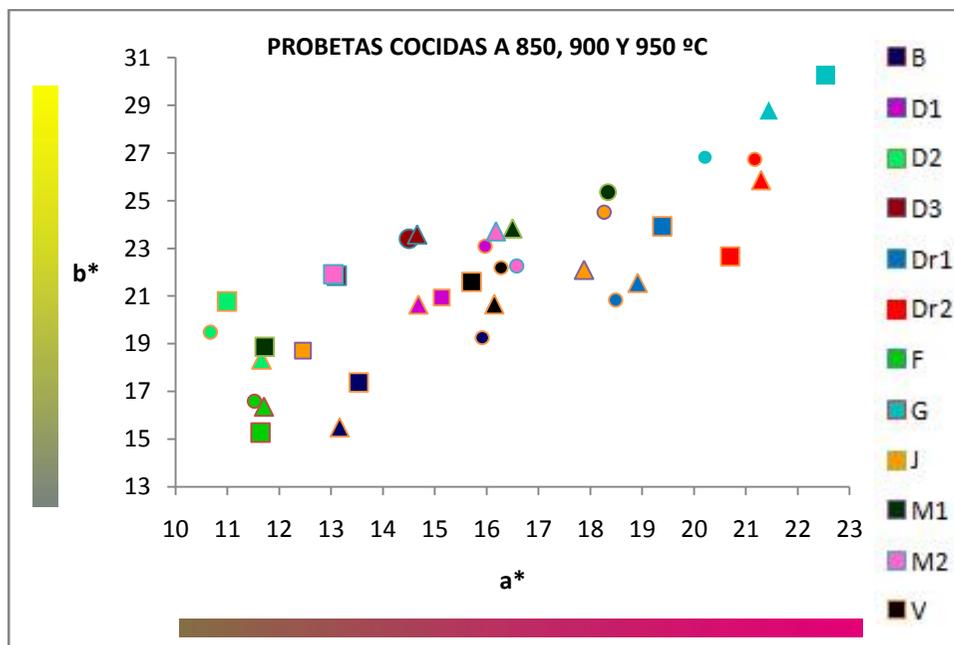


Figura 125. Valores de a^* versus b^* en las probetas cocidas a 850, 900 y 950 °C. ○ probetas cocidas a 850 °C, ▲ probetas cocidas a 900 °C, □ probetas cocidas a 950 °C

Observando los yacimientos en bloque (fig. 125), los que menos varían de color con la cocción son D1, D2, F y V, siendo F el que prácticamente no modifica su color en base a la temperatura, y B, J, M1 y M2 los que más diferencias presentan, principalmente M1 con una variación de 7 puntos de a^* .

La tendencia general es la de ir hacia colores más grisáceos conforme aumenta la temperatura de cocción; esta evolución se

cumple en los valores de a^* en todos los yacimientos a excepción de D1, D2 y F que los mantienen y G que se comporta de manera opuesta. Lo mismo sucede con los valores de b^* , que por norma general descienden, aumentando solamente en G y fluctuando en B, D2 y M2. Este comportamiento diferente de G respecto al resto de yacimientos se explica por la propia composición de la arcilla, ya que es la única muestra que no contiene carbonatos (en traza, tabla 8), si bien se da el mismo caso también en Dr2 donde su contenido en carbonatos es prácticamente nulo. En realidad, debe especificarse que el descenso de tonalidad roja es de menos de 0,5 (de 21,17 a 20,69, tabla 24), y sus valores son los más elevados después de G.

Respecto a la intensidad de color (C^*), las probetas crudas cubren un rango muy amplio de valores desde 7 a 23 (tablas 24 y 25), siendo las menos saturadas D2, D3 y J y las más B, Dr1, Dr2, F y G. La tendencia general es de perder saturación conforme aumenta la temperatura de cocción, saliéndose de esta pauta una vez más G.

CONCLUSIONES

El color de la terracota depende tanto de la composición química y mineralógica de la arcilla de origen como de la temperatura de cocción y atmósfera del horno, así como, en cierto grado, el nivel de reactividad de la terracota a estos factores por otras causas como la granulometría. En general, lo que más influye en el color es la proporción de carbonatos y óxidos/hidróxidos de hierro, que le aportan respectivamente una tonalidad amarillenta-blanquecina o

roja. Esto se debe a que los carbonatos promueven la formación de silicatos cálcicos como la gehlenita, quedando el hierro atrapado en la estructura de estos nuevos minerales¹⁶⁶, lo cual impide que cristalice la hematites, el mineral que confiere la típica pigmentación roja a las piezas.

Observando las probetas crudas y cocidas, es evidente que, una vez cocidas, todas ellas evolucionan hacia colores rojos y amarillos, saliéndose de esta pauta solamente F. También se dan diferencias cromáticas importantes entre las tres temperaturas de cocción, siendo G la muestra que se distingue más por su saturación y viveza de color, y F precisamente por lo contrario, al mostrar un color más agrisado que las demás probetas. El descenso general de a^* y b^* se debe a la escasa cristalización del hierro presente en la matriz y en los filosilicatos en hematites¹⁶⁷.

La tendencia general es un oscurecimiento progresivo según aumenta la cantidad de fundido (cosa que sucede en Dr1 y Dr2), o que aumente progresivamente la luminosidad debido a la cantidad de carbonatos presentes en la materia prima (D1, G, M1, M2). Del mismo modo, respecto a la tonalidad, la influencia de los carbonatos es clara en el progresivo agrisado de las probetas conforme aumenta la temperatura de cocción; adquiriendo valores de rojo más intensos a mayor temperatura solamente en G, debido a su composición.

¹⁶⁶ KREIMEYER (1987), MANIATIS et alii (1981), KLAARENBEK (1961)

¹⁶⁷ ídem

Los yacimientos más homogéneos en color son D1, D2, F y V, siendo F el que prácticamente no varía de color, y B, J, M1 y M2 los que más diferencias presentan, principalmente M1.

Los valores de desviación estándar (tablas 24 y 25) más altos corresponden generalmente a la luminosidad (L^*) y el croma (C^*). Esto puede deberse a la presencia de pequeñas imperfecciones en la superficie de las muestras como moteados o irregularidades texturales.

C.1.7. Discusión global de resultados

Para finalizar el Capítulo 1 de esta Tesis Doctoral, he querido hacer una discusión global de los resultados obtenidos en dos aspectos: en primer lugar, los resultados obtenidos con la localización y el análisis de los yacimientos de la provincia de Granada, en segundo lugar respecto a la aplicabilidad y funcionalidad del protocolo de estudio probado en ellos.

C.1.7.1. Yacimientos de tierras arcillosas granadinos

Gracias a la revisión bibliográfica y a las fuentes escritas se han podido localizar una gran cantidad de los yacimientos de tierras arcillosas de la provincia de Granada que pudieron ser utilizados para la elaboración de escultura en terracota, si bien el desuso en el que han caído muchos de ellos (Fargue, Beiro ...) y el cambio de ubicación de los actuales centros de extracción respecto al pasado (Víznar, Jun...) han hecho difícil (que no imposible) poder localizar el material de origen real.

Por otro lado, la comparativa con otros yacimientos granadinos que se usaron para fines constructivos (Diezma, Monachil) ha servido para proponer un mapa completo de las materias arcillosas de la provincia y comprobar las diferencias sustanciales entre unos y otros.

De forma más concreta, el estudio de los yacimientos granadinos ha dejado patente la naturaleza calcárea de las arcillas extraídas, identificada por XRD y XRF en el análisis de la arcilla cruda, y la variabilidad en la naturaleza de la fracción arcilla entre unos yacimientos y otros.

También se encuentra esta variedad en las propiedades físicas de las arcillas, tales como la necesidad de agua de amasado o los procesos de pérdida de peso y contracción por secado y cocción, datos que han permitido clasificar el material de base por su propio comportamiento tecnológico, y documentar las alteraciones que se pueden provocar en las fases tempranas de la vida de un material construido, enlazando estas alteraciones directamente con sus causas.

A priori, los principales problemas, posiblemente expresados a lo largo de la vida de las piezas construidas con arcillas granadinas, serán la existencia de caliches por la elevada cantidad de carbonatos en todas ellas; posibles problemas de durabilidad del soporte, si éste ha sido cocido a bajas temperaturas, debido a la abundante presencia en todos ellos de arcillas hinchables (exceptuando Guadix), y la aparición de fisuras y grietas por contracción en aquellas terracotas elaboradas con arcillas, como es el caso de Diezma.

Esta caracterización de la materia cruda nos informa de ciertos elementos que pueden ser marcadores del origen del material arcilloso, como el contenido de yeso en Jun y Monachil 2, de Sr en Jun, V en Monachil 1, Ni en Diezma roja 1 y 2, o la existencia de paligorskita solamente en Beiro, o de clorita hinchable en Beiro y Diezma.

El estudio de las terracotas elaboradas procedentes de estos yacimientos también ha sido revelador, pudiendo componer una base de datos completa sobre los comportamientos y las

propiedades físicas y la composición mineralógica del rango de temperatura más habitual en el que se cocían las esculturas en terracota. Esta gama de patrones de terracota sirve como elemento de comparación para la identificación de las posteriores esculturas, en las que será más fácil reconocer grados de cocción, niveles de vitrificación y transformación de fases minerales.

Éste es el caso, principalmente, de la observación por POM y HRSEM-EDX, que han permitido documentar la evolución material de las terracotas a las distintas temperaturas de cocción, la mayor o menor reactividad de la arcilla al calor, dependiendo principalmente de la granulometría y en los casos de Diezma roja de la composición. También mediante EDX se han identificado otras fases minerales que pueden servir de elemento marcador de ciertos yacimientos y que no habían sido apreciados por XRD, completando los datos obtenidos; es el caso de la identificación de ilmenita como mena metálica principal y más abundante en Diezma y Monachil 1.

La caracterización del sistema poroso mediante HT y MIP ha servido también para establecer indirectamente la durabilidad de las terracotas resultantes de los distintos yacimientos, estableciendo una relación directa entre los grados de vitrificación observados por POM y HRSEM-EDX con el comportamiento que tendrán éstas respecto a los fluidos.

En cuanto a la medición del color por SPF, se ha conseguido, igualmente, una base de datos sobre los colores de las terracotas de estos yacimientos, con la conclusión general de que los colores

más claros suelen corresponderse con las temperaturas de cocción más elevadas en los tipos de terracotas más calcáreas.

Igualmente, la prueba del protocolo de estudio de terracotas en las probetas nos ha servido ampliamente para ajustar los métodos de aplicación de las técnicas analíticas, y ajustar al máximo la cantidad de muestra precisada por cada una de ellas.

C.1.7.2. Protocolo de estudio

Tras haber aplicado el protocolo de estudio sobre las probetas, se puede concluir que con una escasa cantidad de muestra, reutilizable en muchos de los análisis, se puede obtener una información fidedigna sobre las propiedades de la pieza en terracota, con un nivel de fiabilidad muy elevado.

Lo importante de este protocolo es lo completa que es la información que aporta, y principalmente la complementación de los datos extraídos de unos y otros métodos de análisis, para evitar que la parcialidad del conocimiento de una pieza nos lleve a conclusiones erróneas. Se ha de tener en cuenta que en esta primera parte se conocían de antemano los procesos de elaboración de las probetas, su material de origen y los problemas que habían surgido durante la elaboración de las mismas, pero cuando este protocolo sea aplicado a una obra real, desconoceremos todos esos parámetros y deberemos deducirlos de los resultados de las técnicas de análisis, por lo que tener una visión completa nos ayudará a no errar en las conclusiones al respecto.

Las ligeras modificaciones aplicadas a los métodos de ensayos hídricos y de porosimetría han ayudado a afinar la metodología definitiva a aplicar en la terracota, y del mismo modo, la prueba previa de todo el protocolo en las probetas ha ayudado a reducir al máximo el tamaño de muestra necesario y a organizar la aplicación de las analíticas de forma correcta para aprovechar al máximo la muestra extraída.

Éste es uno de los puntos principales, teniendo en cuenta que cuando tratamos con obras de arte real la pérdida de un fragmento es de vital importancia. Es por esto que se ha establecido el orden de aplicación idóneo para la extracción de muestra y aplicación de las técnicas analíticas sobre la pieza:

Tabla 26. APLICACIÓN DEL PROTOCOLO				
MUESTRA	Orden de aplicación	TÉCNICA DE ANÁLISIS	PESO/SUPERFICIE	USABILIDAD DE LA MUESTRA
Superficie de la pieza	1	UWP	1,2 cm	NO DESTRUCTIVA
	2	SPF	2 mm	NO DESTRUCTIVA
Fragmento	3	HT	1,5 g	REUTILIZABLE EN 4, 5 Y 6
	4	MIP	0,9 g	DESTRUCTIVA
Polvo	5	XRD	0,6 g	REUTILIZABLE EN 6
	6	XRF	6 g (5,4 g +0,6 g de 3)	DESTRUCTIVA
Fragmento	7	POM	2 mm ²	REUTILIZABLE EN 7
	8	SEM-EDX		DESTRUCTIVA
TOTAL DE MUESTRA DESTRUIDA			7,5 g	

*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre probetas*

Con estas premisas marcadas, contando con material de comparación previo válido y con el protocolo de estudio bien definido, procederemos al Capítulo 2, de aplicación del mismo sobre obra de arte real.

C.2. Estudios del protocolo de actuación sobre obra real.

Finalizada la selección de las analíticas, y comprobada su aplicación sobre el material nuevo extraído de los yacimientos de Granada, es necesario aplicarla sobre una muestra suficientemente amplia y representativa de escultura en terracota.

Para ello, en primer lugar se ha realizado la búsqueda de obra original, comprobando la disponibilidad de ésta (que en principio parece ser escasa), y la posibilidad de realizar sobre ella las analíticas necesarias. Para no dispersar demasiado el trabajo, y siempre teniendo en cuenta que se debe disponer de un número mínimo de piezas que haga la comprobación del protocolo fiable, se ha establecido un primer rango de búsqueda razonado, relativo a autores, épocas y geografía; siempre teniendo en cuenta que se seleccionarán aquellas obras que nos permitan tener acceso a sus posibles yacimientos de arcilla de origen, y que la "diversidad" de obra sea suficiente como para poder establecer comparativas y contrastar resultados. Es por esto que en principio se comenzó por buscar esculturas oriundas de Granada capital (más accesibles para mí) y de época preindustrial (donde se utilizaban casi siempre materias primas locales), añadiendo un cierto número de obras externas para poder establecer parámetros comparativos.

Teniendo en cuenta la cantidad de obra real que se va a tratar en adelante, que además se verá complementada por la extracción razonada de muestras y la aplicación de análisis a las mismas, la información extraída de todo el proceso de investigación ha sido abundante y de muy diversa tipología, por lo que en este punto se

ha hecho necesario elaborar un sistema de clasificación de la información eficiente que permita un almacenaje práctico y una posterior consulta rápida y directa; en definitiva, una base de datos que se ha ido desarrollando tanto en diseño como en cobertura hasta concretarse en el aspecto definitivo que se muestra en el presente capítulo.

Considerando que este sistema de fichas aporta de forma directa y rápida toda la información necesaria sobre las piezas, se ha decidido presentarla con este mismo formato en la Tesis Doctoral, aportando una eficiencia mayor.

C.2.1. Localización de la obra.

Se han seleccionado cuatro tipologías concretas de obras que cubran las necesidades de esta Tesis Doctoral, atendiendo a los requisitos anteriormente especificados, y de igual modo se han clasificado de ahora en adelante.

En primer lugar, se han seleccionado obras de reconocida autoría de artistas granadinos de primera fila entre los siglos XVII-XIX, de los cuales se conoce la ubicación de sus lugares de trabajo. En segundo lugar se han escogido obras de talleres barristas granadinos de estos mismos siglos, lo cual nos asegura un uso local de la materia prima. Por último, se han seleccionado una serie de piezas de centros de trabajo externos a Granada, también subdividida en obra de escultor o de talleres, que permitan una

comparativa con los resultados obtenidos de los yacimientos e incluso de la forma de trabajo granadina.

La mayor cantidad de las piezas restauradas y estudiadas son propiedad del Monasterio-Museo de la Concepción, Granada. De esta institución han sido restauradas gracias al Proyecto Terránica más de 300 esculturas en terracota policromada de diferente tipología, estilos y épocas. Se trata de piezas realizadas entre los siglos XVII al XX de distintos estilos y autores; entre ellas se encuentran piezas de gran valor histórico-artístico de la escuela granadina, algunas realizadas por reconocidos barristas granadinos del siglo XIX y otras por talleres anónimos. Poseen, por tanto, un gran interés no sólo artístico (en el caso de obras de escultores de primera fila), sino también costumbrista, iconográfico y devocional. Especialmente interesante en estos tres últimos aspectos es el conjunto de las ocho escenas de la *Vida de la Virgen*, ss. XVIII-XIX, con más de ochenta piezas de calidad técnica y estilo, orientado a una procedencia latinoamericana. Otro ejemplo es el *Belén*, en el que predominan piezas de estilo siciliano. Igualmente necesario es destacar la representación de los *Siete Sacramentos*, próxima a un estilo goyesco por el diseño de sus vestiduras. De las obras aisladas subrayar el grupo escultórico de *Santa Ana enseñando a leer a la Virgen*, la *Huida a Egipto*, varias representaciones de la Virgen típicamente de Escuela Granadina, como la iconografía de la Inmaculada y la Virgen de las Angustias, algunas figuras de Cristo, Santos, Ángeles y Arcángeles¹⁶⁸, y de éstos últimos, especialmente la

¹⁶⁸ BERMÚDEZ et alii 2010

figura de *San Miguel Arcángel* sellado por el taller Sotomayor, del cual no se tienen noticias bibliográficas.

Para esta Tesis Doctoral se han seleccionado aquellas obras que cumplen los requisitos establecidos por la línea de investigación, es decir, la obra de escultor granadino BNJ y las obras de taller BHE, BN, BS e ISM.

La obra escultórica BNJ se trata de un *Niño Jesús Dormido*, pieza única que no forma parte de ningún conjunto. Del mismo modo, encontramos la pieza ISM como escultura aislada de *San Miguel Arcángel con del demonio a los pies*, sellada en su interior con el sello del taller Sotomayor, sobre el cual no se han encontrado referencias.

Por otro lado, las siglas BHE, BN y BS corresponden a grupos escultóricos diferentes. BN es un conjunto del *Nacimiento de Jesús* que consta de seis piezas: BN1- Virgen María, BN2- San José, BN3- Niño Jesús, BN4- Ángel Anunciador, BN5- Mula, BN6- Buey. De estas piezas, se extrajo muestra para analizar a BN1 y BN2, que además de ser representativas del conjunto mostraban diferencias en el estado de conservación. Es por esto que sólo se recogen en este apartado estas dos fichas de catalogación.

El conjunto BHE corresponde a la iconografía de la *Huída a Egipto*, en un pequeño conjunto con tres piezas: BHE1- Virgen con el Niño montada en la mula, BHE2- San José, BHE3- Ángel que guía el camino. De este grupo se extrajeron muestras de BHE1 en varios puntos, ya que la base, también de terracota, se encontraba muy deteriorada, que se refleja la ficha de catalogación de esta pieza.

Por último, BS es un amplio conjunto escultórico que representa los *Siete Sacramentos* en ocho escenas diferentes (Virgen Inmaculada como dogma de Fe, Bautismo, Confirmación, Penitencia, Comunión, Unción de enfermos, Ordenación Sacerdotal y Matrimonio) además de un círculo de Ángeles Músicos y otro de Apóstoles, conformando todo este grupo iconográfico la decoración de unas andas procesionales. Este gran conjunto contiene un total de 61 esculturas en terracota, además de sus correspondientes escenografías, que fueron catalogadas y restauradas en su totalidad. Para no sobrecargar el presente trabajo, y teniendo en cuenta que se aborda en esta Tesis Doctoral solamente la aplicación del protocolo de estudios en terracota, se presentan las fichas de catalogación de aquellas piezas de las que se han extraído muestras, y cuyos resultados se expresan en el Capítulo 2.

El Convento de la Encarnación, de las Madres Carmelitas de la Antigua Observancia de Granada, contiene también una gran variedad de esculturas en terracota policromada, tanto de artistas de primera fila como pequeñas representaciones populares de temas tan granadinos como la representación de la *Virgen del Triunfo* que Alonso de Mena construyera en los jardines del Triunfo. Entre sus piezas se ha tenido acceso un *Ecce-Homo* (CAM-EH), obra de los Hermanos García. Estos escultores, de primera fila en el siglo XVII granadino, poseen un estilo y una calidad únicos en la elaboración de terracota policromada, claramente reconocible. También se ha estudiado e intervenido la obra *Virgen entregando el*

escapulario a *San Simón Stock*, atribuida a Diego de Mora por su calidad artística, su estilo técnico y estético¹⁶⁹. Con estas obras, se ha tenido acceso privilegiado a dos muestras de arte de primera fila de la Escuela Granadina. También han sido estudiadas una escultura de pequeño formato y sellada de *San Sebastián*, elaborada como regalo a una moyordomía según reza su sello, y una escultura de *San Alberto* cuidadosamente elaborado, y de autor desconocido. Como en los casos anteriores, al haberse expresado en el Capítulo 2 los resultados de las piezas CAM-EH y CAM-VS, se han reflejado en las fichas solamente estas dos piezas.

La Iglesia Parroquial de Nuestra Señora de la Asunción de La Zubia (Granada) ha permitido el acceso y estudio de tres piezas en terracota, en concreto un grupo de *Ánimas del Purgatorio* (ZAF-Ánima Femenina y ZAM-Ánima Masculina) y un *Ecce-Homo* (ZEH). El conjunto de *Ánimas del Purgatorio* se puede considerar una muestra de arte popular de finales del siglo XIX, si bien la calidad artística de ZEH es mucho mayor, apuntando a un artista local, aunque desconocemos su identidad.

El Museo de San Juan de la Cruz de Úbeda, propiedad de los Padres Carmelitas Descalzos, atesora en su interior la pieza *Cristo Caído* (MUC) de José de Mora, que supone un exponente del arte en barro de uno de los principales escultores de la Granada del siglo XVIII, además de la gran obra *San José con el Niño*, atribuida a Duque-Cornejo (MUSJ), obra de uno de los grandes escultores

¹⁶⁹ BERMÚDEZ et alii 2014

sevillanos de esta misma época¹⁷⁰. Esta dualidad nos ha permitido el estudio de una de las piezas elaboradas fuera de la provincia, en concreto Sevilla, lo que supone el primer punto de comparación entre obras granadinas y externas.

El relieve en terracota policromado titulado *Muerte de Manolete* (JM) es obra de un conocido artista del siglo XX, Francisco Baños Martos (1928-2006)¹⁷¹, que elaboró este monumental relieve mural en 1955-56 para el Teatro Olimpia de la ciudad de Linares (Jaén), y que apunta al uso de materias locales para la elaboración de una pieza de gran envergadura que precisaba una gran cantidad de materia prima y de la cual tenemos la información de primera mano, en su día del propio autor y en la actualidad de su viuda, Dña. Emilia Marín Poveda, que además acompañó en múltiples ocasiones al artista y tuvo cierta colaboración en la creación de esta pieza monumental .

La Ermita de Belén de Priego de Córdoba ha permitido el estudio y restauración de las piezas *Virgen Inmaculada* (PdC1) y *San José con el Niño* (PdC2), reproducciones en barro de dos esculturas de José Risueño ubicadas en la Iglesia de San Francisco, también en Priego de Córdoba. Su factura y estilo, cuidado y minucioso, indican que o bien fueron los bocetos preliminares para estas esculturas en madera, o bien son copias posteriores para la citada Ermita. Sea cual sea el caso, se han incluido en el apartado de escultores externos a la provincia de Granada por su elevada calidad, constituyendo otra muestra, si bien anónima, de escultura de artista

¹⁷⁰ Ídem

¹⁷¹ RUEDA QUERO et alii (2009)

y, en este caso, de otra provincia distinta por lo que podemos tener diferentes materiales de contraste por distintas localizaciones geográficas.

Gracias a propietarios particulares se ha podido acceder a dos belenes completos de Madrid y Jaén, que nuevo nos aportan dos muestras de arte del barro externas a la provincia de Granada con las que realizar las comparativas. De la fábrica del barrista Ortigas en Madrid, claro exponente del arte popular del siglo XIX, viene el conjunto belenista denominado *Belén Ortigas* (BO), que consta de 31 piezas todas ellas conveniente catalogadas y restauradas. De todas se extrajeron muestras, y se realizaron estudios científicos a las piezas *Virgen María* (BO 26) y *Pastor de pie* (BO 4).

El belén elaborado por un taller anónimo en la provincia de Jaén (JN), es igualmente representativo del arte popular. Si bien no se tiene constancia del taller que elaboró estas piezas, sí se sabe por testimonio del propietario que fue comprado en un taller local a finales del siglo XIX o principios del siglo XX. Este belén, constituido por 38 piezas, contiene figuras de diferente envergadura, por lo que se muestrearon dos piezas de características estilísticas y calidad artística diferente, un *gallo* de la escenografía (JN 5) y la *Virgen María del Pesebre* (JN 1).

C.2.1.2. Registro de las obras

El registro de las piezas se ha llevado a cabo en un sistema de fichas estándar, que para el presente trabajo de investigación se ha subdividido en los cuatro bloques antes mencionados, referentes a obra artística granadina, obra de taller artesanal granadino, y piezas externas de comparación también de artistas y de talleres barristas.

Antes de proceder a presentar el registro de las obras de arte, su estado de conservación y las muestras extraídas y analíticas realizadas a cada una de ellas, sería necesario comentar que sólo se han incluido en la presente Tesis Doctoral aquellas fichas referentes a las analíticas utilizadas para ilustrar la fiabilidad del protocolo de estudio para escultura en terracota. No obstante, han sido catalogadas del mismo modo toda la serie de muestras que se referencian en el estudio estadístico del apartado D. Conclusiones.

El modelo de ficha utilizado para la catalogación contiene una serie de apartados imprescindibles que es preciso conocer de las obras tales como el área de tipología, modalidad de la escultura, autoría, denominación o título, cronología, tema o motivo, estilo o tendencia, procedimiento, localización, estatus jurídico o de propiedad, registro, documentación e imágenes¹⁷².

¹⁷² ARENILLAS y MARTÍNEZ (2014)

C.2.1.2.1. Artistas granadinos

FICHA TÉCNICA		Referencia:	BN1/1
Referencia	BN1/1	Nº Registro/Inventario:	--
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Virgen María arrodillada		
Conjunto/Escena:	Nacimiento (Misterio)		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barros/Monasterio de la Concepción/Granada		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas		
Autor/Estilo/Escuela:	Desconocido/neoclásico/escuela granadina		
Cronología:	siglo XIX		
Medidas:	19x13,5x13 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---		
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo de terracota, ahuecada		
Técnica/Material policromía:	Policromada al temple, decoración floral estofada en el velo, esgrafiado en el vestido, dorado al agua		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Virgen vestida con velo blanco, vestido rosa y manto azul, arrodillada en gesto reverente, con la cabeza girada hacia la derecha, mano derecha en el pecho y mano izquierda extendida		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011), BERMÚDEZ et alii (2011)		
Ficha cumplimentada por:	Ana Isabel Santos Pérez/Lucía Rueda Quero/Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	4/6/10

FICHA TÉCNICA

Referencia: **BN1/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia:	BN2/1
Referencia	BN2/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	San José arrodillado		
Conjunto/Escena:	Nacimiento (Misterio)		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barro/Monasterio de la Concepción/Granada		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas		
Autor/Estilo/Escuela:	Desconocido/neoclásico/escuela granadina		
Cronología:	siglo XIX		
Medidas:	21x10,5x17 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	----		
Técnica/Material soporte:	Escultura de bulto redondo en terracota policromada, hueca		
Técnica/Material policromía:	Policromada al temple, decoración floral estofada en el vestido, dorado al agua		
Tema/Motivo/ Iconografía:	San José vestido con túnica azul y manto rojo, arrodillado sobre la rodilla izquierda, con gesto reverente, con la cabeza girada hacia la izquierda, la mano izquierda sobre el pecho y la derecha extendida, sosteniendo la vara (desaparecida)		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011) , BERMÚDEZ et alii (2011)		
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	4/6/10

FICHA TÉCNICA

Referencia:

BN2/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: BNJ/1		
Referencia	BNJ/1	Nº Registro/Inventario:	---	
Tipología:	Escultura en terracota, sin policromar			
Denominación:	Niño Jesús Dormido			
Conjunto/Escena:	--			
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barros/Monasterio de la Concepción/Granada			
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas			
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/neoclásico/escuela granadina			
Cronología:	s. XIX-XX			
Medidas:	29x21x17 cm cm			
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---			
Técnica/Material soporte:	escultura de bulto redondo en terracota, ahuecada			
Técnica/Material policromía:	No presenta			
Tema/Motivo/ Iconografía:	Niño Jesús dormido sobre una tela, en un lecho de rocalla, con la mano izquierda sobre el corazón			
Observaciones:	---			
Estado de conservación:	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Malo	<input type="checkbox"/> Muy malo
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa	<input checked="" type="checkbox"/> No urge	<input type="checkbox"/> Urgente	<input type="checkbox"/> Muy urgente
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011) , BERMÚDEZ et alii (2011)			
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	7/6/10	

FICHA TÉCNICA

Referencia: **BNJ/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: CAM-EH/1
Referencia	CAM-EH/1	Nº Registro/Inventario: --
Tipología:	Altorrelieve en terracota policromada al seco	
Denominación:	Ecce-Homo	
Conjunto/Escena:	--	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Capilla/ Monasterio de la Encarnación./Granada	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Carmelitas de la Antigua Observancia	
Autor/Estilo/Escuela:	Hermanos García/manierismo idealizante /escuela granadina	
Cronología:	s.XVI-XVII	
Medidas:	35x35x11 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	altorrelieve en terracota, ahuecado, de grosor de paredes de ~3 cm, espigas de madera	
Técnica/Material policromía:	Óleo mate en las carnaciones y cabello, y brillante en el manto	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Busto de Cristo, con la cabeza inclinada a la izquierda y las manos cruzadas sobre el pecho. Coronado de espigas, vestido con manto rojo y las manos atadas con una cuerda gruesa. Presenta marcas de flagelación y bofetada en la mejilla derecha. La mano derecha sostiene una caña (desaparecida)	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ et alii (2015) , BERMÚDEZ et alii (2011)	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 28/4/14

FICHA TÉCNICA

Referencia: CAM-EH/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: CAM-VS 1/1		
Referencia	CAM-VS 1/1	Nº Registro/Inventario:	---	
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco			
Denominación:	Virgen del Carmen			
Conjunto/Escena:	Virgen del Carmen entregando el escapulario a San Simón Stock			
Sala/Ubicación/ Localidad:	Capilla/ Monasterio de la Encarnación./Granada			
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Carmelitas de la Antigua Observancia			
Autor/Estilo/Escuela:	Diego de Mora /barroco/escuela granadina			
Cronología:	1658-1728			
Medidas:	23,5x16x12 cm			
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"H. Peregrin. Escultor Abderram 8" en la peana de madera, no original			
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota de grosor de paredes de ~1,2 cm, con el hábito hecho con telas encoladas. Corona de metal. Peana de madera (no original). Unión entre escultura y peana con escayola.			
Técnica/Material policromía:	Óleo en las carnaciones y temple en las vestiduras, dorado al agua y esgrafiado en los hábitos, plateado al agua y esgrafiado en la nube.			
Tema/Motivo/ Iconografía:	Virgen María, vestida con hábito carmelita, sentada sobre una nube azul, toma con ambas manos el escapulario del hábito que extiende hacia San Simón, al que observa con la cabeza ligeramente agachada			
Observaciones:				
Estado de conservación:	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo			
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente			
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ et alii (2015)			
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	13/5/14	

FICHA TÉCNICA

Referencia: CAM-VS 1/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: CAM-VS 2/1
Referencia	CAM-VS 2/1	Nº Registro/Inventario: <input type="text"/>
Tipología:	Escultura terracota policromada al seco	
Denominación:	San Simón Stock	
Conjunto/Escena:	Virgen entregando el escapulario a San Simón Stock	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Capilla/ Monasterio de la Encarnación./Granada	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Carmelitas de la Antigua Observancia	
Autor/Estilo/Escuela:	Diego de Mora/barroco/escuela granadina	
Cronología:	1658-1728	
Medidas:	15x15x12 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"H. Peregrin. Escultor Abderram 8" en la peana de madera, no original	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, con el hábito hecho con telas encoladas. Peana de madera (no original).	
Técnica/Material policromía:	Óleo en las carnaciones y temple en las vestiduras, dorado al agua y esgrafiado en los hábitos.	
Tema/Motivo/ Iconografía:	San Simón Stock vestido con hábito carmelita, arrodillado, con las manos elevadas hacia el cielo y la cabeza elevada, mirando a la Virgen María	
Observaciones:	La peana de madera no es original, es posterior, por lo que la unión hecha con escayola tampoco debe serlo. La inscripción de la peana corresponde, seguramente, al escultor que realizó el arreglo de las piezas.	
Estado de conservación:	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ et alii (2015)	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 23/5/14

FICHA TÉCNICA

Referencia: CAM-VS 2/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: MUC/1
Referencia	MUC/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Cristo Caído	
Conjunto/Escena:	--	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Museo/Convento San Juan de la Cruz/ Úbeda (Jaén)	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de los Padres Carmelitas Descalzos	
Autor/Estilo/Escuela:	José de Mora/realismo/escuela granadina	
Cronología:	1642-1724	
Medidas:	23x30x18,5 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, ahuecada. La Cruz y la mano izquierda son de madera, las potencias son de plata. La peana, dividida en dos alturas, es de ladrillo y de madera. La escultura está adherida al ladrillo con escayola. La Cruz está unida a la escultura con un perno metálico	
Técnica/Material policromía:	Óleo en carnaciones, posible temple a la cola en la túnica, cabello aglutinado con resina. Presenta barniz natural de colofonia y aceite. Dorado al agua en los bordes de la túnica	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Cristo caído, con la Cruz sobre el hombro izquierdo, sosteniéndola con esa mano. Se apoya con la mano derecha en una roca redonda, en posición de levantarse. Su cabeza está ladeada hacia la derecha, con la mirada baja.	
Observaciones:	La peana, de ladrillo refractario sobre otra peana de madera, no es original. La escultura se encuentra repolicromada.	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	Hoja de sala editada por la Fundación Caja Rural de Jaén con motivo de la presentación de su restauración, URI: http://hdl.handle.net/10481/35389 BERMÚDEZ et alii (2015)	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 13/10/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: MUC/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: ZEH/1
Referencia	ZEH/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Ecce-Homo	
Conjunto/Escena:	--	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sacristía/Iglesia de La Anunciación/ La Zubia (Granada)	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad del Obispado de Granada	
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/neobarroco/escuela granadina	
Cronología:	finales del siglo XVIII-principios del XIX	
Medidas:	30x50x20 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, ahuecada, con ojos de cristal pintados por la parte interna, y espinas de la corona de madera. Peana de madera	
Técnica/Material policromía:	Óleo	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Busto de Cristo, coronado de espinas y vestido con un manto olor púrpura, atado con una cuerda sobre el hombro izquierdo. Inclina la cabeza hacia la izquierda.	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	---	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 15/2/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: ZEH/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



C.2.1.2.2. Talleres barristas granadinos

FICHA TÉCNICA		Referencia: BHE 1/1
Referencia	BHE 1/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Virgen con el Niño en brazos, sentada en la burra	
Conjunto/Escena:	Huída a Egipto	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barros/Monasterio de la Concepción/Granada	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas	
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina	
Cronología:	s. XIX	
Medidas:	10x10x2,5 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, maciza, con coronas metálicas y anilla metálica para la unión de las bridas a la burra. Unión de las orejas a la cabeza de la burra por machihembrado.	
Técnica/Material policromía:	Temple a la cola, decoraciones de purpurina en los ropajes	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Escultura de cuerpo entero de la Virgen, de vestido blanco, velo blanco y manto azul, sosteniendo en su brazo izquierdo al Niño, con túnica azul, sentada de amazona sobre una burra gris. Esta pieza va unida a la base de terracota.	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input checked="" type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011) , BERMÚDEZ et alii (2011)	
Ficha cumplimentada por:	Ana Isabel Santos Pérez/ Lucía Rueda Quero/ Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 7/6/10



FICHA TÉCNICA

Referencia: BHE 1/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: BHE A/1
Referencia	BHE A/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Ángel Guía	
Conjunto/Escena:	Huída a Egipto	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barroos/Monasterio de la Concepción/Granada	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas	
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina	
Cronología:	s. XIX	
Medidas:	7,5x5x6,5 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, maciza, perno metálico en las alas y en la unión de los pies a la peana.	
Técnica/Material policromía:	Temple a la cola, decoraciones de purpurina en los ropajes y alas	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Escultura de cuerpo de un Ángel, que camina delante de la Virgen y San José llevando las riendas de la burra donde se sienta la Virgen con el Niño en brazos.	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input checked="" type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011), BERMÚDEZ et alii (2011)	
Ficha cumplimentada por:	Ana Isabel Pérez Santos/ Lucía Rueda Quero/ Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 7/6/10

FICHA TÉCNICA

Referencia: BHE A/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: BS1.1/1
Referencia	BS1.1/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Virgen Inmaculada sostenida por ángeles	
Conjunto/Escena:	Los siete Sacramentos/Escena frontal	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barro/Monasterio de la Concepción/Granada	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas	
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina	
Cronología:	s. XVIII	
Medidas:	12x3,5x3 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, maciza, con corona metálica y pernos metálicos en el interior de la luna.	
Técnica/Material policromía:	Temple al huevo y dorado al agua en el vestido, el manto, la peana y la luna por la parte posterior	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Virgen Inmaculada con vestido blanco y manto azul, con corona real, sostenida en una nube por dos ángeles, con la luna bajo los pies y todo el conjunto sobre una simulada peana barroca.	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input checked="" type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input checked="" type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011), BERMÚDEZ et alii (2011)	
Ficha cumplimentada por:	Ana Isabel Pérez Santos/ Lucía Rueda Quero Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 7/6/10

FICHA TÉCNICA

Referencia: **BS1.1/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia:	BS 2.3/1
Referencia	BS 2.3/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Mujer penitente		
Conjunto/Escena:	Los siete Sacramentos/La Confirmación		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barro/Monasterio de la Concepción/Granada		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas		
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina		
Cronología:	s. XVIII		
Medidas:	4x2x3 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---		
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, maciza, con perno de unión a la peana metálico		
Técnica/Material policromía:	Temple al huevo y purpurina en virutas		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Mujer con velo blanco en la cabeza, blusa naranja y falda negra, arrodillada en el confesionario con las manos juntas frente al pecho.		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ y RUEDA (2011), BERMÚDEZ et alii (2011)		
Ficha cumplimentada por:	Ana Isabel Pérez Santos/ Lucía Rueda Quero/ Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	7/6/10

FICHA TÉCNICA

Referencia: **BS 2.3/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia:	BS8.1/1
Referencia	BS8.1/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Sacerdote		
Conjunto/Escena:	Los siete Sacramentos/El Matrimonio		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sala de los barros/Monasterio de la Concepción/Granada		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas		
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina		
Cronología:	s. XVIII		
Medidas:	4x2x3 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---		
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, maciza, con perno metálico de unión a la peana		
Técnica/Material policromía:	Temple al huevo		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Sacerdote uniendoa una pareja en matrimonio, bendiciendo con la mano derecha y con una Biblia en la mano izquierda		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	---		
Ficha cumplimentada por:	Irene Calabria Salvador/ Lucía Rueda Quero/ Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	8/6/10

FICHA TÉCNICA

Referencia: BS8.1/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia:	ISM/1
Referencia	ISM/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	San Miguel Arcángel y el demonio		
Conjunto/Escena:	---		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Iglesia/Monasterio de la Concepción/Granada		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad de las Madres Clarisas		
Autor/Estilo/Escuela:	Taller Sotomayor/arte popular/escuela granadina		
Cronología:	s. XIX		
Medidas:	45x20x20 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"Q y D" escrito a punta de pincel en el escudo. "Soto Mayor" con la figura de una granada en sello impreso en el interior de la peana		
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, hueca, con pernos metálicos de unión para el adorno de plumas con el casco, en la unión de las alas al cuerpo de San Miguel y del demonio, en la unión del escudo al brazo izquierdo, y en la de los pies al demonio. Espiga de madera que une a San Miguel, el demonio y la peana.		
Técnica/Material policromía:	Temple a la cola en los ropajes y carnaciones, óleo en ropajes, peana y demonio, plateado al mixtión en las alas, y adhesión de virutas metálicas para la decoración en el casco, la armadura, el escudo y el faldón. Purpurina para decorar el vuelto de la caña de las botas, dorado al agua y esgrafiado en el faldón.		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Arcángel San Miguel, sosteniendo en alto una espada, desaparecida, con el brazo derecho, en alto, y un escudo en la mano izquierda, se sostiene de pie sobre un demonio negro, que se asienta en una peana. El Arcángel está vestido con media armadura, faldón azul, camisola verde y un paño rojo		
Observaciones:	La pieza está repolicromada en las botas, el demonio, la peana, la camisola y el paño rojo. El adorno azul del casco contenía plumas naturales perdidas		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input checked="" type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	BERMUDEZ y RUEDA (2011), BERMÚDEZ et alii (2011)		
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	26/5/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: ISM/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: ZAF/1
Referencia	ZAF/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Ánima Femenina	
Conjunto/Escena:	Ánimas del Purgatorio	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sacristía/Iglesia de Nuestra Señora de La Asunción/La Zubia (Granada)	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad del Arzobispado de Granada	
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina	
Cronología:	s. XIX	
Medidas:	40x20x25 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"1849" tallado en la peana de madera	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, ahuecada. Peana de madera con un espigón también de madera para encajar la pieza. Tiene reparaciones en origen de escayola	
Técnica/Material policromía:	Óleo	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Figura femenina con los brazos cruzados sobre el pecho, la cabeza ligeramente elevada y girada a la izquierda mirando al cielo, con llamas hasta la cintura	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	---	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 4/2/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: ZAF/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



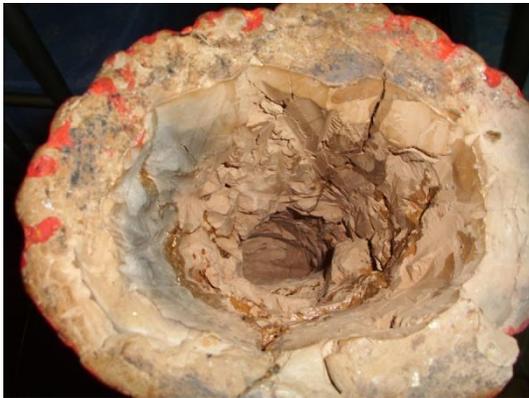
FICHA TÉCNICA		Referencia: ZAM/1
Referencia	ZAM/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	Ánima Masculina	
Conjunto/Escena:	Ánimas del Purgatorio	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Sacristía/Iglesia de La Asunción/La Zubia (Granada)	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad del Arzobispado de Granada	
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/arte popular/escuela granadina	
Cronología:	s. XIX	
Medidas:	43x20x23 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"1849" tallado en la peana de madera	
Técnica/Material soporte:	Escultura en bulto redondo en terracota, ahuecada. Peana de madera con un espigón también de madera para encajar la pieza. Tiene reparaciones en origen de cola natural	
Técnica/Material policromía:	Óleo	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Figura masculina con los brazos cruzados sobre el pecho, la cabeza ligeramente elevada y girada a la derecha mirando al cielo y gesto doliente, con llamas hasta la cintura	
Observaciones:	----	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	---	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 4/2/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: ZAM/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



C.2.1.2.3. Artistas externos

FICHA TÉCNICA		Referencia: JM/1
Referencia	JM/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Bajorrelieve en terracota policromado al seco	
Denominación:	La Caída de Manolete	
Conjunto/Escena:	---	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Almacenes/Ayuntamiento de Linares/ Linares (Jaén)	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad del Ayuntamiento de Linares. Donación	
Autor/Estilo/Escuela:	Francisco Baños Martos/cubismo figurativo/ contemporáneo	
Cronología:	1956	
Medidas:	Paño 1; 2,30x1,38m / Paño 2: 2,30x4,04m	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"Francisco Baños. 1956" en la esquina inferior derecha del paño 2, y piezas numeradas con números incisos	
Técnica/Material soporte:	Bajorrelieve en terracota, subdividido en 2 paneles, cada uno seccionado en piezas: el paño 1 está compuesto por 118 piezas, el paño 2 por 247 piezas, con un grosor medio de 1,20 cm	
Técnica/Material policromía:	Gouache, con un acabado o barniz a base de cera	
Tema/Motivo/ Iconografía:	Ambos paños representan la muerte del torero Manolete durante una corrida de toros. .Paño 1: sol en la zona superior derecha del paño, y Manolete, de perfil derecho y con la mano derecha en la ingle, tiene gesto de caer al suelo. Paño 2: el toro, en la zona izquierda, de perfil derecho, se aleja hacia el picador, mostrado de frente. Al fondo, dos manolas en las gradas.	
Observaciones:	Procedente del antiguo Teatro Olimpia de Linares, ya desaparecido, fue conservado, retirándolo del muro, para lo cual se pintaron números con acrílico para localización posterior de las piezas. Donado por las propietarias del teatro al Excmo. Ayto de Linares. En la actualidad restaurado y reubicado.	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	RUEDA QUERO (2009)	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 15/6/09

FICHA TÉCNICA

Referencia: **JM/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: MUSJ/1
Referencia	MUSJ/1	Nº Registro/Inventario: ---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco	
Denominación:	San José con el Niño	
Conjunto/Escena:	---	
Sala/Ubicación/ Localidad:	Museo/Convento de San Juan de la Cruz/ Úbeda (Jaén)	
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad los Padres Carmelitas Calzados	
Autor/Estilo/Escuela:	Pedro Duque Cornejo/barroco/ escuela sevillana	
Cronología:	1678-1757	
Medidas:	54x30x30 cm	
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---	
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, ahuecada, con peana de madera	
Técnica/Material policromía:	Óleo en carnaciones y temple en los ropajes. Dorado al agua en todo el ribeteado de la túnica y el manto de San José, los botones de la túnica y la manzana	
Tema/Motivo/ Iconografía:	San José, vestido con una túnica morada, manto marrón y botas, arrodillado sobre su rodilla derecha, apoya en su rodilla izquierda y sobre un paño blanco al Niño Jesús, que sostiene una manzana con la mano izquierda, la cual señala con la mano derecha	
Observaciones:	---	
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo	
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente	
Referencias bibliográficas:	BERMÚDEZ et alii (2015)	
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha: 13/10/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: MUSJ/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia:	PdC1/1
Referencia	PdC1/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Virgen Inmaculada		
Conjunto/Escena:	Sagrada Familia		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Ermita/Ermita de Belén/Priego de Córdoba (Córdoba)		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad del Obispado de Córdoba		
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/barroco/escuela granadina		
Cronología:	s. XVIII		
Medidas:	35x20x20 cm cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---		
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, ahuecada		
Técnica/Material policromía:	Óleo en carnaciones y ropajes, plateado al agua en el manto y la luna, lacado azul en el manto, dorado al agua en el vestido y la peana, picado de lustre en la peana		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Virgen Inmaculada apocalíptica: con vestido blanco y manto azul, las manos juntas, sobre una nube con 3 querubines, la luna bajo los pies, y sobre una peana en forma de carrete.		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input checked="" type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	---		
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	15/4/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: PdC1/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: Pd2/1		
Referencia	PdC2/1	Nº Registro/Inventario:	---	
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco			
Denominación:	San José con el Niño			
Conjunto/Escena:	Sagrada Familia			
Sala/Ubicación/ Localidad:	Ermita/Ermita de Belén/Priego de Córdoba (Córdoba)			
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad del Obispado de Córdoba			
Autor/Estilo/Escuela:	Anónimo/barroco/escuela granadina			
Cronología:	s. XVIII			
Medidas:	35x20x20 cm			
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---			
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, ahuecada. Tela encolada en el paño blanco bajo el Niño			
Técnica/Material policromía:	Óleo en carnaciones y ropajes, plateado al agua en el vuelto del manto y laca verde, dorado al agua en la túnica y la peana, picado de lustre en la peana			
Tema/Motivo/ Iconografía:	San José de pie, vestido con una túnica verde y manto rojo, sosteniendo al Niño en el brazo izquierdo, sobre un paño blanco con flores, con la mano derecha extendida para sujetar la vara florida, desaparecida.			
Observaciones:	---			
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno	<input type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Malo	<input type="checkbox"/> Muy malo
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa	<input type="checkbox"/> No urge	<input checked="" type="checkbox"/> Urgente	<input type="checkbox"/> Muy urgente
Referencias bibliográficas:	---			
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	15/4/11	

FICHA TÉCNICA

Referencia: PdC1/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



C.2.1.2.4. Talleres barristas externos

FICHA TÉCNICA		Referencia:	BO4/1	
Referencia	BO4/1	Nº Registro/Inventario:	---	
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco			
Denominación:	Pastor de pie			
Conjunto/Escena:	Belén/Anunciación de los pastores			
Sala/Ubicación/ Localidad:	Domicilio particular/Madrid			
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad particular			
Autor/Estilo/Escuela:	Taller Ortigas/arte popular/escuela madrileña			
Cronología:	s. XIX			
Medidas:	10,5x3x4 cm			
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"Ortigas 726'10" marca de sello con tinta tipográfica en la base de la pieza			
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, maciza, con bastón de madera y una placa de chapado de madera de 1 mm de grosor en la base de la pieza. La figura del pastor está adherida a la base con escayola			
Técnica/Material policromía:	Óleo			
Tema/Motivo/ Iconografía:	Pastor barbado, vestido con piel de borrego, paño rojo en la cabeza, manto verde y botas de caña baja marrEstá de pie, con las manos apoyadas en el bastón a la altura del pecho, la cabeza alzada en actitud de atender, seguramente al Ángel de la Anunciación a los Pastores			
Observaciones:	---			
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo			
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input checked="" type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente			
Referencias bibliográficas:	---			
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	26/7/13	

FICHA TÉCNICA

Referencia: **BO4/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: BO26/1	
Referencia	BO26/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Virgen arrodillada		
Conjunto/Escena:	Belén/Misterio		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Domicilio particular/Madrid		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad particular		
Autor/Estilo/Escuela:	Taller Ortigas/arte popular/escuela madrileña		
Cronología:	s. XIX		
Medidas:	7,5x4x4,5 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	"Ortigas 701 10" con sello de tinta tipográfica en la base de la pieza. Un número "2" manuscrito con bolígrafo		
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, maciza, con nimbo metálico y una placa de chapado de madera de 1 mm de grosor en la base de la pieza		
Técnica/Material policromía:	Óleo		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Virgen María vestida con velo blanco, manto azul y vestido rojo, arrodillada sobre la rodilla derecha, con la mano derecha en el pecho y la mano izquierda extendida, la cabeza inclinada hacia abajo mirando al Niño, en gesto de adoración. Está coronada con un nimbo		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	---		
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	26/7/13

FICHA TÉCNICA

Referencia: **BO26/1**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: JN2/1	
Referencia	JN2/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Virgen arrodillada		
Conjunto/Escena:	Belén/Misterio de Belén		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Domicilio particular/Jaén		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad particular		
Autor/Estilo/Escuela:	Desconocido/arte popular/escuela giennense		
Cronología:	s. XIX-XX		
Medidas:	12,5x4,5x7 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---		
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, maciza, con nimbo metálico		
Técnica/Material policromía:	Temple al huevo en el manto y temple a la cola en el pelo, carnaciones y vestido. Decoraciones en el borde de las vestiduras con purpurina		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Virgen María con vestido rosa y manto verde, arrodillada, con la mano derecha en el pecho y la izquierda sujetando el manto en el regazo		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input checked="" type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	---		
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	27/9/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: JN2/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA TÉCNICA		Referencia: JN5/1	
Referencia	JN5/1	Nº Registro/Inventario:	---
Tipología:	Escultura en terracota policromada al seco		
Denominación:	Gallo		
Conjunto/Escena:	Belén/Adoración de los pastores		
Sala/Ubicación/ Localidad:	Domicilio particular/Jaén		
Propietario/Estatus jurídico:	Propiedad particular		
Autor/Estilo/Escuela:	Desconocido/arte popular/escuela giennense		
Cronología:	s. XIX-XX		
Medidas:	6,5x2,5x3 cm		
Inscripciones/Marcas/ Firmas:	---		
Técnica/Material soporte:	Escultura en terracota, maciza, con patas de metal sirviendo de unión entre el cuerpo y la base		
Técnica/Material policromía:	Temple a la cola		
Tema/Motivo/ Iconografía:	Gallo		
Observaciones:	---		
Estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input checked="" type="checkbox"/> Muy malo		
Prioridad de intervención:	<input type="checkbox"/> No precisa <input type="checkbox"/> No urge <input type="checkbox"/> Urgente <input checked="" type="checkbox"/> Muy urgente		
Referencias bibliográficas:	---		
Ficha cumplimentada por:	Lucía Rueda Quero y Carmen Bermúdez Sánchez	Fecha:	27/9/11

FICHA TÉCNICA

Referencia: JN5/1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



C.2.1.3. Estado de conservación

Las fichas sobre el estado de conservación de las piezas tienen como finalidad conocer las patologías de las piezas que han sido estudiadas, para posteriormente poder comparar sus características mineralógicas, químicas y físicas con los deterioros que han sufrido, y poder relacionar la tecnología de creación, la materia de origen y el deterioro sufrido.

El modelo que se presenta, al igual que el anterior de ficha técnica y el que posteriormente se presenta para la analítica, es una ficha que ha sido específicamente elaborada para el estudio de escultura en terracota. Se ha diseñado como recurso de mayor accesibilidad a la hora de manejar muchos datos y, sobre todo, un gran número de obras; como herramienta de trabajo que sintetiza y facilita el trabajo de recopilación y, sobre todo, de visualización de datos. Se ha adaptado específicamente para el estudio de obra en terracota, extrayendo, resumiendo y esquematizando los datos procedentes de los estudios del estado de conservación de cada obra estudiada.

De esta manera se crean conjuntos de fichas y de información sintetizada que generan datos de manera fácil y rápida. De igual modo, se aúnan y ordenan términos específicos, y se facilita la

clasificación y catalogación de las obras de una manera mucho más simplificada y didáctica.

C.2.1.3.1. Artistas granadinos

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia:	BN1/2		
Referencia:		BN1/2	Fecha:	21/10/11	Ha sido restaurada	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA		ESTR. SUPERF./BARNIZ			
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica:	Temple / dorado al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No			
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos			
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces			
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico			
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados			
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento			
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados			
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial			
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión			
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión			
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales			
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas			
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones			
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas			
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones			
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia			
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones			
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados			
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales			
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
OTROS MATERIALES:	Corona o nimbo (desaparecida)						
OBSERVACIONES:	---						

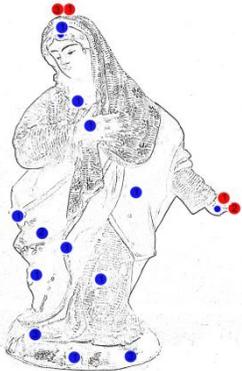
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BN1/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



SOPORTE

- Pérdidas
- Roturas
- Perforaciones

POLICROMÍA

- Pérdidas
- Pérdida adhesión
- Desgastes/erosiones



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia:	BN2/2	
Referencia:		BN2/2	Fecha:	21/10/11	Ha sido restaurada	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA		ESTR. SUPERF./BARNIZ		
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica:	Temple / dorado al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos		
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces		
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico		
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados		
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento		
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados		
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial		
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión		
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión		
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales		
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas		
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones		
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas		
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones		
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia		
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones		
<input checked="" type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados		
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
OTROS MATERIALES:	Vara de madera o metal (desaparecida), corona o nimbo (desaparecida)					
OBSERVACIONES:	De la pareja de esculturas, ésta ha sufrido una gran alteración por caliche					

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BN2/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia:	BNJ/2	
Referencia:		BNJ/2	Fecha:	16/02/11	Ha sido restaurada	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ			
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: No posee	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No			
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos			
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces			
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico			
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados			
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento			
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados			
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial			
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión			
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión			
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales			
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas			
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones			
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas			
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones			
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia			
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones			
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados			
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
OTROS MATERIALES:	---					
OBSERVACIONES:	Presenta fisuras por contracción de secado o de cocción					

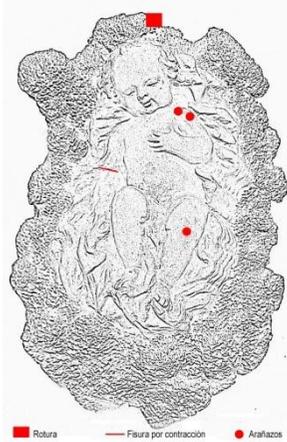
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BNJ/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

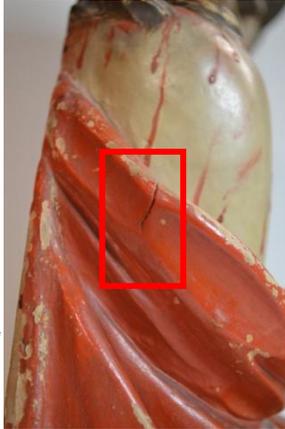
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: CAM-EH/2			
Referencia: CAM-EH/2	Fecha: 16/02/14	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Espinas de madera, añadido de tela tapando un orificio bajo la mano izquierda. Ha perdido la caña que porta en su mano derecha		
OBSERVACIONES:	Fisuras por contracción de secado o de cocción/golpe de calor en el interior de la cabeza		

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia: CAM-EH/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

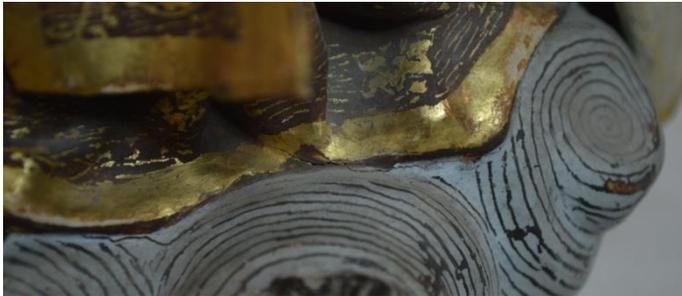
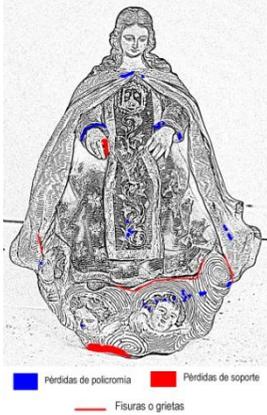
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: CAM-VS1/2	
Referencia: CAM-VS1/2		Fecha: 1/4/14	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA		ESTR. SUPERF./BARNIZ	
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo, temple, dorado al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos		
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces		
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico		
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados		
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento	
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados	
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial	
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales	
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
OTROS MATERIALES:	Peana añadida/ Virgen separada de la peana				
OBSERVACIONES:	Separación de uniones entre telas/erosiones en el oro/manchas de cera				

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia: CAM-VS1/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

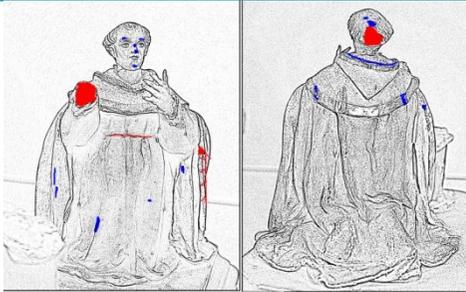
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: CAM-VS2/2
Referencia: CAM-VS2/2		Fecha: 1/414	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA		ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo, temple, dorado al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento	
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados	
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial	
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales	
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	
OTROS MATERIALES:	Telas encoladas en todas las vestiduras/peana de madera añadida/pernos metálicos en las manos de San Simón			
OBSERVACIONES:	Ambas manos de San Simón separadas del cuerpo/separación de uniones entre telas/erosiones en el oro/manchas de cera			

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia: CAM-VS2/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Heridas de policromía ■ Pérdidas de soporte — Fissuras o grietas



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: MUC/2			
Referencia: MUC/2	Fecha: 19/10/11	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo, temple, resina, dorado al agua	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input checked="" type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Repolicromado	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Cruz de madera, perno metálico en hombro izquierdo, mano izquierda de madera (posterior), peanas añadidas de ladrillo y madera		
OBSERVACIONES:	Mano izquierda añadida/mano derecha separada de la roca/trozo de túnica separada y unida <i>a posteriori</i> con escayola		

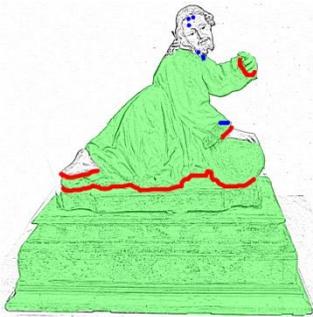
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

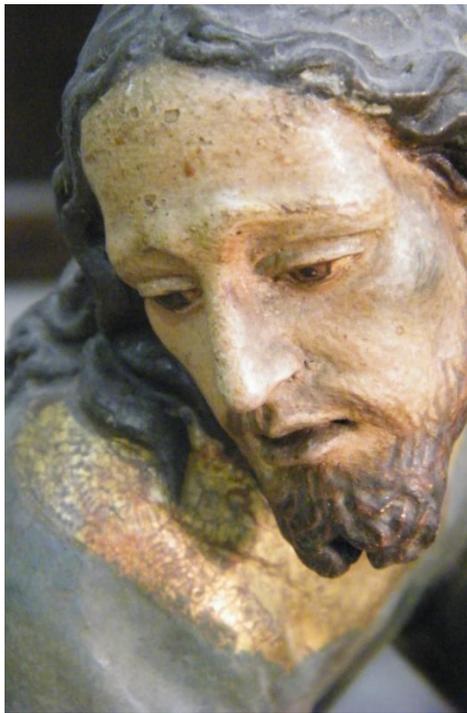
MUC/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Pérdida de policromía ■ Atalajes — Fisuras o grietas
■ Pérdida de soporte



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: ZEH/2			
Referencia: ZEH/2	Fecha: 26/3/09	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input checked="" type="checkbox"/> Aplicación irregular
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Repolicromado	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	ojos de cristal, espinas de madera		
OBSERVACIONES:	La escultura no está adherida a la peana, sino sujeta con espigones. Lo ojos tienen su policromía desprendida del cristal.		

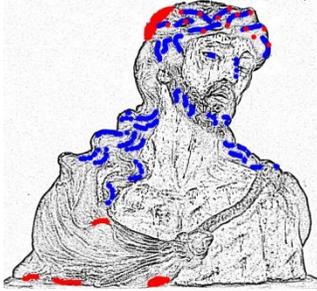
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

ZEH/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Perdidas de policromía ■ Perdidas de soporte



C.2.1.3.2. Talleres barristas granadinos

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: BHE1/2		Fecha: 9/6/11	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: Temple, purpurina	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Repolicromado	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Metal en brida y nimbo		
OBSERVACIONES:	---		

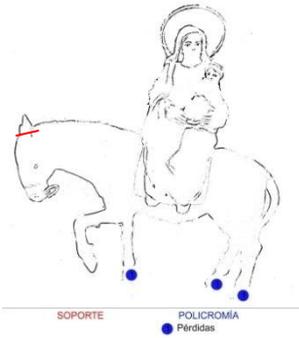
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BHE1/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: <input type="text" value="BHEA/2"/>			Referencia: <input type="text" value="BHEA/2"/>
Referencia: <input type="text" value="BHEA/2"/>		Fecha: <input type="text" value="9/6/11"/>	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: <input type="text" value="Terracota"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: <input type="text" value="Temple, purpurina"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input checked="" type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input checked="" type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Repolicromado	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES: Metal en pernos de alas y pies			
OBSERVACIONES: El perno del ala derecha ha provocado deformaciones y roturas por dilataciones causadas por oxidación			

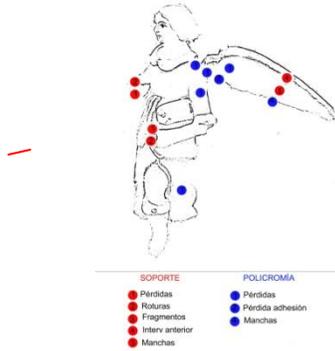
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BHEA/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: BS1.1/2
Referencia: BS1.1/2		Fecha: 22/2/11	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ	
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: Temple, dorado al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento	
<input checked="" type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados	
<input checked="" type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial	
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales	
<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	
<input checked="" type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales		
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Repolicromado	<input type="checkbox"/>	
OTROS MATERIALES:	Metal en corona y luna			
OBSERVACIONES:	El estado de debilidad o fragilidad del soporte es muy patente			

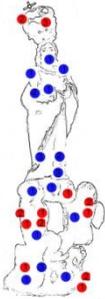
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BN1.1/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



SOPORTE
● Pérdidas
● Roturas
● Deformaciones

POLICROMÍA
● Pérdidas
● Pérdida adhesión
● Orietas/fisuras



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia:	BS 2.3/2	
Referencia:		BS 2.3/2	Fecha:	3/3/11	Ha sido restaurada	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA		ESTR. SUPERF./BARNIZ		
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: Temple/purpurina	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No			
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos			
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces			
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico			
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados			
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración			
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión			
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial			
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión			
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión			
<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales			
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas			
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones			
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas			
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones			
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia			
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones			
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados			
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Rugosidad	<input type="checkbox"/>			
OTROS MATERIALES:	Perno metálico para unir la pieza a la peana					
OBSERVACIONES:	Manos perdidas completas					

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BS 2.3/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="BS8.1/2"/>		Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="BS8.1/2"/>	
Fecha: <input style="width: 80px;" type="text" value="31/3/11"/>		Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: <input style="width: 80px;" type="text" value="Terracota"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: <input style="width: 80px;" type="text" value="Temple"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Rugosidad	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Perno metálico para unirlo a la peana		
OBSERVACIONES:	La policromía presenta burbujas debidas a la técnica de aplicación		

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BS8.1/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Pérdidas de soporte



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: ISM/2
Referencia: ISM/2		Fecha: 26/5/11	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ	
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Temple, óleo, dorado al agua, plateado mixtión,	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento	
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input checked="" type="checkbox"/> Descohesión	<input checked="" type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados	
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial	
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales	
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	
<input checked="" type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	
OTROS MATERIALES:	Perno metálico para unir alas, casco, escudo y pies de S. Miguel al demonio; espigón de madera para unir todo el conjunto a la peana, plumas en el casco (perdidas)			
OBSERVACIONES:	Decoración con virutas metálicas, repolicromado en toda la piezas menos carnações, faldón azul y adorno del casco			

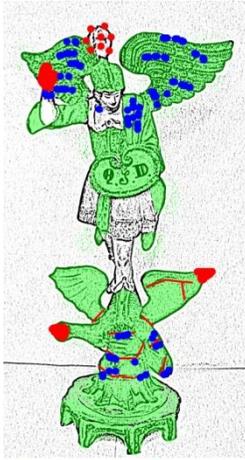
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

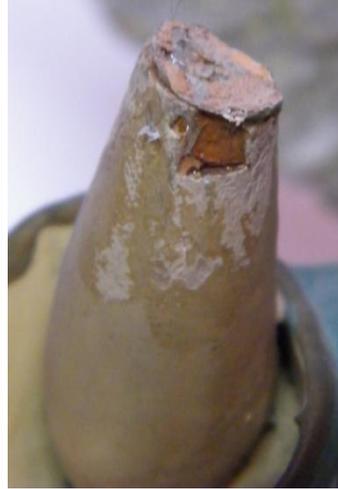
ISM/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Pérdidas de policromía ■ Pérdidas de soporte
■ Mueños — Figuras o grietas



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="ZAF/2"/>			Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="ZAF/2"/>
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="ZAF/2"/>		Fecha: <input style="width: 80px;" type="text" value="8/3/11"/>	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: <input style="width: 80px;" type="text" value="Terracota"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: <input style="width: 80px;" type="text" value="Óleo"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input checked="" type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Reparaciones en origen de escayola (interior; Peana de madera con espigón)		
OBSERVACIONES:	La escultura no está unida a la peana, sino encajada con un espigón de madera/Se aprecian las uniones de piezas en la cintura/ Manchas de cera/Repinte local de las llamas		

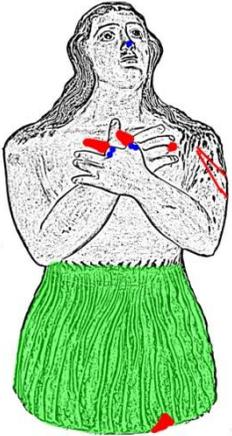
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

ZAF/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



- Pérdidas de policromía
- Pérdidas de soporte
- Añadidos
- Fisuras o grietas



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="ZAM/2"/>			Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="ZAM/2"/>
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="ZAM/2"/>		Fecha: <input style="width: 80px;" type="text" value="28/2/11"/>	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: <input style="width: 80px;" type="text" value="Terracota"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: <input style="width: 80px;" type="text" value="Óleo"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input checked="" type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Reparaciones en origen de cola natural (interior; Peana de madera con espigón)		
OBSERVACIONES:	La escultura no está unida a la peana, sino encajada con un espigón de madera/Manchas de cera/Golpe de calor en el interior, en la zona lateral derecha		

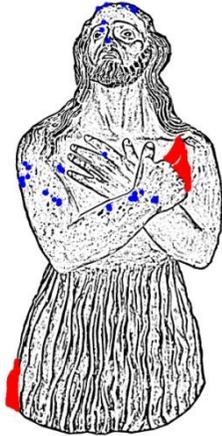
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

ZAM/2

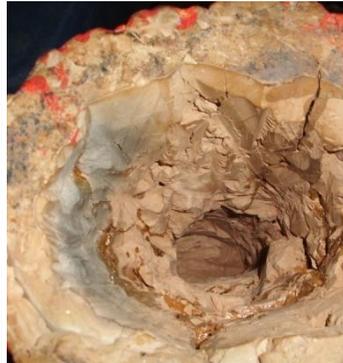


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Pérdidas de policromía

■ Pérdidas de soporte



C.2.1.3.3. Artistas externos

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: JM/2
Referencia: JM/2		Fecha: 25/7/09	Ha sido restaurada <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ	
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Gouache	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento	
<input checked="" type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados	
<input checked="" type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial	
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales	
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Oxidaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>	
OTROS MATERIALES:	Mortero de adhesión al muro			
OBSERVACIONES:				

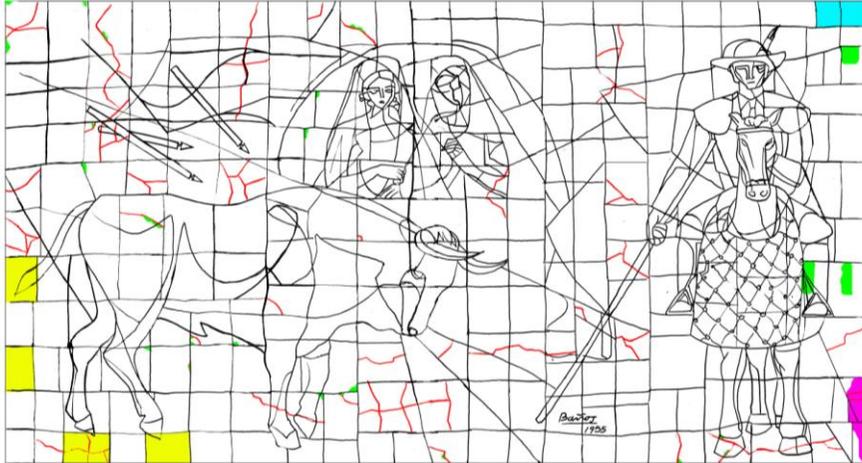
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

JM/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Deformaciones

Roturas

Extracción de muestra

Pérdidas integrales

Descantillados



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: MUSJ/2			
Referencia: MUSJ/2	Fecha: 18/10/11	Ha sido restaurada <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo, temple, dorado al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Rellenos en la cabeza, con papeles y trozos de terracota (no originales)/Barniz resinoso marrón oscuro en ropajes (no original, no uniforme)		
OBSERVACIONES:	Manchas de cera/craquelado y pérdidas de adhesión más intensas en el manto de S. José		

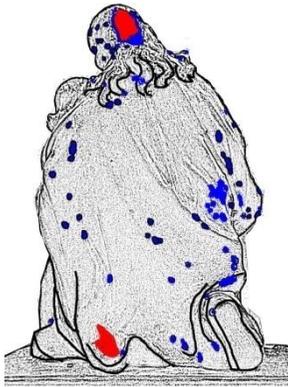
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

MUSJ/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



■ Pérdidas de policromía ■ Pérdidas de soporte



■ Pérdidas de policromía ■ Pérdidas de soporte



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: PdC1/2			Referencia: PdC1/2
Referencia: PdC1/2		Fecha: 20/8/11	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: Terracota	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo, lacas, oro y plata al agua	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	añadidos de soporte con arcilla cruda (dedos de la Virgen, cabeza de ángel central, añadidos)		
OBSERVACIONES:	Ángeles repintados, peana repintada en zonas		

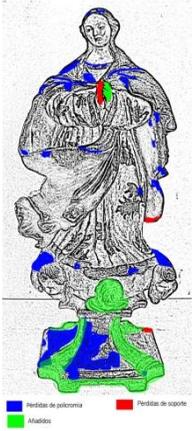
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

PdC1/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="PdC2/2"/>			Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="PdC2/2"/>
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="PdC2/2"/>		Fecha: <input style="width: 80px;" type="text" value="20/8/11"/>	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: <input style="width: 100px;" type="text" value="Terracota"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Tiene <input type="checkbox"/> No	Técnica: <input style="width: 100px;" type="text" value="Óleo, lacas, dorado al agua"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input checked="" type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input checked="" type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input checked="" type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	Vara (perdida)/ telas encoladas (bajo el Niño)/Cartón adherido a la base (añadido)		
OBSERVACIONES:	Brazos del Niño añadidos/repintes en la peana		

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

PdC2/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Heridas de policromía Heridas de soporte
Azules Rojos
Verdes Puntos o gránulos



C.2.1.3.4. Talleres barristas externos

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia:	BO4/2	
Referencia:		BO4/2	Fecha:	19/7/14	Ha sido restaurada	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ			
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No			
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos			
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces			
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico			
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados			
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración			
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión			
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial			
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión			
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión			
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales			
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas			
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones			
<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas			
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones			
<input type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia			
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones			
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados			
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>			
OTROS MATERIALES:	Chapado de madera en la base (parcialmente perdido), unido a la figura con escayola					
OBSERVACIONES:	---					

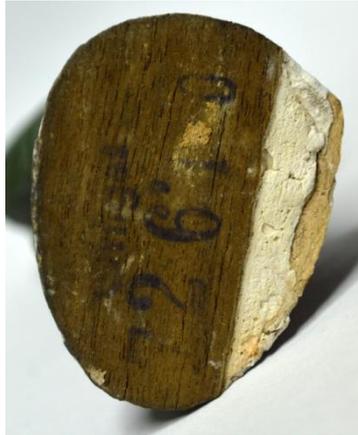
FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

B04/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: BO26/2	
Referencia: BO26/2		Fecha: 1/12/14	Ha sido restaurada <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ		
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: Óleo	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos		
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces		
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico		
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados		
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento		
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados		
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial		
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión		
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión		
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales		
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas		
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones		
<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas		
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones		
<input type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia		
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones		
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados		
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
OTROS MATERIALES:	Chapado de madera en la base, unido a la figura con escayola				
OBSERVACIONES:					

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

BO26/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real*

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN			
Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="JN2/2"/>		Referencia: <input style="width: 80px;" type="text" value="JN2/2"/>	
Fecha: <input style="width: 80px;" type="text" value="1/12/13"/>		Ha sido restaurada <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA	ESTR. SUPERF./BARNIZ
Material: <input style="width: 80px;" type="text" value="Terracota"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: <input style="width: 80px;" type="text" value="Temple al huevo y a la cola"/>	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones
<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>
OTROS MATERIALES:	<input style="width: 100%;" type="text" value="Nimbo de metal"/>		
OBSERVACIONES:			

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

JN2/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre pobra real

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN				Referencia: JN5/2	
Referencia: JN5/2		Fecha: 2/12/13	Ha sido restaurada <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
SOPORTE	PREPARAC./IMPRIM.	POLICROMÍA		ESTR. SUPERF./BARNIZ	
Material: Terracota	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No	Técnica: Temple a la cola	<input type="checkbox"/> Tiene <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Añadidos		
<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces	<input type="checkbox"/> Arañazos/Roces		
<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico	<input type="checkbox"/> Ataque Biológico	<input type="checkbox"/> Ataque biológico		
<input type="checkbox"/> Corrosión	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados	<input type="checkbox"/> Craquelados		
<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Decoloración	<input type="checkbox"/> Azuleamiento	
<input type="checkbox"/> Defecto de cocción	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Descohesión	<input type="checkbox"/> Pasmados	
<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input type="checkbox"/> Deformaciones	<input checked="" type="checkbox"/> Suciedad superficial	
<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	<input type="checkbox"/> Desgaste/Erosión	
<input type="checkbox"/> Laminados	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	<input type="checkbox"/> Pérdida de adhesión	
<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input checked="" type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Grietas/Fisuras	<input type="checkbox"/> Sales	
<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input type="checkbox"/> Manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	
<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	<input type="checkbox"/> Oxidaciones	
<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input checked="" type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	<input type="checkbox"/> Pérdidas	
<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	<input type="checkbox"/> Perforaciones	
<input checked="" type="checkbox"/> Roturas	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	<input type="checkbox"/> Pulverulencia	
<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	<input type="checkbox"/> Disgregaciones	
<input type="checkbox"/> Caliche	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	<input type="checkbox"/> Quemados	
<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales	<input type="checkbox"/> Sales		
<input type="checkbox"/> Reparaciones en origen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Decolor./Migración	<input type="checkbox"/>		
OTROS MATERIALES:	Patas de metal				
OBSERVACIONES:	Pérdida de policromía muy acusada, casi un 90%				

FICHA ESTADO DE CONSERVACIÓN

Referencia:

JN5/2



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



C.2.1.4. Registro de analíticas

En las fichas analíticas se recogen las muestras extraídas de cada una de las piezas, con su numeración y el análisis que se ha aplicado sobre ellos.

Estas fichas, al igual que las elaboradas para el estado de conservación, han sido diseñadas como recurso para una mejor accesibilidad a la hora de manejar muchos datos y, sobre todo, un gran número de obras. Esta herramienta de trabajo sintetiza y facilita el trabajo de recopilación y, sobre todo, de visualización de datos, adaptándola específicamente para el estudio de obra en terracota, y extrayendo, resumiendo e interpretando los datos procedentes de los resultados obtenidos en los métodos de análisis de cada obra estudiada.

En ellas quedan reflejadas las zonas de extracción de muestras para tener conocimiento de la representatividad de la misma y su estado con vistas a futuros análisis, si fuera posible realizarlos, sin tener que extraer más material, y justificar la necesidad de dicha extracción por causas de estado de conservación de la pieza o necesidad de caracterización específica.

Se debe puntualizar que este registro está específicamente enfocado a los profesionales de la restauración, por lo que la interpretación de los resultados de las técnicas de análisis reflejados en ellas, se enfocan a la comprensión de las alteraciones registradas en las Fichas de Conservación, y a deducir, de ser posible, la tecnología de elaboración de la pieza.

C.2.1.4.1. Artistas granadinos

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BN1/3.1	
Referencia: BN1/3 Nº muestra 1 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen			
CARACTERÍSTICAS: Tamaño: <input type="text" value="---"/> Peso: 0,6 g Estado de la muestra: <input type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input checked="" type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar Tratamiento: <input type="text" value="---"/>	NATURALEZA <input type="checkbox"/> Suciedad <input type="checkbox"/> Preparación <input type="checkbox"/> Acabados <input checked="" type="checkbox"/> Soporte <input type="checkbox"/> Policromía <input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte <input type="checkbox"/> Añadidos <input type="checkbox"/> Mortero Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior frontal de la peana. Extraída con segueta</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Cocida a elevada temperatura, debido a la presencia de gehlenita y diópsido en un 15 y 10%, respectivamente. Pese a ello, baja formación de materia fundida (10%) lo que se refleja en la baja resistencia mecánica de las partes finas (dedos de las manos). Elevada proporción de plagioclasas anortíticas, seguramente por la temperatura de cocción alcanzada y a la elevada proporción de carbonatos de la tierra arcillosa de origen, que podría dar problemas de rotura por caliche.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

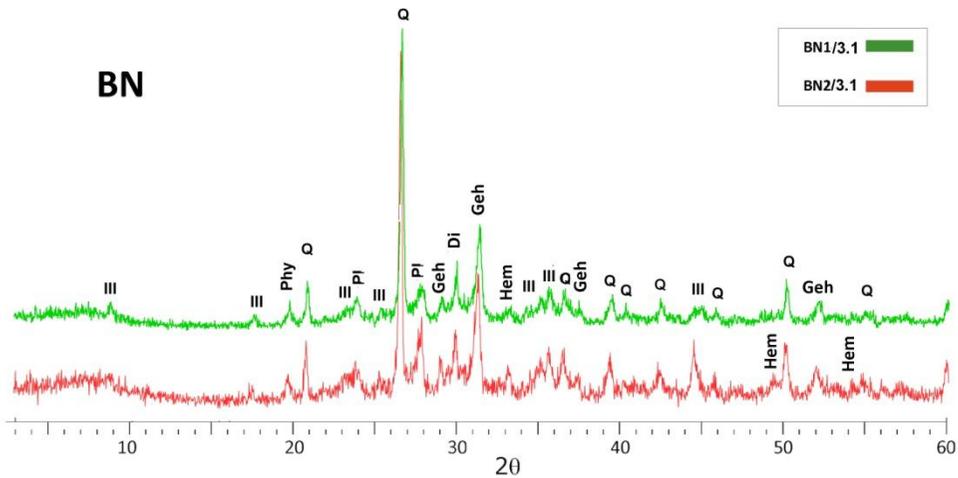
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref.

BN1/3.1



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractogramas del conjunto Nacimiento (BN), comparando las terracotas extraídas de la figura de la Virgen María (BN1/3.1) y San José (BN2/3.1). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido; **Hem** – hematites

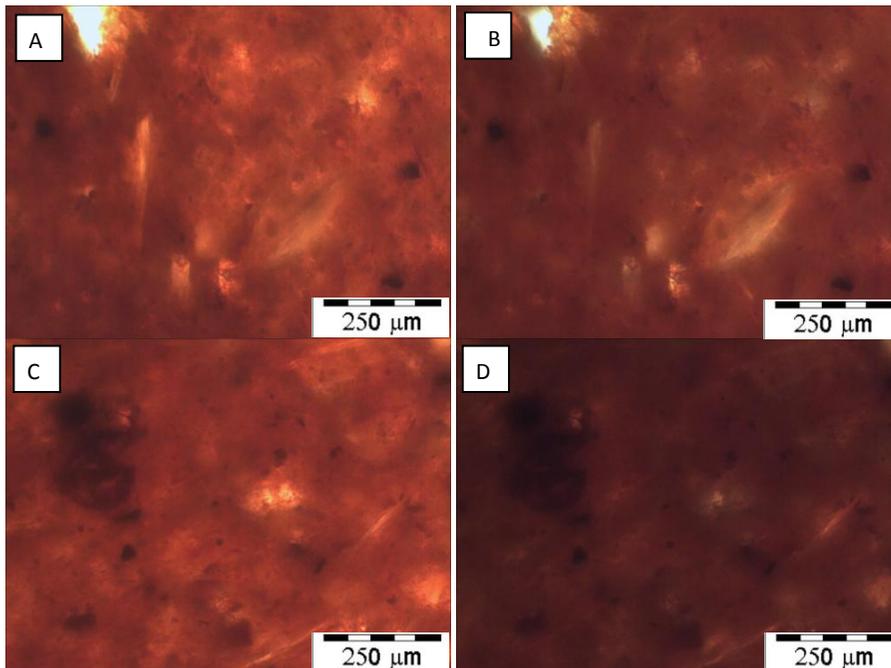
CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)													
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt	
BN1	1	40	-	-	15	15	tz	10	10	-	-	-	10

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – dióxido; **III** – illita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

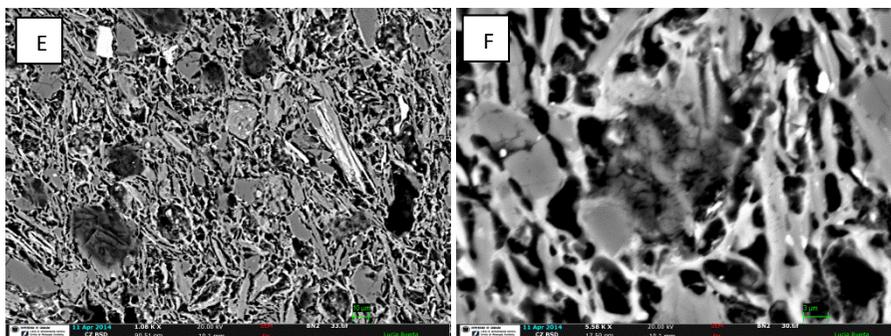
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BN1/3.2	
Referencia:	BN1/3	Nº muestra	2 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	10x3x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,7 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalizada	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Zona interior frontal de la peana. Extraída con segueta			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Matriz muy vitrificada, difícil distinción entre los granos de desgrasante y la matriz. Esta vitrificación la hace más resistente y durable. Desgrasante escaso, tamaño homogéneo 25 µm que indica molturado de la arcilla. Filosilicatos muy transformados, orientados (figs. A y B). Presencia de antiguos carbonatos observados como poros con borde de reacción. Porosidad escasa y redondeada. Algunos granos de oxi-hidróxidos de hierro (figs. C y D). No se han formado fisuras por contracción.</p> <p>-SEM-EDX – Abundantes puentes de unión entre granos, que corrobora la resistencia de la pieza. Transformación de desgrasantes y filossilicatos muy acusada. Porosidad secundaria en filossilicatos y carbonatos, la primaria de mayor tamaño aún mantiene su morfología, si bien suavizada. Identificación de dolomita, transformada más o menos según su tamaño (figs. E y F). No tiene carbonatos de gran tamaño. Presencia de ilmenita y hematites como marcadores.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



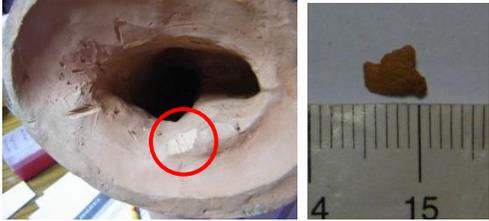
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nicoles cruzados (B, D)

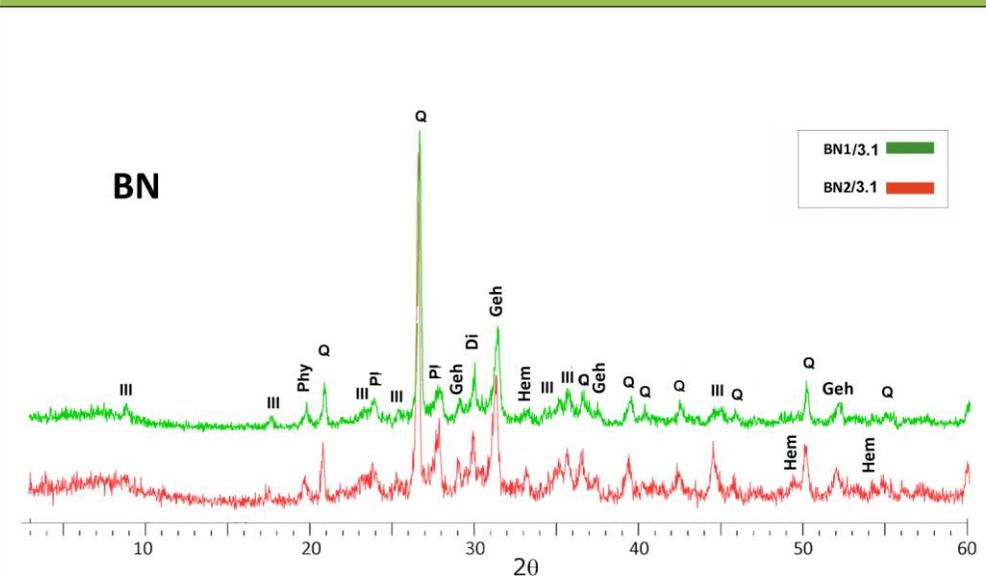


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BN2/3.1	
Referencia: BN2/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: San José
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	3x5x1 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,8 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido	<input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Molido en mortero de ágata	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior frontal de la peana. Extraída con segueta</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Cocida a elevada temperatura, debido a la presencia de gehlenita y diópsido en un 15 y 10%, respectivamente. Cantidad de materia fundida algo mayor que BN1 (15%), si bien aún es insuficiente para asegurar la resistencia de zonas finas como los dedos. Elevada proporción de plagioclasas anortíticas (20%), mayor que en BN1, seguramente por la temperatura de cocción alcanzada y debido posiblemente a la elevada proporción de carbonatos de la tierra arcillosa de origen. Esta pieza presentaba ya problemas de rotura por caliche, aún no manifestados en BN1.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractogramas del conjunto Nacimiento (BN), comparando las terracotas extraídas de la figura de la Virgen María (BN1/3.1) y San José (BN2/3.1). Leyenda: **III** – ilita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido; **Hem** – hematites

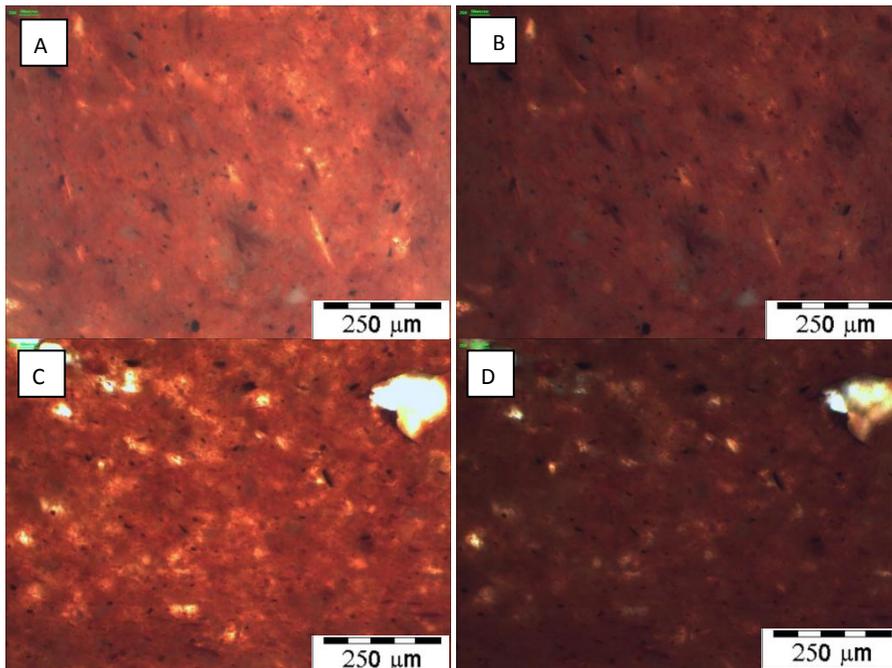
CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)													
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt	
BN2	1	30	-	-	20	15	5	10	5	-	-	-	15

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – dióxido; **III** – ilita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

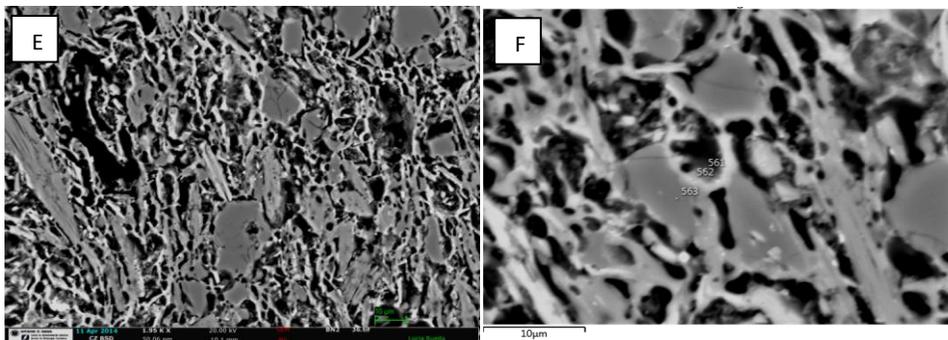
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BN2/3.2	
Referencia: BN2/3 Nº muestra 2 Localización Conjunto/ Pieza: San José			
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA		
Tamaño: 3x3x1 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso: 0,3 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento: Lámina delgado-pulida/metalizada	Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Fragmento desprendido del manto, sobre un caliche, del que se extrajo una lasca de material antes de reponer la pieza a su sitio</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Matriz muy vitrificada, difícil distinción entre los granos de desgrasante y la matriz. Desgrasante escaso, tamaño homogéneo 25 µm, indica molturado. Filosilicatos muy transformados, orientados. Presencia de antiguos carbonatos observados como poros con borde de reacción. Porosidad escasa y redondeada. Muy similar a BN1, pero con granos de carbonatos de mayor tamaño que han originado los problemas por caliche. No se han formado fisuras por contracción.</p> <p>-SEM-EDX – Abundantes puentes de unión entre granos; esta vitrificación la hace más resistente y durable. Transformación de desgrasantes y filossilicatos muy acusada. Porosidad secundaria en filossilicatos y carbonatos, la primaria de mayor tamaño aún mantiene su morfología, si bien suavizada. Identificación de dolomita, transformada más o menos según su tamaño. Presencia de ilmenita y hematites.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



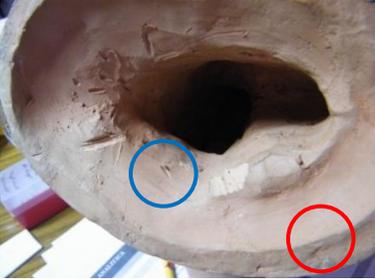
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizados y en nícoles cruzados, respectivamente

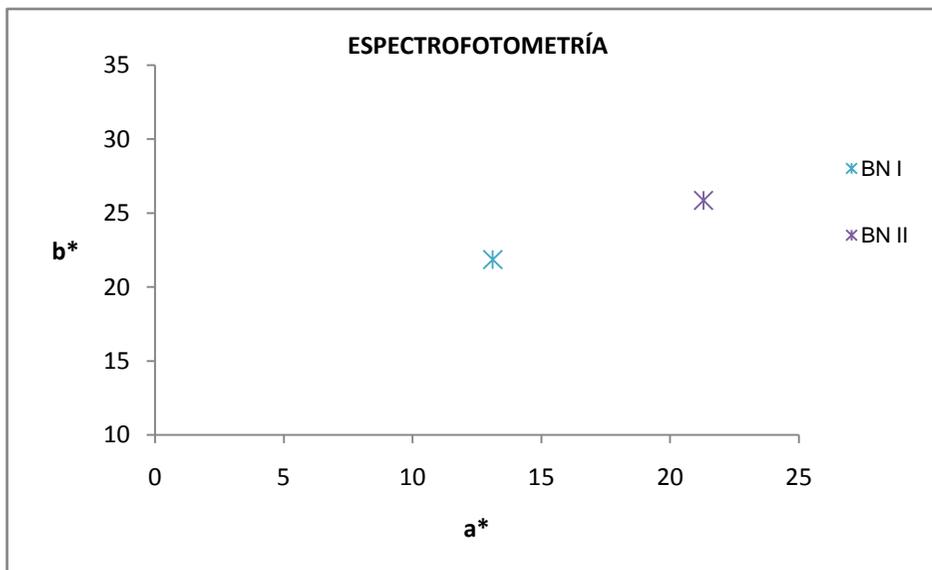


Imágenes por SEM-EDX, vista general y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BN2/3.3	
Referencia: BN2/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: San José
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Superficie de la escultura en el borde (rojo) y el interior (azul)			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Borde inferior más rojizo y oscuro, seguramente por recibir el calor de la cocción más directamente (medida BNII). El resto de la escultura es mucho más clara y amarillenta (medida BN I).</p> <p>-Pese a esta variabilidad, el cambio de color no supone un cambio de composición, según XRD.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medidas de color tomadas

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA							
MUESTRA		L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
BN2	I	66,99	13,11	21,86	25,48	59	
	II	51,72	21,29	25,86	33,50	50	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido); I – color general de la pieza; II - color de la base

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BNJ/3.1	
Referencia: BNJ/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Niño Jesús
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	20x12x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	6 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
		<input type="checkbox"/> Mortero	
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input checked="" type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di	
<p>Zona interior frontal de la peana. Extraída con segueta, previa utilización de la pieza para Ab, Af, Mh y Di; suma del polvo producido en la extracción del fragmento</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRF – Su composición química corresponde a una terracota granadina, con una cantidad en FeO₂ relativamente elevada (6,4%) (t. 1), y la particularidad de su cantidad de S, de 560 ppm (t. 2).</p>			
<p>-XRD – Terracota cocida por encima de 900°C, presenta fases neoformadas en un 20% (gehlenita y diópsido), lo que indica que su arcilla de origen era carbonatada. Su cantidad de fundido no es muy elevado pese a todo (10%) (t. 3). Esto explica la relativamente baja resistencia de las zonas de roce.</p>			
<p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab llega a un 21% en 300 horas y aumenta a 22% en Af. Elimina la totalidad de agua en 1 h de desorción. Esto indica una absorción media, una Ax reducida (4%), y por tanto una vitrificación de la terracota elevada, con una porosidad abierta (Po) del 38%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (1,04%) (t. 4), lo que implica que no retiene agua en su interior, por lo que reduce el riesgo de retención de elementos nocivos disueltos.</p>			
<p>CG-MS – cromatografía de gases; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref.

BNJ/3.1

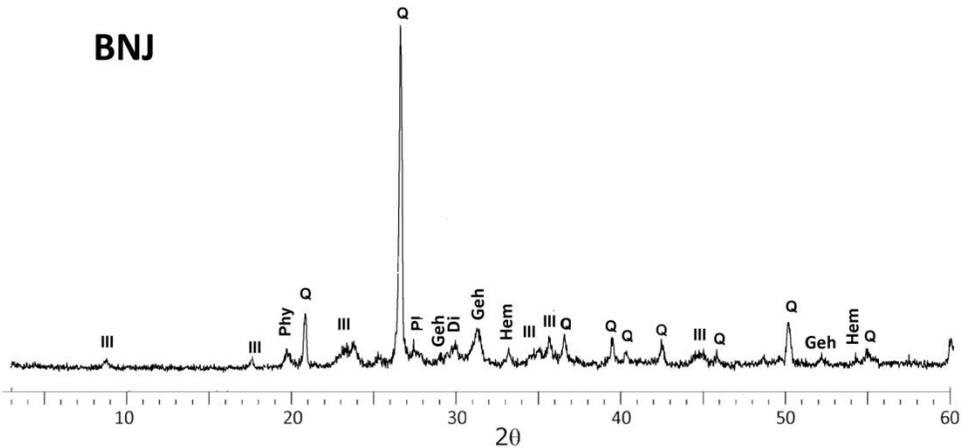


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
BNJ	46,1	18,2	6,4	0,1	3,9	10,7	0,7	3,2	0,7	0,1	3,37

Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DEXRF (ppm)															
MUESTRA	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
BNJ	564	254	0	142	116	66	73	136	27	0	133	258	16	213	481

LOI – pérdida de peso por ignición



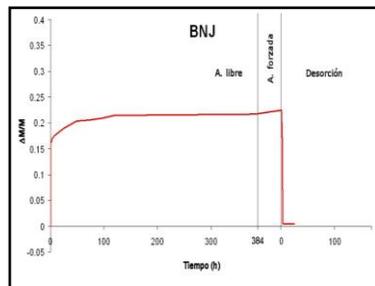
Difractograma. Leyenda: III – illita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; PI – plagioclasas/feldespatos; Geh – gehlenita; Di – dióxido; Hem – hematites

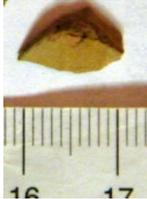
Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)													
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt	
BNJ	55	-	-	tz	10	5	10	10	-	-	-	10	

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
21,66	22,56	3,95	1,68	2,65	90,63	1,04	38,5

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BNJ/3.2	
Referencia: BNJ/3		Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: Niño Jesús
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	10x5x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,28 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
  <p>Zona interior frontal de la peana. Extraída con seguetta</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Este análisis no aportó información válida por el exceso de muestra (1,25 g) que provocó una presión de vapor (STEM) excesiva (t. 1).</p> <p>-Gracias a esto, concluimos que LA MUESTRA A ANALIZAR POR MIP EN TERRACOTAS NO DEBE SOBREPASAR 1 g DE PESO</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
BNJ	1,95	4,30	1,79	58,31	106	1,28

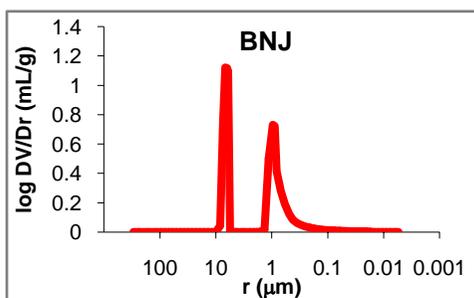
ρ_{sk} —densidad real; ρ_b —densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO— peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
BNJ	0,00	54,94	44,18	0,88	0,01

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
BNJ	10,00	0,15	6,3-0,88	1,12-0,72

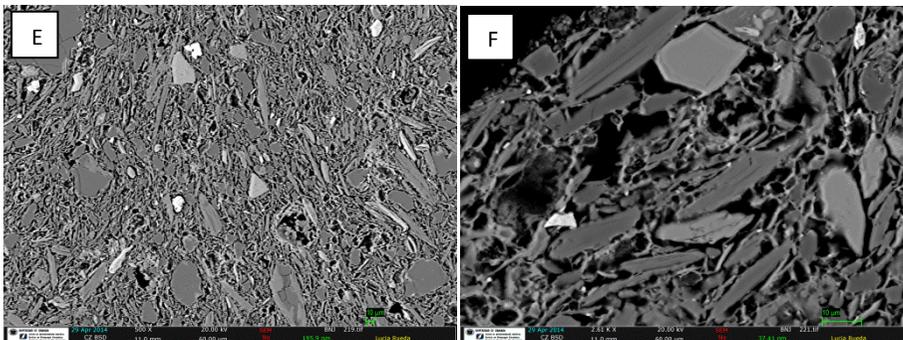
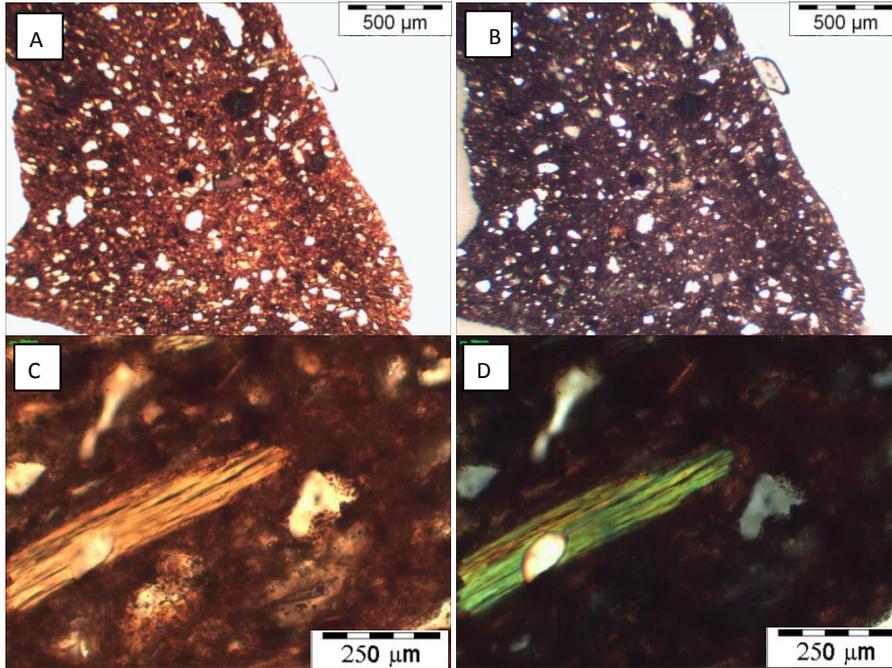


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref.	BNJ/3.3		
Referencia:	BNJ/3	Nº muestra	3	Localización Conjunto/ Pieza:	Niño Jesús
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA			
Tamaño:	4x3x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación		
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte		
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte		
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero		
		Material:	Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS			
 <p>Zona interior frontal de la peana. Restos obtenidos al extraer la muestra BNJ/3.3</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM	<input type="checkbox"/> UWP	
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM	<input type="checkbox"/> MIP	
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM	<input type="checkbox"/> Af	
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD	<input type="checkbox"/> Ab	
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF	<input type="checkbox"/> Mh	
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM	<input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:					
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante. Tamaño de grano más heterogéneo entre 25 y 400 µm (figs. A y B), que indica desajelado escaso, ha dado lugar a la escasa transformación de los filossilicatos de gran tamaño (figs. C y D) y por tanto a poca vitrificación vista en BNJ/3.1. Carbonatos muy alterados.</p> <p>-SEM-EDX – Formación de puentes de fusión entre granos, de tamaño grandes y porosidad muy abundante. En consecuencia, resistencia adecuada con relativa fragilidad al golpe. Carbonatos muy degradados, formación de gehlenita abundante (figs. E y F). Identificados ilmenita, hematites, hercinita y zircones como marcadores.</p>					
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>					



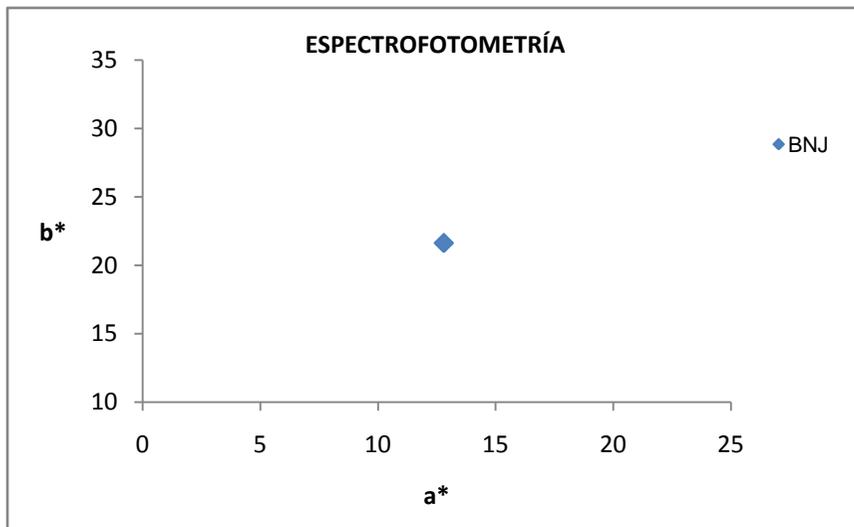
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BNJ/3.4	
Referencia: BNJ/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Niño Jesús
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior de la peana. Superficie</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un color homogéneo en toda la pieza, amarillento y bastante claro, por sus valores elevados de a* (12,8) y L* (61)</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medidas de color tomadas

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
BNJ	61,10	12,80	21,64	24,88	58	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-EH/3.1	
Referencia: CAM-EH/3		Nº muestra: 1	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	30x10x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	6,2 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
  <p>Zona interior de la cabeza. Extracción con segueta en el borde y por cincel en una protuberancia</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input checked="" type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRF – Su composición química corresponde a una terracota granadina, cantidad en FeO₂ elevada (6,3%) (t. 1), y la particularidad de su cantidad de S, de 5269 ppm, y de V, 174 ppm (t. 2).</p> <p>-XRD – Terracota cocida alrededor de los 900 °C, porque presenta tanto calcita como fases neoformadas (25% entre gehlenita y diópsido); pese a ello, su cantidad de fundido no es muy elevado (10%). Todo esto indica que su arcilla de origen era carbonatada (t. 3).</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab llega a un 21% en 240 horas. Aumenta a 22% en Af. Elimina la totalidad de agua en 1 h de desorción. Indica una absorción media, Ax reducida (4%), y por tanto una vitrificación de la terracota elevada, con una porosidad abierta (Po) del 38%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (1,04%) (t.4), con lo que se reduce el riesgo de retener elementos nocivos disueltos.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

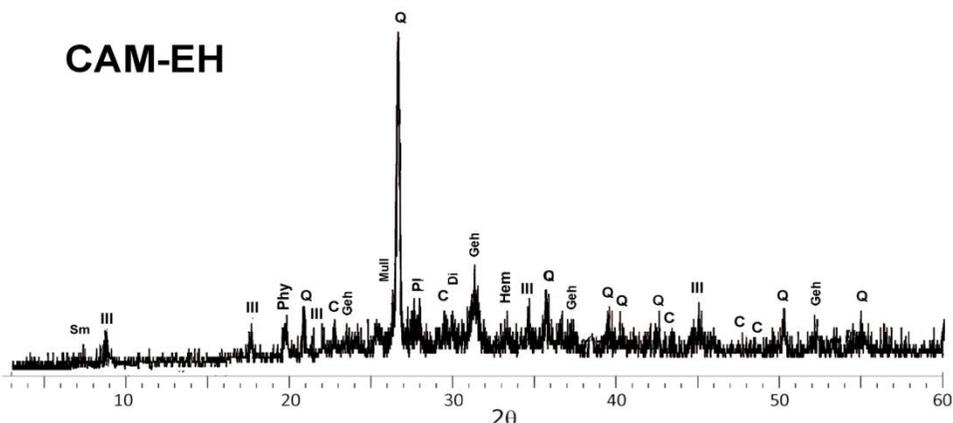


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
CAM-EH	39,2	17,7	6,3	0,1	3,3	14,4	0,5	3,2	0,7	0,1	13,94

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
CAM-EH	5269	367	0	174	112	67	88	130	0	0	191	564	20	165	574

LOI – pérdida de peso por ignición



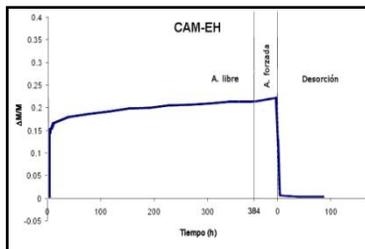
Difractograma. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Mull** – mullita; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – cacita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
CAM-EH	40	5	-	5	5	5	20	10	-	tz	-	10

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
21,68	22,55	4,00	1,71	2,78	90,59	1,04	38,5

Ax – interconexión de poros; **pb** – densidad aparente; **psk** – densidad real; **S** – saturación; **Po** – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-EH/3.2	
Referencia: CAM-EH/3		Nº muestra: 2	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,02 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	---	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior frontal de la peana. Extraída con segueta</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene poca área total de poro, solamente 3m²/g, una porosidad abierta elevada (42%). Los datos de Po, ρ_{sk} y ρ_b son similares a los obtenidos por ensayos hídricos y se corresponden con su mineralogía (ficha CAM-EH/3.1) (t. 1). El 91% de su porosidad total se encuentra en el rango entre 1-0,1 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,7 μm y una cantidad de 0,95 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,06 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Esto indica bastante porosidad de un radio elevado, que permite la eliminación de fluidos de su interior. Reduce el riesgo por cristalización de sales.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
CAM-EH	3,10	2,55	1,47	42,31	50	1,02

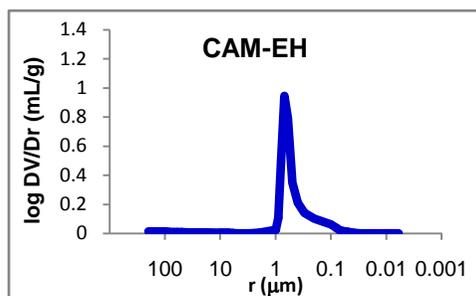
ρ_{sk} —densidad real; ρ_b —densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO— peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
CAM-EH	3,00	1,38	91,42	4,19	0,00

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
CAM-EH	1,00	0,06	0,70	0,95

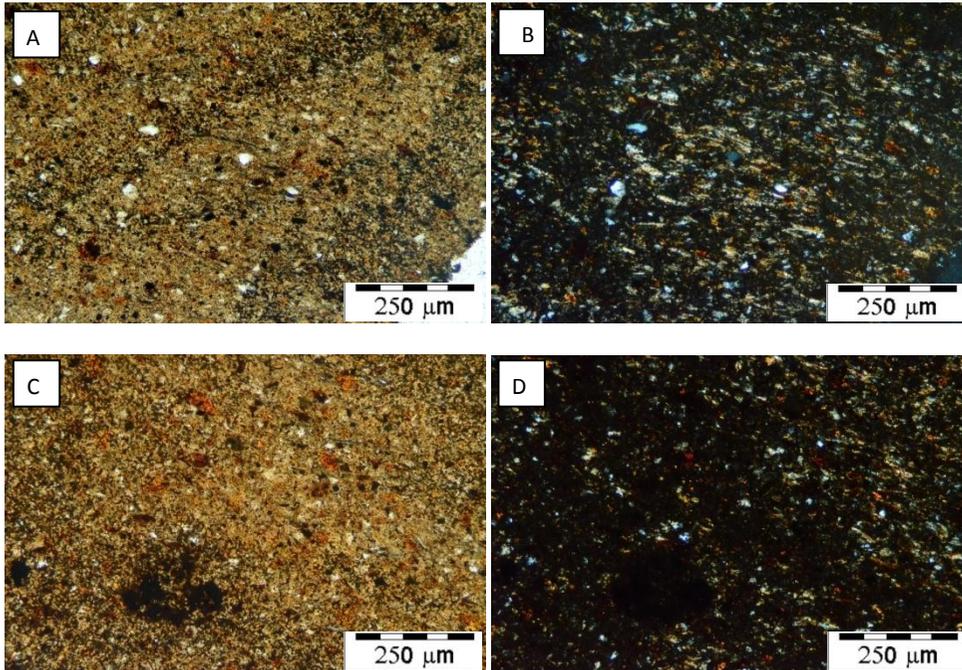


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

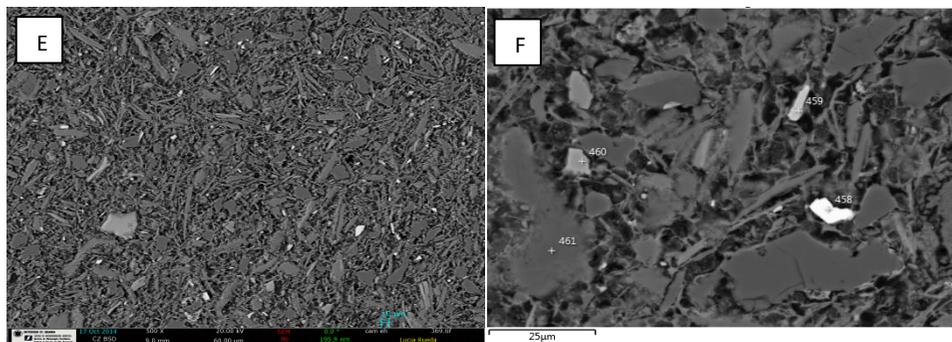
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-EH/3.3	
Referencia: CAM-EH/3		Nº muestra: 3	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	12x8x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido	<input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior de la cabeza. Restos obtenidos al extraer la muestra CAM-EH/3.2</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante. Tamaño de grano homogéneo y pequeño entre 2-4 μm con tamaño intermedio de 50 μm (figs. A y B), lo que implica un desajelado elevado. Agrupación de filossilicatos formando pliegues y orientación de los granos por modelado (figs. C y D), puede dar problemas de laminación por escisión de vetas. Ligeramente "abrillantado" de la superficie. Carbonatos y filossilicatos muy degradados. Terracota muy resistente y durable.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión muy abundantes, mantiene porosidad primaria pero redondeada, porosidad secundaria en filossilicatos y carbonatos (figs. E y F). Formación de gehlenita, diópsido y wollastonita. Identificadas dolomitas con trazas de P y Cl, ilmenita con trazas de Mn, rutilo, hematites, zircón, apatito, barita, anhidrita y oro como marcadores.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

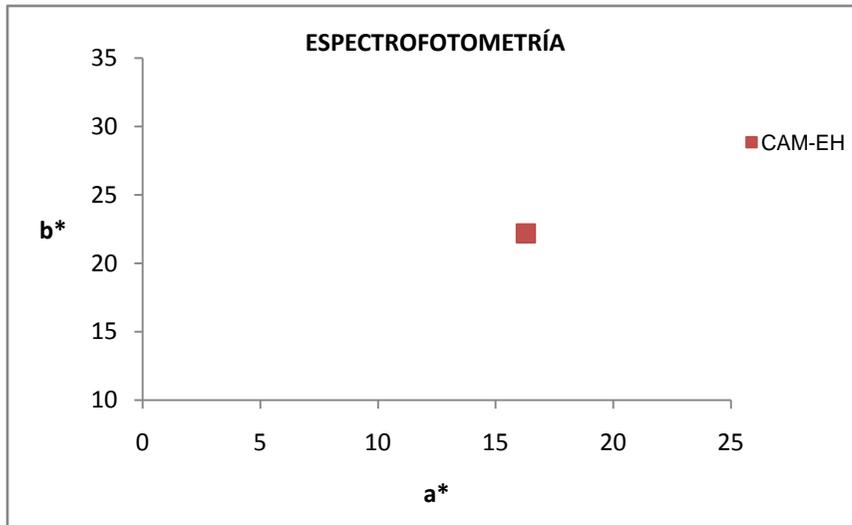


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-EH/3.4	
Referencia: CAM-EH/3		Nº muestra: 4	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	2 mm ²	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	---	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Zona interior de la cabeza. Superficie			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un color homogéneo a excepción de una zona de la cabeza que posee un tono algo más grisáceo, por un golpe de calor. Tono general amarillento y bastante claro, por los elevados valores de a*, que tiende más al amarillo, y sus valores de L* (59).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
CAM-EH	59,57	16,28	22,20	27,53	53	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-VS1/3.1	
Referencia: CAM-VS1/3		Nº muestra: 1	Localización Conjunto/ Pieza: Virgen del Carmen
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	30x10x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	6 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input checked="" type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
<p>Borde inferior frontal de la peana, aprovechando el descantillado. Extracción con segueta. Polvo de raspado de borde.</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRF – Su composición química corresponde a una terracota granadina, con una cantidad en FeO₂ relativamente elevada (6,8%) (t. 1), y la particularidad de su cantidad de S, de 1347 ppm, y de Co, 23 ppm (t. 2).</p> <p>-XRD –terracota cocida alrededor de los 800-850 °C, presenta calcita y dolomita en una proporción muy elevada (25 y 5%) como fases neoformadas (15% diópsido), lo que indica que su arcilla de origen era carbonatada. Contiene yeso (5%), tal vez por contaminación con la masilla de unión escultura-peana. Su cantidad de fundido no es muy elevado (15%) (t. 3), lo que implica una resistencia mecánica baja y mayor facilidad de roturas y fragmentación.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM – espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

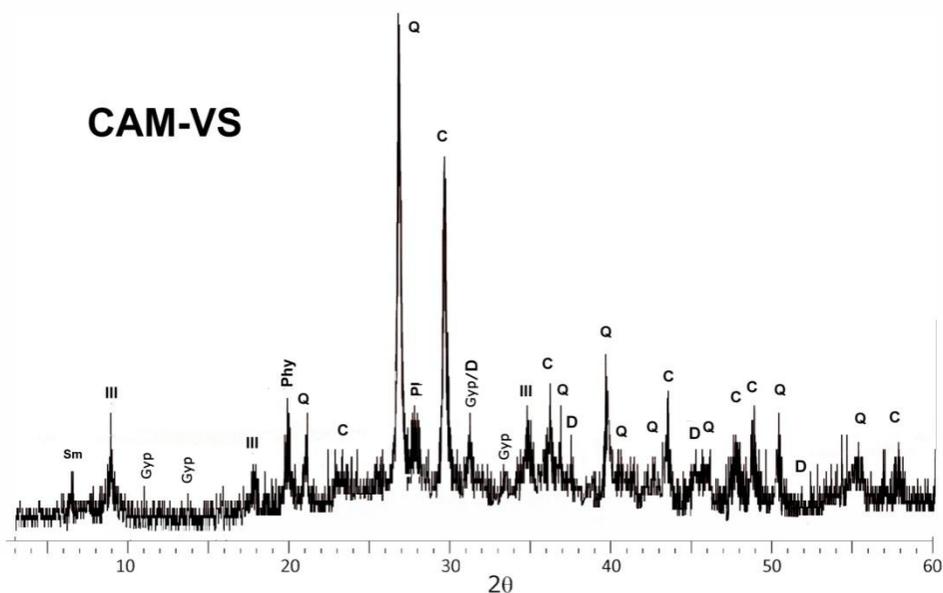


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
CAM-VS	43,1	20,4	6,8	0,1	4,8	14,2	1,0	4,4	0,8	0,1	2,78

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DEXRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
CAM-VS	1347	461	23	141	0	64	71	124	0	0	147	356	19	157	506

LOI – pérdida de peso por ignición



Difractograma. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** – yeso; **Q** – cuarzo; **PI**– plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
CAM-VS1	25	25	5	5	-	tz	15	10	-	-	tz	15

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – diópsido; **III** – ilita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-VS1/3.2	
Referencia: CAM-VS1/3 N° muestra 2 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen del Carmen			
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,99 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
<p>Borde inferior frontal de la peana, aprovechando el descantillado. Extracción con segueta.</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene una porosidad abierta de 34%, un área total de poro reducida de 7 m²/g, los datos de Po, ρ_{sk} y ρ_b son acordes a su mineralogía (ficha CAM-VS1/3.1) (t.1). Su porosidad se encuentra repartida principalmente entre 1-0,1 μm (74%) y entre 0,1-0,01 μm (18%) (t.2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,2 μm y una cantidad baja, de 0,48 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,01 μm de radio (t.3 y curva porométrica), y un 3% de poros de tamaño mayor a 10 μm. Implica una porosidad de tamaño general muy pequeño, reducida, que puede suponer problemas de retención y difusión interna de contaminantes y sales disueltas. Precaución con las fluctuaciones de humedad.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ _{sk} (g/mL)	ρ _b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
CAM-VS	6,88	2,52	1,67	33,84	48	0,99

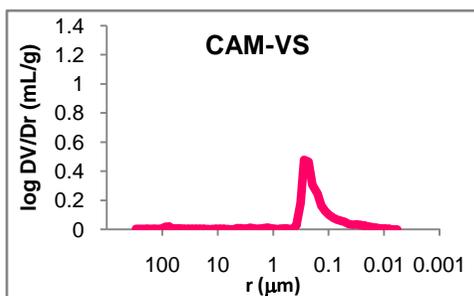
ρ_{sk}–densidad real; ρ_b–densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
CAM-VS	3,09	3,78	74,52	18,31	0,31

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia (mL/g)
CAM-VS	0,38	0,01	0,23	0,48

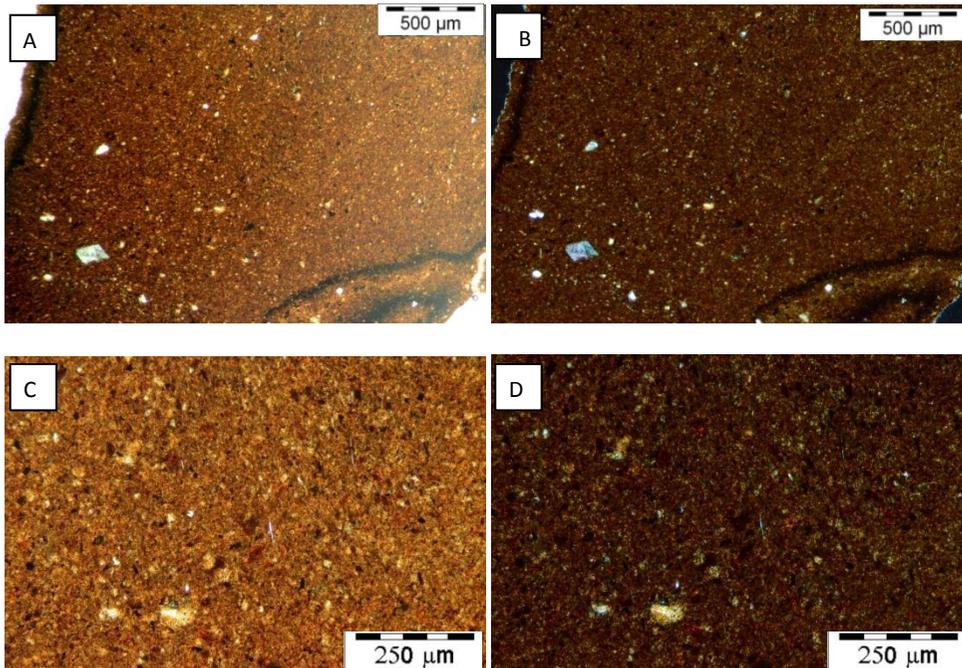


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

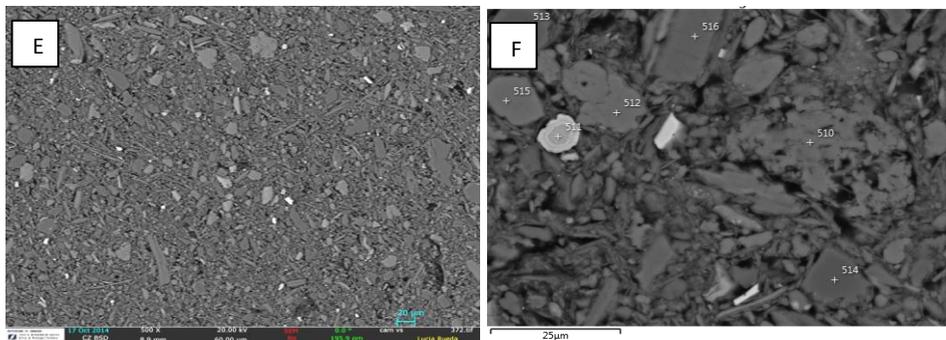
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-VS1/3.3	
Referencia: CAM-VS1/3 N° muestra 3 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen del Carmen			
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	4x4x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido	<input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior frontal de la peana. Lascas producidas por la extracción de CAM-VS1/3.2</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante. Tamaño de grano muy homogéneo y pequeño entre 2-4 μm, y tamaño intermedio de 50 μm, que indica un desajelado elevado. Agrupación de filossilicatos formando pliegues y orientación de los granos por modelado (figs. A y B). Acumulaciones de materia arcillosa (figs. C y D). Pueden provocarse laminaciones por escisión de vetas.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, pero suficientes para mantener la cohesión de la masa (figs. E y F). Mantiene porosidad primaria, porosidad secundaria en filossilicatos y carbonatos. Esto hace una terracota débil a la fractura. Identificadas ilmenita con trazas de Mn, galena, hematites, zircón, apatito, barita y oro como marcadores.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



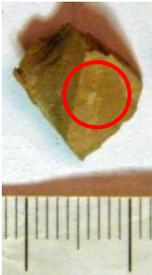
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nicoles cruzados (B, D)

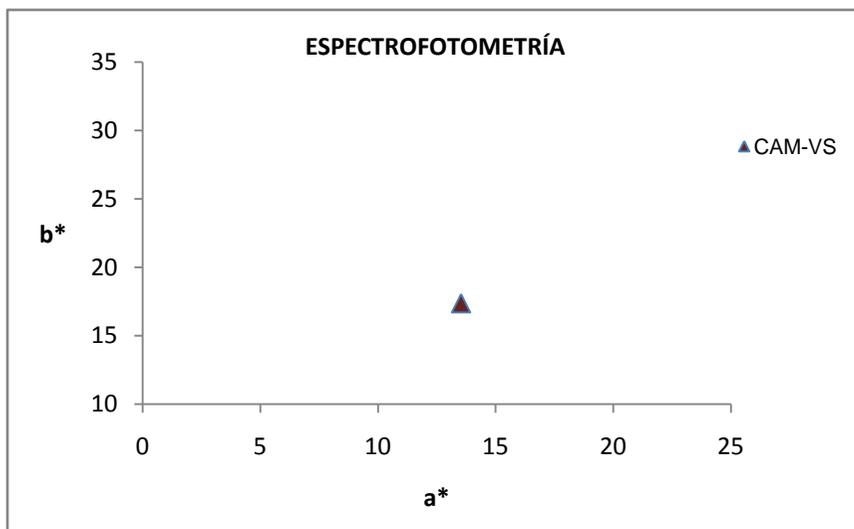


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-VS1/3.4	
Referencia: CAM-VS1/3 N° muestra 4 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen del Carmen			
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm ²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un color homogéneo en toda la superficie, amarillento y bastante claro, por los elevados valores de a*, que tiende más al amarillo, y sus valores de L* (62).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en la medida de color

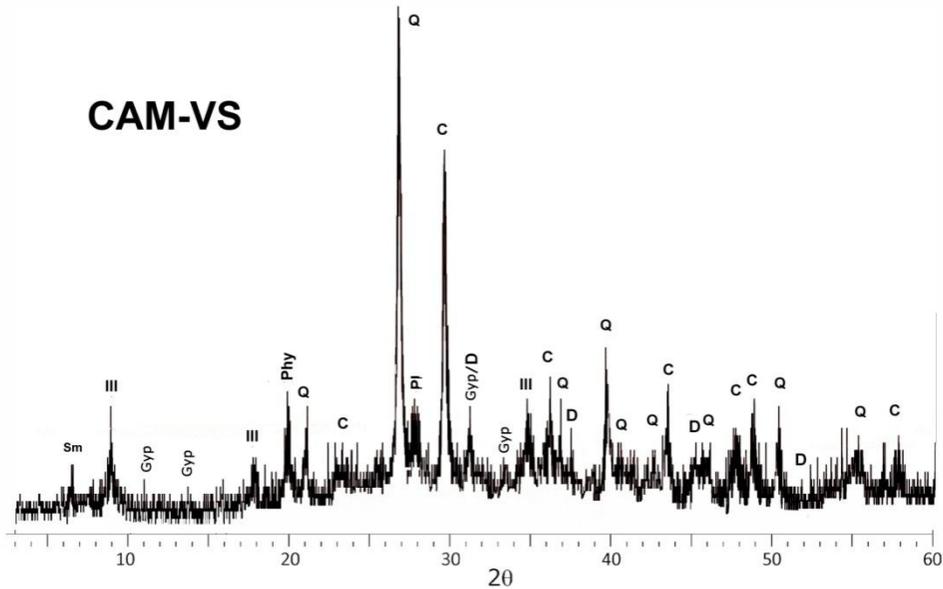
RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
CAM-VS	61,78	13,53	17,38	22,03	52	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. CAM-VS2/3.1	
Referencia: CAM-VS1/3		Nº muestra: 1	Localización Conjunto/ Pieza: San Simón
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: ---		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: 0,6 g		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input checked="" type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
	Polvo extraído de realizar un orificio en el antebrazo derecho para unir la mano nueva	<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Composición mineralógica igual a CAM-VS1/3.1. Terracota cocida alrededor de los 800-850 °C, presenta calcita y dolomita en una proporción muy elevada (20 y 5%) como fases neoformadas (15% diópsido), lo que indica que su arcilla de origen era carbonatada. Contiene yeso (5%), tal vez por contaminación con la masilla de unión de la antigua mano rota. Su cantidad de fundido no es muy elevado (15%). Todo esto implica una terracota de resistencia mecánica baja con mayor facilidad de roturas y fragmentación</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** - yeso; **Q** – cuarzo; **PI**- plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido; **Hem** – hematites

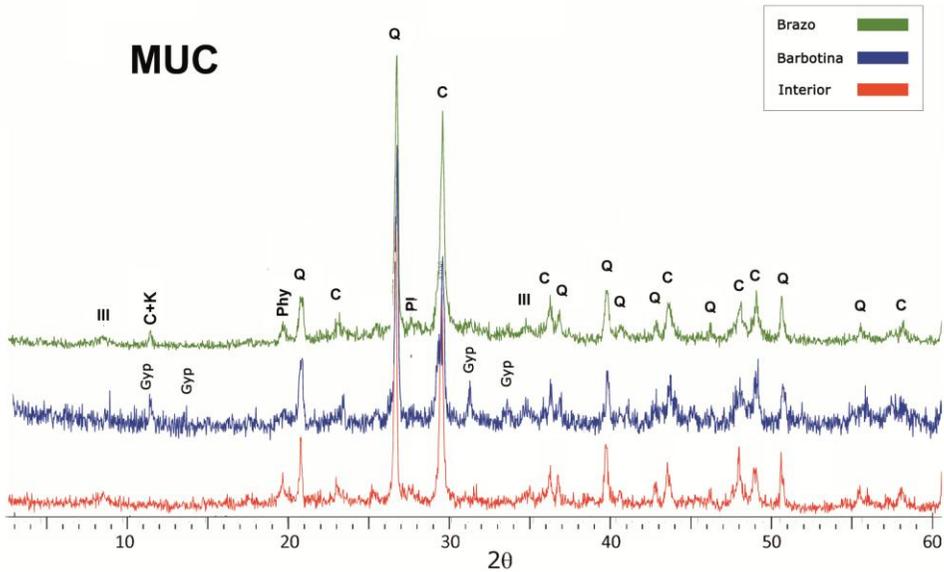
CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)													
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt	
CAM-VS 2	30	20	5	5	-	tz	15	10	-	-	tz	15	

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**- plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**- hematites; **Di** – dióxido; **III** – illita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**-yeso; **Melt**- fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUC/3.1
Referencia: MUC/3 N° muestra 1 Localización Conjunto/ Pieza: Cristo Caído		
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA	
Tamaño: <input type="text" value="---"/>	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: <input type="text" value="6 g"/>	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: <input type="text" value="Molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera"/>	Material: <input type="text" value="Terracota"/>	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)	RELACION DE ANÁLISIS	
	<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Borde inferior frontal de la peana, barbotina. Polvo de raspado de interior , y orificio en el brazo derecho. .	<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
	<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
	<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
	<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
	<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:		
<p>-XRD –terracota cocida alrededor de los 800-850 °C, presenta calcita en una proporción muy elevada (20-25%) y carece de fases neoformadas. La muestra de barbotina contiene yeso (20%), tal vez por contaminación con la masilla de unión escultura-peana. Su cantidad de fundido es bastante elevada para su baja cocción (15-20%). Se puede provocar problemas por caliche, su resistencia mecánica es baja y su cohesión puede resultar muy deficiente por la baja cocción.</p> <p>La composición entre el interior inferior de la pieza y el brazo varía notablemente en el contenido de cuarzo (25-40%) y carbonatos (25-20%). Implica poca homogeneidad en la masa, puede favorecer escisiones entre los dos materiales diferentes.</p>		
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM – espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>		



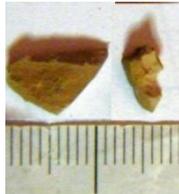
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractogramas comparando las muestras extraídas del brazo, la barbotina de unión con la peana y el interior de la pieza. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** – yeso; **Q** – cuarzo; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
MUC	bar	40	25	-	5	-	-	15	-	-	-	15
	br	25	20	-	5	-	-	10	-	-	20	20
	int	45	20	-	5	-	-	15	-	-	-	15

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – diópsido; **III** – illita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUC/3.2
Referencia: MUC/3 Nº muestra 2 Localización Conjunto/ Pieza: Cristo Caído		
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA	
Tamaño: 10x5x4 cm (2)	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: 0,99 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)	RELACION DE ANÁLISIS	
	<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
	<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP
Borde inferior frontal de la peana, aprovechando el descantillado. Extracción con segueta.	<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
	<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
	<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
	<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:		
<p>-MIP - Tiene una porosidad abierta de 33%, un área total de poro reducida de 9 m²/g, los datos de Po, ρ_{sk} y ρ_b son acordes a su mineralogía (ficha MUC/3.1) (t.1). Su porosidad se encuentra repartida principalmente entre 1-0,1 μm (76%) y entre 0,1-0,01 μm (20%) (t.2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,25 μm y una cantidad baja, de 0,48 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,01 μm de radio (t.3 y curva porométrica). Esto indica porosidad poco abundante, de tamaño muy pequeño, que puede suponer problemas de retención y difusión interna de contaminantes y sales disueltas. Precaución con las fluctuaciones de humedad.</p>		
<p>P. Hidroestática – pesada hidroestática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidroestática; Di – índice de secado</p>		

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **MUC/3.2**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
MUC	9,02	2,61	1,75	32,96	81	1,3

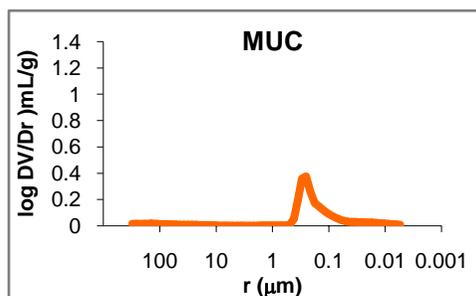
ρ_{sk} —densidad real; ρ_b —densidad aparente; P_o – porosidad abierta; **STEM** – presión de vapor; **PESO**— peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
MUC	1,57	0,45	75,80	20,17	2,01

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia (mL/g)
MUC	0,55	0,01	0,25	0,48

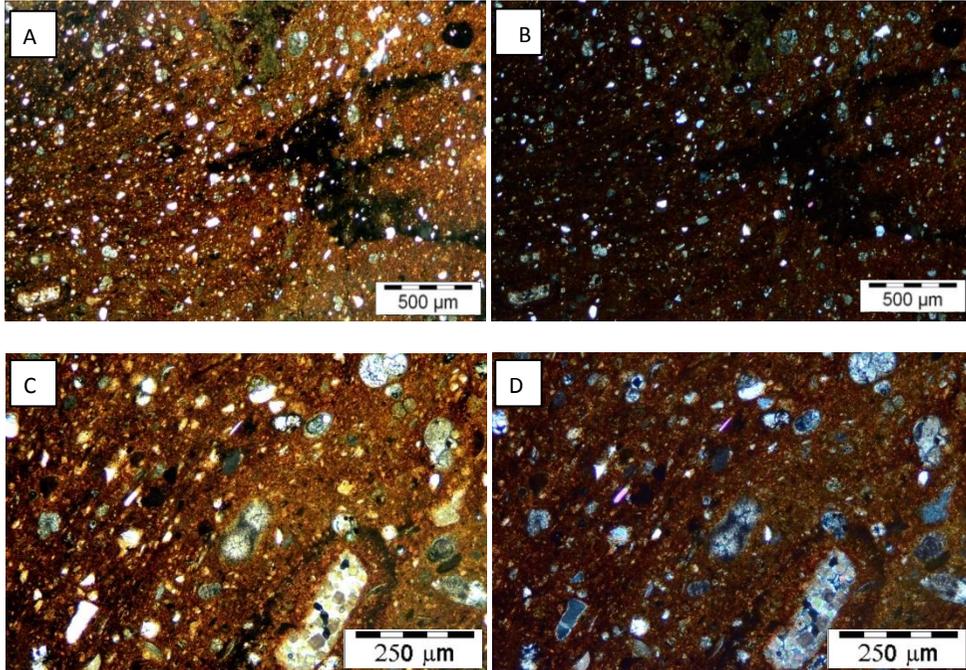


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

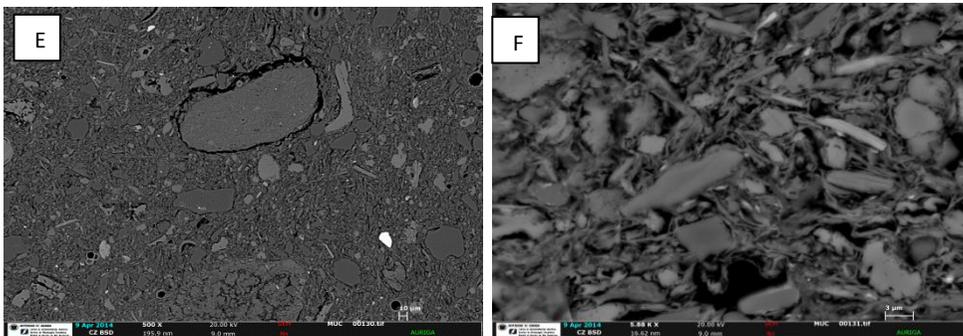
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUC/3.3			
Referencia:	MUC/3	Nº muestra	3	Localización Conjunto/ Pieza:	Cristo Caído
CARACTERÍSTICAS:			NATURALEZA		
Tamaño:	4x4x2 mm		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso:	---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
	<input type="checkbox"/> Molido	<input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización		Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)			RELACION DE ANÁLISIS		
 <p>Zona interior frontal de la peana. Lascas producidas por la extracción de CAM-VS1/3.2</p>			<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM	<input type="checkbox"/> UWP
			<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM	<input type="checkbox"/> MIP
			<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM	<input type="checkbox"/> Af
			<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD	<input type="checkbox"/> Ab
			<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF	<input type="checkbox"/> Mh
			<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM	<input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:					
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante. Tamaño de grano muy heterogéneo, entre 25-300 µm, indica un deszajelado insuficiente. Agrupación de filossilicatos formando grumos (figs. A y B), indica un mal amasado. Filossilicatos muy escasos y poco degradados, matriz poco vítrea. Abundantes carbonatos y microfósiles (figs. C y D). Todo esto reduce la resistencia mecánica de la pieza, posible fragmentación entre zonas más y menos vitrificadas, alteración por caliche.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos pero suficientes para mantener la cohesión de la masa (figs. E y F). Mantiene porosidad primaria, porosidad secundaria en filossilicatos menores de 3 µm y carbonatos. Abundantes microfósiles (globigerinas, foraminíferos). Identificados gehlenita, ilmenita con trazas de Mn, zircón, barita y anhidrita como marcadores.</p>					
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>					



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizados y en nícoles cruzados, respectivamente

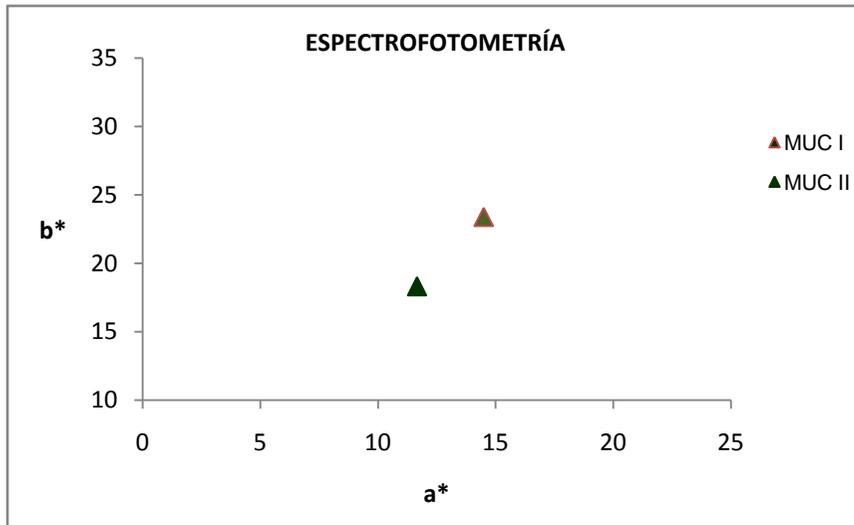


Imágenes por SEM-EDX, vista general y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filossilicatos

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUC/3.4
Referencia: MUC/3 Nº muestra 4 Localización Conjunto/ Pieza: Cristo Caído		
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)	RELACION DE ANÁLISIS	
	<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Superficie del borde inferior (MUC II) y del antebrazo izquierdo (MUC I)		
INTERPRETACIÓN:		
<p>-SPF - Borde inferior más rojizo y oscuro, seguramente por recibir el calor de la cocción más directamente (medida MUC II). El resto de la escultura es mucho más clara y amarillenta (medida MUC I).</p> <p>-El cambio de color coincide con un cambio de composición, según XRD (ficha MUC/3.1), teniendo menos cuarzo, menos ilita y más materia fundida la zona baja que la parte superior de la obra. Nuevo indicativo de un mal amasado de la arcilla. Posible fracturación por la unión de estas zonas de composición diferente.</p>		
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>		



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en la medida de color

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA							
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR	
MUC	I	64,29	14,66	23,58	27,77	58	
	II	51,72	21,29	25,86	33,50	50	

Legenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido). I – medida del cuerpo de la pieza; II – medida de la base de la pieza

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZEH/3.1		
Referencia: ZEH/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA		
Tamaño:	30x10x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso:	6,2 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS		
 <p>Zona interior izquierda de la pieza. Extracción por cincel de una protuberancia</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM	<input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM	<input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM	<input checked="" type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD	<input checked="" type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input checked="" type="checkbox"/> XRF	<input checked="" type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM	<input checked="" type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:				
<p>-XRF – Su composición química corresponde a una terracota granadina, cantidades en FeO₂ y SiO₂ elevadas (6,3% y 46%) (t. 1).</p> <p>-XRD – Terracota cocida a baja temperatura, porque presenta elevadas proporciones de carbonatos (30%) y apenas un 5% de fases neoformadas (diópsido); indica que su arcilla de origen era carbonatada. Contiene bastantes hematites (5%). Su cantidad de fundido no es muy elevado (10%) (t. 3). En global, baja resistencia mecánica para la gran envergadura de la pieza.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab toma 21% en 300 horas. Aumenta a 22% en Af. Elimina la mitad del agua en 4 horas, ralentizándose la desorción hasta eliminar la totalidad de agua en 24 horas. Indica una absorción media, Ax reducida (4%), y por tanto una vitrificación moderada de la terracota, con una porosidad abierta (Po) del 37%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (0,96%) (t.4). Esto reduce el riesgo de retención de contaminantes en su interior.</p>				
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>				

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **ZEH/3.1**

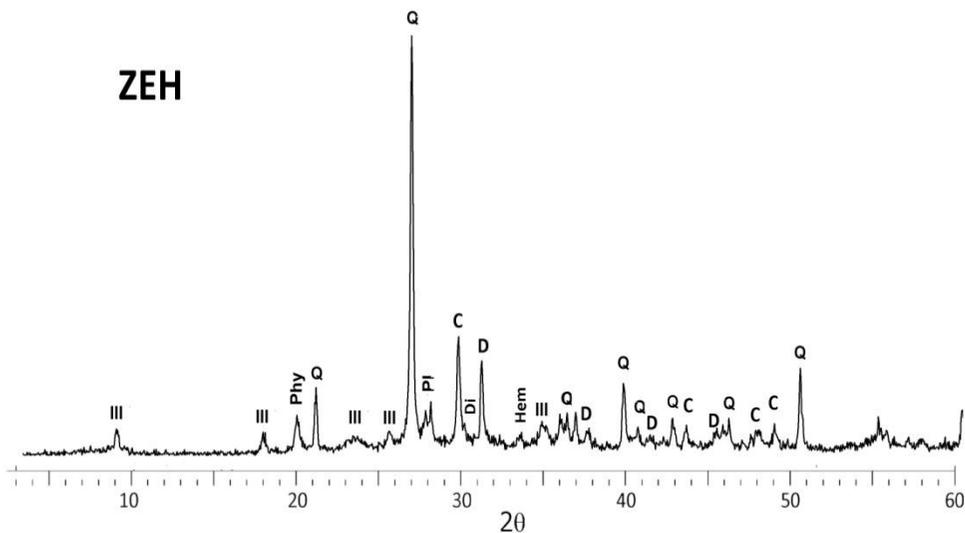


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
ZEH	45,9	19,4	6,7	0,1	3,9	12,6	0,5	3,7	0,8	0,1	9,66

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
ZEH	399	214	0	0	178	69	79	157	21	0	160	325	19	207	542

LOI – pérdida de peso por ignición



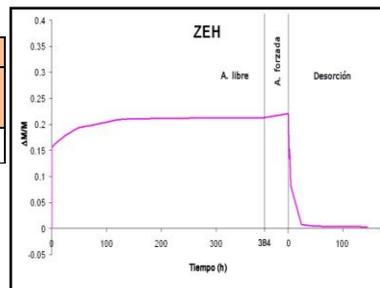
Difractograma. Leyenda: III – illita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; PI – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; Di – dióxido; D – dolomita; Hem – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
ZEH	40	15	15	5	-	tz	5	10	-	-	-	10

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
21,19	22,14	4,4	1,70	2,73	87,77	0,9	37,66

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZEH/3.2	
Referencia:	ZEH/3	Nº muestra	2
Localización Conjunto/ Pieza:	Ecce-Homo		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,02 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior izquierda de la pieza. Extracción por cincel de una protuberancia</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro de 5,4 m²/g, una porosidad abierta no muy elevada (31%). Los datos de Po, ρ_{sk} y ρ_b son similares a los obtenidos por ensayos hídricos y se corresponden con su mineralogía (ficha ZEH/3.1) (t. 1). El 84% de su porosidad total se encuentra en el rango de radio de poro de 1-0,1 μm, y el 13% en un radio entre 0,1-0,01 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,3 μm y una cantidad baja de porosidad, 0,47 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,01 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Implica una porosidad escasa, de pequeño tamaño, que puede aumentar el riesgo de cristalización de sales, si bien la desorción de los fluidos era muy eficiente y la absorción de agua no demasiado elevada, como indicaba ZEH/3.1</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
ZEH	5,43	2,61	1,81	30,82	44	1,01

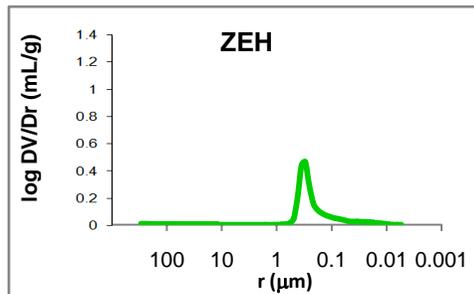
ρ_{sk} —densidad real; ρ_b —densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO— peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
ZEH	2,37	0,18	84,26	13,09	0,10

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
ZEH	0,58	0,01	0,30	0,47

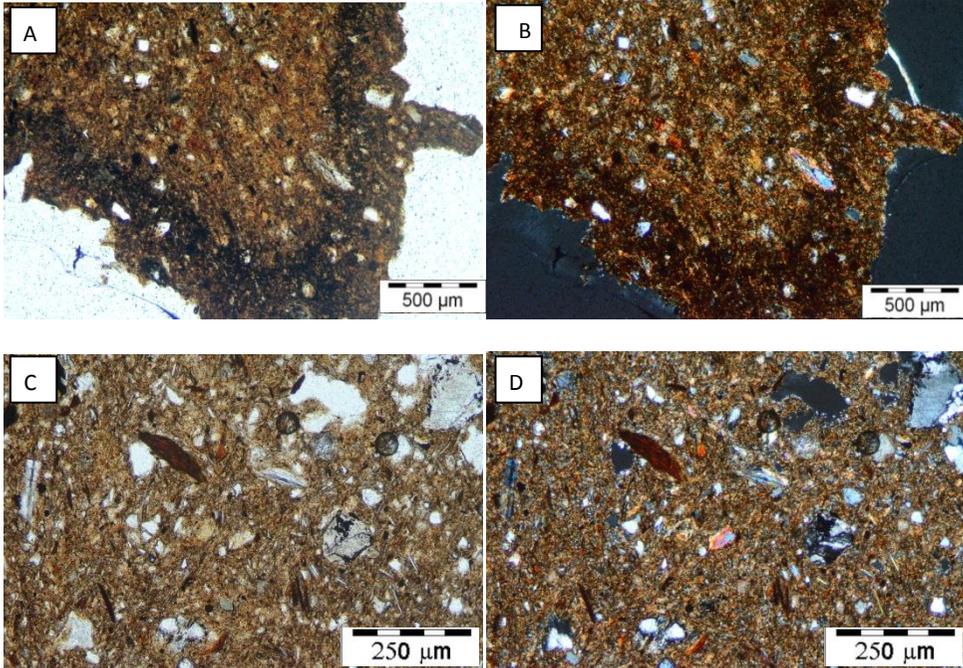


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

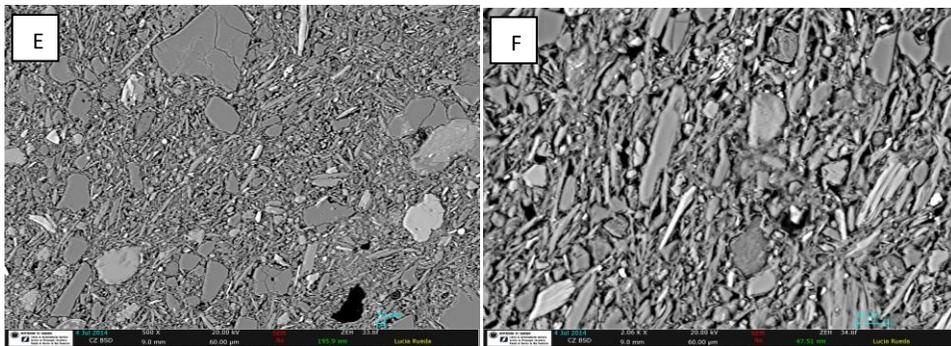
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZEH/3.3	
Referencia: ZEH/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 4x4x2 mm		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: Lámina delgado-pulida/metalización		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
			
Zona interior izquierda. Restos obtenidos al extraer la muestra ZEH/3.2		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante. Tamaño de grano muy heterogéneo entre 5-500 µm (figs. A y B), indica deszajelado escaso. Filosilicatos escasos, de grado de degradación variable según su tamaño. Carbonatos muy abundantes, bastante degradados. Abundantes oxihidróxidos de hierro. (figs. C y D). Formación de un borde más oscuro, puede provocar escisión de estratos.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, aunque suficientes para mantener la buena trabazón de la terracota, a lugar a una terracota frágil a la rotura. Mantiene porosidad primaria, porosidad secundaria sólo en carbonatos. Formación de fisuras intergranulares. Carbonatos de grandes dimensiones poco transformados, gehlenita y diópsido en los bordes de grano (figs. E y F). Identificados ilmenita con trazas de V, rutilo, hematites y apatito como marcadores.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

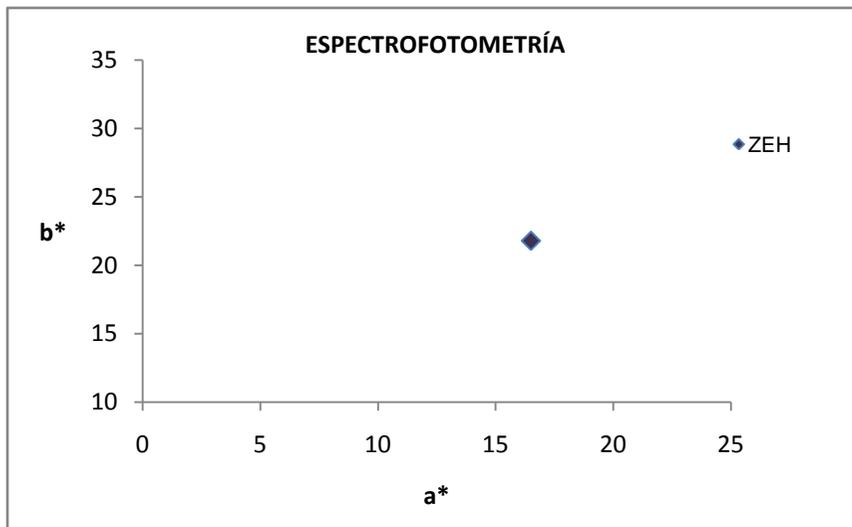


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZEH/3.4	
Referencia: ZEH/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Ecce-Homo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior derecha. Superficie</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un tono homogéneo en toda la pieza, anaranjado y bastante claro, por los valores equilibrados de a* y b*, y sus valores de L* (59).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
ZEH	59,57	16,28	22,20	27,53	54	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

C.2.1.4.2. Talleres Barristas Granadinos

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BHE 1/3.1
Referencia: BHE/3 Nº muestra 1 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen María		
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA	
Tamaño: 100x45 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: 9 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)	RELACION DE ANÁLISIS	
	<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Se ha tomado la lasca desprendida por laminación de la zona inferior de toda la base de la pieza. Muestra amarilla (general), muestra roja y muestra gris.	<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
	<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af
	<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab
	<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input checked="" type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh
	<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:		
-XRF – Su composición química corresponde a una terracota granadina, cantidades en CaO algo más elevada que la media (17%) (t. 1). Particular es la cantidad de Sr (614 ppm) (t. 2).		
-XRD – Terracota cocida a baja temperatura, porque presenta elevadas proporciones de carbonatos (entre el 10 y el 20%) y no contiene fases neoformadas. Su proporción de illita es muy elevada (20%). Su cantidad de fundido es elevado (15%) (t. 3). Hay diferencias ligeras en la proporción de cuarzo, illita y plagioclasa entre las muestras grises y rojas, que implica mal amasado de la arcilla.		
-Ab, Af, Mh, Di – En Ab absorbe un elevado 26% de agua en 300 horas. Aumenta sólo 0,5% en Af. Elimina la totalidad del agua en 1 hora. Indica una absorción elevada, Ax elevada (1,4%), y por tanto una vitrificación de la terracota muy baja, con una porosidad abierta (Po) del 41%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno (1,03%) (t.4). Absorbe mucha agua, pero la elimina fácilmente.		
P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado		

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **BHE 1/3.1**

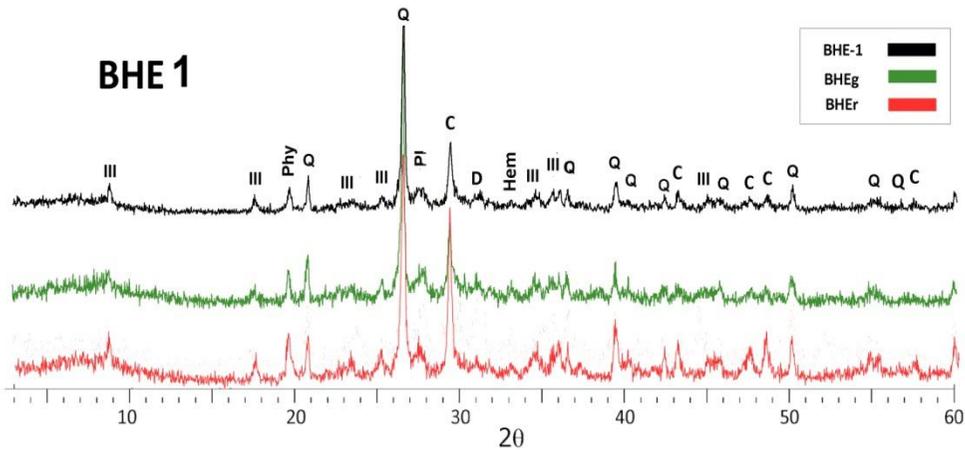


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
BHE	40,2	18,2	6,3	0,1	3,1	16,8	0,6	3,8	0,7	0,1	9,38

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
BHE	656	410	0	0	16	60	79	165	23	23	168	614	18	151	558

LOI – pérdida de peso por ignición



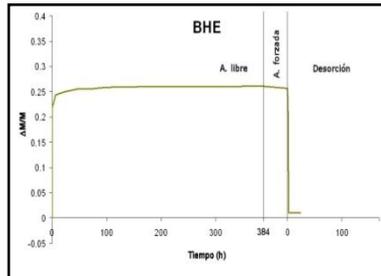
Difractogramas. Leyenda: III – ilita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; PI – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; Di – diópsido; D – dolomita; Hem – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
BHE 1	1	35	10	tz	20	-	tz	-	20	-	-	15
	gr	35	10	tz	20	-	tz	-	20	-	-	15
	r	30	20	tz	10	-	tz	-	15	-	-	15

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ _b (g/cm ³)	ρ _{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
26,10	26,47	1,4	1,58	2,71	96,74	1,0	41,77

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso (ΔM/M) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BHE 1/3.2	
Referencia: BHE 1/3		Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: Virgen María
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,02 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Se ha tomado la lasca desprendida por laminación de la zona inferior de toda la base de la pieza.</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro de 4 m²/g, una porosidad abierta elevada (39%). Los datos de Po, ρ_{sk} y ρ_b son similares a los obtenidos por ensayos hídricos y se corresponden con su mineralogía (ficha BHE/3.1) (t. 1). El 87% de su porosidad total se encuentra en el rango de radio de poro de 1-0,1 μm, y un elevado 8% en un radio superior a 10 μm (t. 2), que puede deberse a la formación de fisuras en el seno de la terracota. Distribución de poros unimodal, con su pico máximo entre 0,35 y 0,42 μm, con una cantidad de porosidad de 0,47 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,07 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Esto indica una muestra con porosidad de radio bastante grande que evita problemas por cristalización de sales y favorece la desorción, punto positivo vista la elevada cantidad de agua que absorbe.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
BHE	3,97	2,72	1,65	39,27	62	1,02

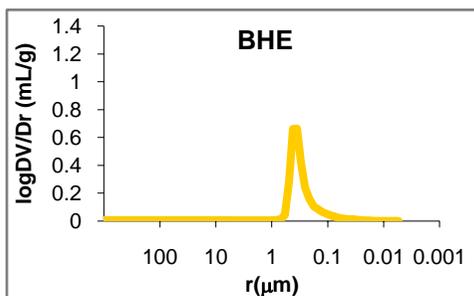
ρ_{sk} –densidad real; ρ_b –densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
BHE	7,78	0,12	87,53	4,57	0,00

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
BHE	0,58	0,07	0,42-0,35	0,66

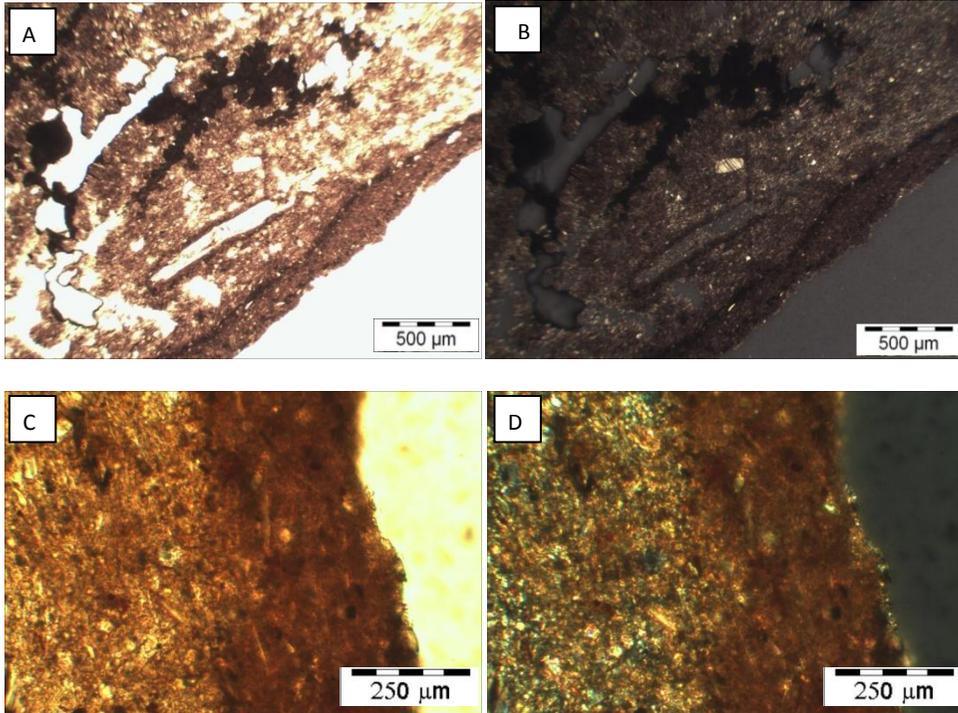


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

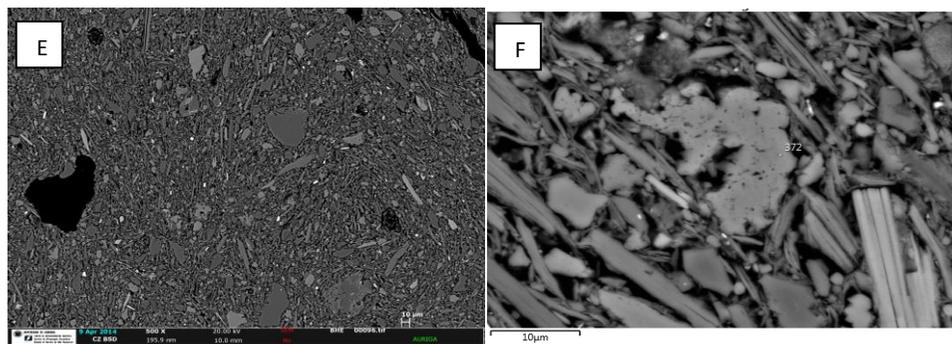
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BHE 1/3.3		
Referencia: BHE 1/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: Virgen María	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA		
Tamaño:	8x9x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
	<input type="checkbox"/> Molido	<input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material:	Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS		
 <p>Se ha tomado la lasca desprendida por laminación de la zona inferior de toda la base de la pieza.</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM	<input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM	<input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM	<input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD	<input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF	<input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM	<input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:				
<p>-POM – Falta de cohesión, unión de granos insuficiente. Diferenciación entre matriz y desgrasante muy escasa. Tamaño de grano entre 60-600 µm (figs. A y B) que implica un desajelado escaso. Acumulaciones de filosilicatos y cuarzos formando pliegues por mal amasado. Filosilicatos y carbonatos abundantes y poco degradados por cocción insuficiente. Formación de un borde diferenciado (figs. C y D). Esto explica la escisión entre estratos, la baja resistencia mecánica y la facilidad de fractura, por baja temperatura de cocción y deficiente elaboración previa de la arcilla.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, se evidencia la falta de cohesión general. Mantiene porosidad primaria, irregular y abundante. Formación de fisuras intergranulares. Carbonatos de grandes dimensiones poco transformados, que pueden dar lugar a caliches, filosilicatos incluso de 2 µm poco degradados. Se han identificado microfósiles, dolomitas (figs. E y F), ilmenita, hematites, zircón, hercinita, apatito y anhídrita como marcadores.</p>				
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>				



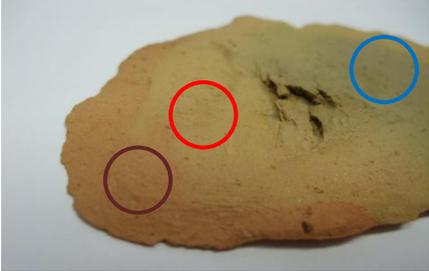
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nicóles cruzados (B, D)

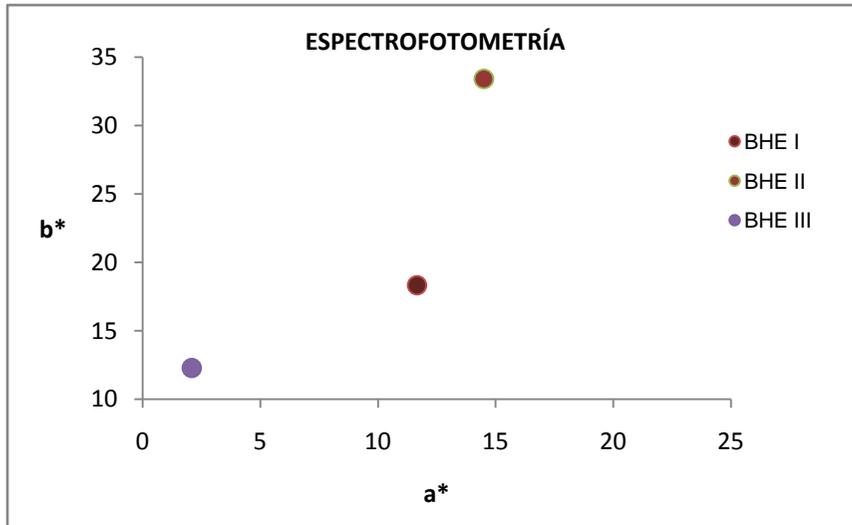


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BHE 1/3.4	
Referencia: BHE 1/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Virgen María
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Laminado desprendido de la base. Superficie. BHE I marrón oscuro, BHE II rojo, BHE III azul			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - La masa se compone por dos vetas diferenciadas, amarillenta (BHE II) y rojiza (BHE I), y una zona más agrisada (BHE III), tal vez corazón negro. En general es bastante clara por sus valores de L * (60-65), siendo más clara la veta amarillenta.</p> <p>La diferencia de color implica una composición diferente, como veíamos en BHE/3.1, lo que explica la acusada laminación que ha sufrido la pieza.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

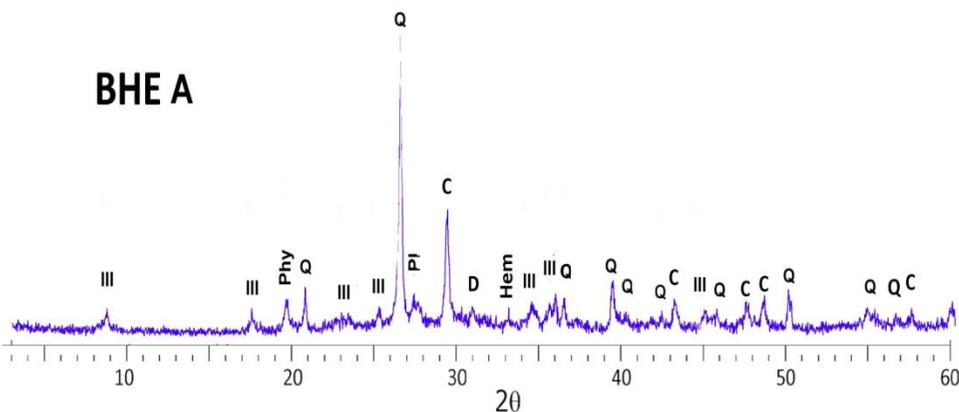
RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA							
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR	
BHE	I	60,50	11,66	18,34	21,73	57	
	II	64,75	14,50	33,41	25,48	59	
	III	65,76	2,09	12,29	12,46	80	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido); I – medida de la veta oscura de la masa; II – medida de la veta clara de la masa; III – medida de corazón grisáceo interior

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BHE A/3.1	
Referencia: BHE A/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Ángel
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: ---	Peso: 0,6 g	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Estado de la muestra: <input type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input checked="" type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Tratamiento: ---		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Polvo extraído de realizar un orificio en el antebrazo derecho para unir la mano nueva</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Composición mineralógica igual a BHE 1/3.1. Terracota cocida a baja temperatura, porque presenta elevadas proporciones de carbonatos (15%) y no contiene fases neoformadas. Su proporción de illita es muy elevada (20%). Su cantidad de fundido es elevado (15%). Es más similar a la muestra gris (BHE gr) que a la roja (BHE r).</p> <p>Esta diferencia de composición se puede explicar por el amasado deficiente ya registrado.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractogramas. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** - yeso; **Q** – cuarzo; **PI**– plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

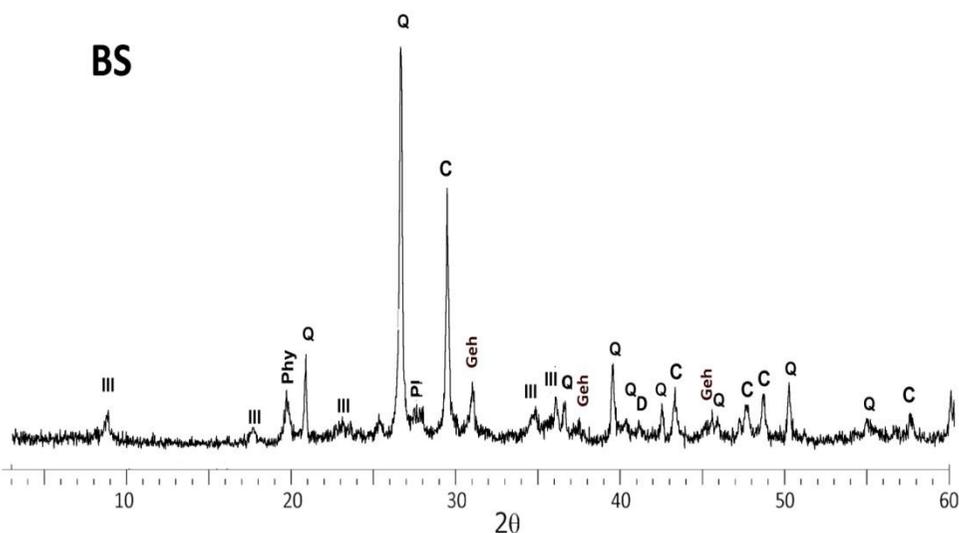
CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
BHE A	35	15	tz	15	-	tz	-	20	-	-	-	15

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – diópsido; **III** – ilita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BS 1.1/3.1	
Referencia: BS 1.1/3 Nº muestra 1 Localización Conjunto/ Pieza: Inmaculada			
CARACTERÍSTICAS: Tamaño: <input type="text" value="---"/> Peso: <input type="text" value="0,5 g"/> Estado de la muestra: <input type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input checked="" type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar Tratamiento: <input type="text" value="---"/>	NATURALEZA <input type="checkbox"/> Suciedad <input type="checkbox"/> Preparación <input type="checkbox"/> Acabados <input checked="" type="checkbox"/> Soporte <input type="checkbox"/> Policromía <input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte <input type="checkbox"/> Añadidos <input type="checkbox"/> Mortero Material: <input type="text" value="Terracota"/>		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p style="text-align: center;">Lascas desprendidas de la base</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Terracota cocida a baja temperatura, presenta calcita y dolomita en una proporción muy elevada (25 y 5%), y apenas un 5 % de gehlenita, lo que indica que su arcilla de origen era carbonatada. Aunque se identifica un 15% de fundido, la terracota está muy poco cohesionada. El contenido en cuarzo es bajo (35%). La elevada cantidad de carbonatos explica la gran cantidad de deterioro por caliche sufrido en este conjunto.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** - yeso; **Q** – cuarzo; **Pl**– plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)

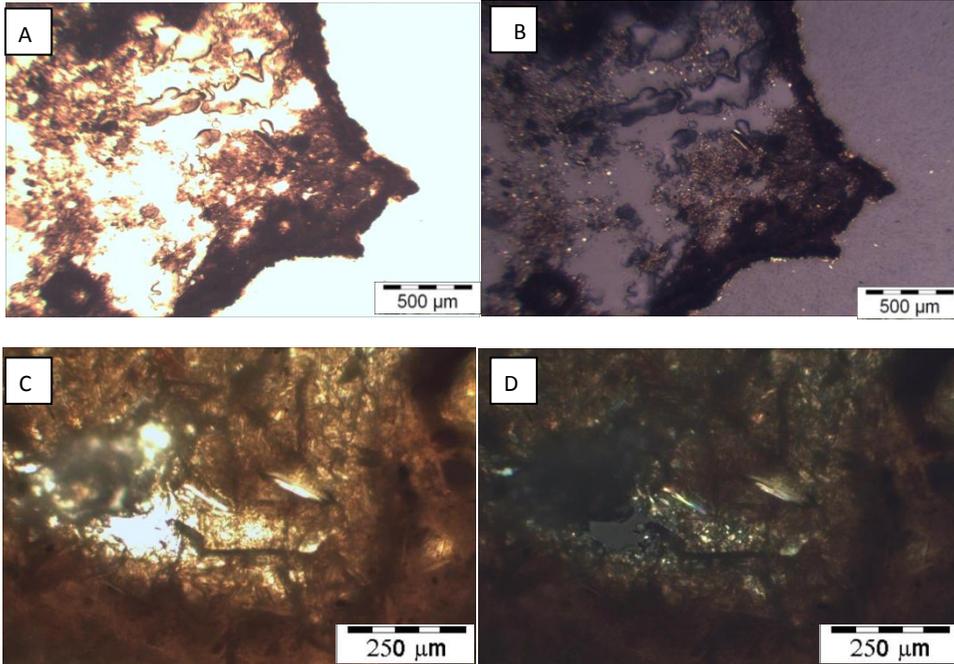
MUESTRA	Q	C	D	Pl	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
BS 1.1	35	25	5	tz	5	-	-	15	-	-	-	15

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Pl**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – diópsido; **III** – illita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

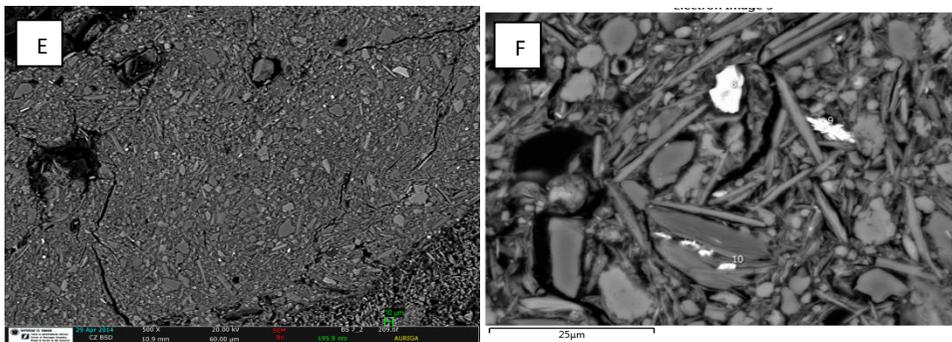
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BS 1.1/3.2	
Referencia:	BS 1.1/3	Nº muestra	3
Localización Conjunto/ Pieza:	Inmaculada		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	4x4x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Lascas desprendidas de la base</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Falta de cohesión, unión de granos insuficiente. Diferenciación entre matriz y desgrasante muy marcada incluso en granos muy pequeños. Tamaño de grano general entre 5-60 µm (figs. A y B), carbonatos en granos de 200-300 µm, implica un desajelado escaso; filosilicatos abundantes poco degradados implica una cocción insuficiente (figs. C y D). Formación de un borde más denso, puede provocar una escisión de estratos. Pieza en general de muy poca resistencia mecánica.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, se evidencia la falta de cohesión general. Mantiene porosidad primaria, irregular y abundante. Formación de fisuras intergranulares abundantes. Carbonatos de grandes dimensiones poco transformados, peligro de caliche. Filossilicatos incluso de 2 µm poco degradados (figs. E y F). Se han identificado ilmenita con Mn, rutilo, hematites como marcadores.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

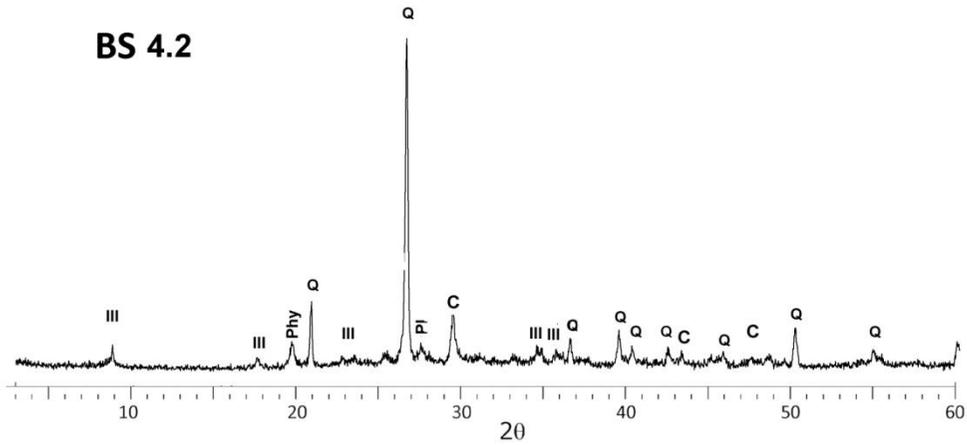


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BS 4.2/3.1	
Referencia:	BS 4.2/3	Nº muestra	1
Localización Conjunto/ Pieza:	Penitente		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	---	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,7 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input checked="" type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Polvo extraído de la zona inferior de la pieza		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Composición mineralógica muy parecida a BS 1.1/3.1. Varía principalmente en la mayor cantidad de plagioclasas (20%) y la menor cantidad de carbonatos (5%). Terracota cocida a baja temperatura, ya que no contiene gehlenita, pero sí un 15% de fundido, bastante elevado. Su menor proporción de calcita reduce la posibilidad de deterioro por caliche.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – ilita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** - yeso; **Q** – cuarzo; **Pl**– plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

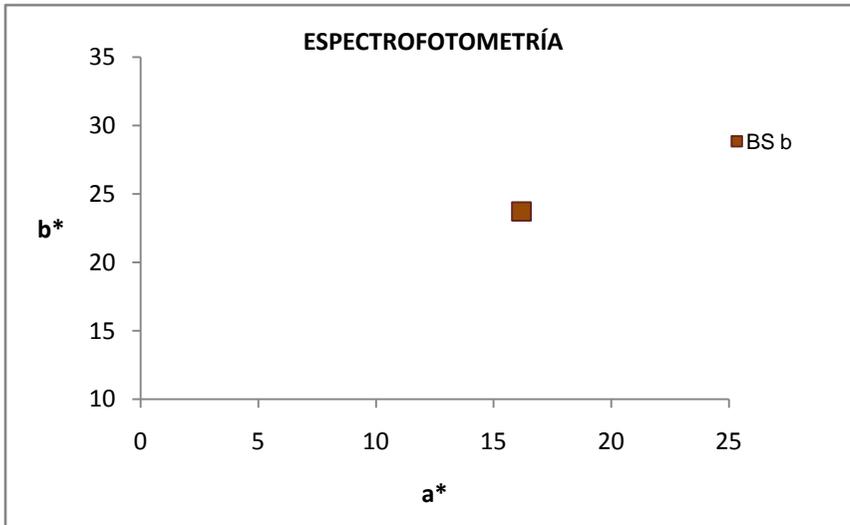
CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)												
MUESTRA	Q	C	D	Pl	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
BS 4.2	45	5	-	20	-	-	-	15	-	-	-	15

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Pl**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – diópsido; **III** – ilita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BS 4.2/3.2	
Referencia: BS 4.2/3		Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: Mujer penitente
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
			
Zona inferior de la pieza. Superficie		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
-SPF - Tiene un color aparentemente homogéneo, anaranjado y bastante claro, por los valores equilibrados de a* y b*, y sus valores de L* (59).			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

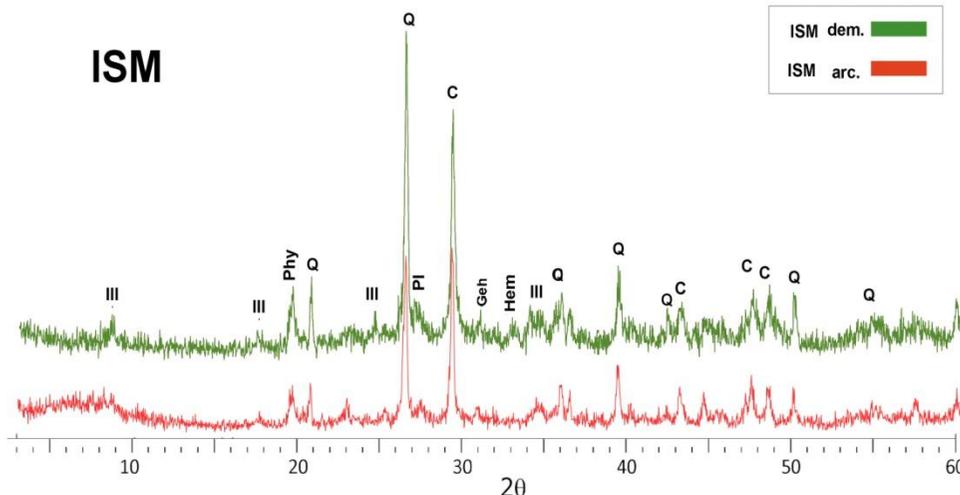
RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
BS 4.2	58,45	16,18	23,72	28,72	56	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ISM/3.1
Referencia: ISM/3 Nº muestra 1 Localización Conjunto/ Pieza: San Miguel		
CARACTERÍSTICAS: Tamaño: <input type="text" value="---"/> Peso: <input type="text" value="0,6 g"/> Estado de la muestra: <input type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input checked="" type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar Tratamiento: <input type="text" value="---"/>	NATURALEZA <input type="checkbox"/> Suciedad <input type="checkbox"/> Preparación <input type="checkbox"/> Acabados <input checked="" type="checkbox"/> Soporte <input type="checkbox"/> Policromía <input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte <input type="checkbox"/> Añadidos <input type="checkbox"/> Mortero Material: <input type="text" value="Terracota"/>	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto) <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> Interior del brazo izquierdo del demonio (ISM dem), polvo de realizar la extracción de la muestra ISM/3.3, y de la base del arcángel (ISM arc)	RELACION DE ANÁLISIS <input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN: -XRD - Terracota cocida a baja temperatura, presenta calcita y dolomita en una proporción muy elevada (25 y 5%), sin fases neoformadas. La arcilla de origen era carbonatada. No obstante, contiene una gran cantidad de fundido (20%), lo que mejora su resistencia mecánica. La elevada proporción de carbonatos puede dar problemas de caliche. La composición entre las dos muestras tomadas es muy similar, lo que indica una homogeneidad en la pieza.		
P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado		



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Gyp** - yeso; **Q** – cuarzo; **PI**– plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **D** – dolomita; **Geh** – gehlenita; **Di** – dióxido; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES (%)													
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt	
ISM	dem	30	25	5	10	tz	tz	-	10	-	-	-	20
	arc.	35	30	5	5	tz	tz	-	5	-	-	-	20

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – dióxido; **III** – illita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref.	ISM/3.2
Referencia: ISM/3		Nº muestra	2
Localización Conjunto/ Pieza:		San Miguel	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	12x10x3 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Interior del brazo izquierdo del demonio (ISM dem), lascas producida al realizar la extracción de la muestra ISM/3.3</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación difícil entre matriz y desgrasante, que implica elevada vitrificación, Desgrasante escaso, generalmente pequeño, que puede haber provocado las fisuras por contracción (figs. C y D). Filosilicatos pequeños, muy degradados y orientados por modelado (figs. A y B). Carbonatos poco degradados. Formación de grumos por acumulación de arcillas, también rellenando las fisuras por secado (figs. C y D). Esto implica una resistencia mecánica suficiente para una pieza pequeña, que para la intrincada composición de ésta ha resultado insuficiente.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, aunque suficientes para mantener la buena trabazón de la terracota. Mantiene porosidad primaria, porosidad secundaria sólo en carbonatos. Carbonatos de pequeñas dimensiones (<10 µm) muy degradados a gehlenita, los mayores, poco transformados (figs. E y F), pueden dar lugar a caliches. Identificados ilmenita, rutilo, hematites con trazas de Mn, barita, zircones y apatito como marcadores.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ISM/3.3	
Referencia: ISM/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: San Miguel
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	13x5x3 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,96 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Interior del brazo izquierdo del demonio. Extraído con segueta.</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro de $6,5 \text{ m}^2/\text{g}$, una porosidad abierta no muy elevada (33%). Los datos de ρ_{sk} y ρ_b se corresponden con su mineralogía (ficha ISM/3.1) (t. 1). El 86% de su porosidad total se encuentra en el rango de radio de poro de 1-0,1 μm, y el 11% en un radio entre 0,1-0,01 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,2 μm y una cantidad baja de porosidad, 0,64 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,03 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Implica una porosidad abundante, de pequeño tamaño, que puede aumentar el riesgo de cristalización de sales.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ _{sk} (g/mL)	ρ _b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
ISM	6,49	2,70	1,80	33,54	46	0,96

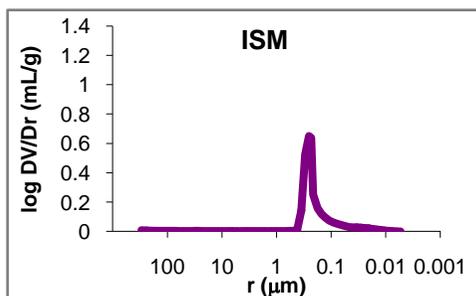
ρ_{sk}–densidad real; ρ_b–densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
ISM	1,80	0,79	85,90	11,37	0,14

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
ISM	0,42	0,03	0,23	0,64

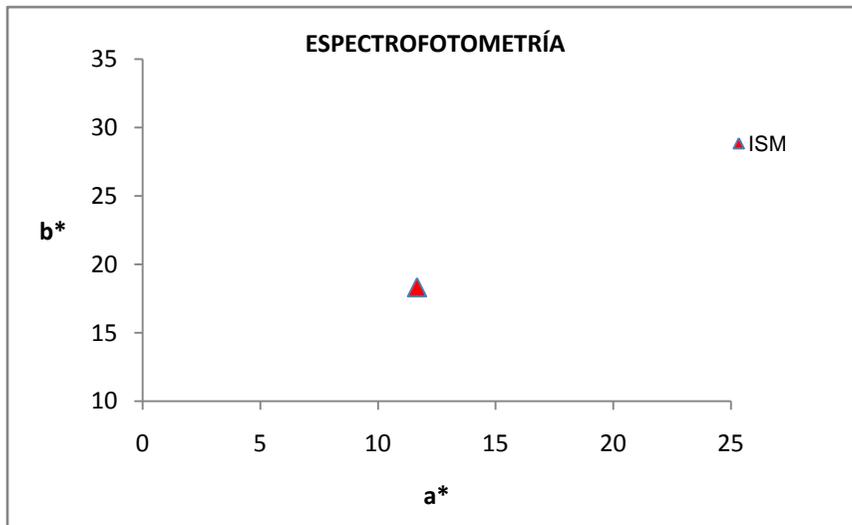


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref.	ISM/3.4
Referencia: ISM/3		Nº muestra	4
Localización Conjunto/ Pieza:		San Miguel	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	2 mm ²	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	---	Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona de unión de la peana. Superficie</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un color homogéneo en toda la pieza, anaranjado y bastante claro, por los valores equilibrados de a* y b*, y sus valores de L* (61).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



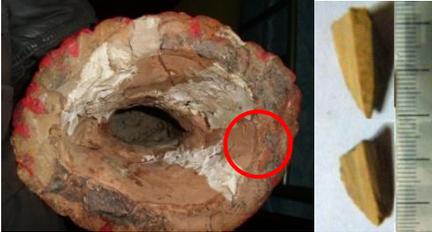
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
ISM	61,30	11,10	17,90	21,73	57	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAF/3.1	
Referencia:	ZAF/3	Nº muestra	1
Localización Conjunto/ Pieza:		Ánima Fem.	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	20x10x7 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	6,2 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior izquierda de la pieza. Extracción por segueta. Polvo de zona rojiza (ZAF r) y grisácea (ZAF gr)</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input checked="" type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRF – Su composición química corresponde a una terracota granadina, cantidades de FeO₂ y SiO₂ baja (37% y 6%) (t. 1). Cantidades elevadas de S (1104 ppm).</p> <p>-XRD – Terracota cocida a temperatura inferior a 850 °C, presenta carbonatos entre 10-20%, no contiene fases neoformadas. Contiene elevada cantidad de plagioclasas (15%) y cuarzo (55-60%) y escasa vitrificación (10-15%) (t. 3). Hay diferencias entre la muestra roja (ZAF r), con más carbonatos y menos fundido que la gris (ZAF gr). En general, escasa resistencia mecánica para su envergadura.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab toma un 23% de agua en 300 horas. Aumenta sólo 0,5% en Af. Elimina la totalidad de agua en 24 horas. Ax elevada (1,7%), y por tanto una vitrificación baja de la terracota, con una porosidad abierta (Po) del 39%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (1%) (t.4). Absorción media de la humedad y un efectivo secado reducen la retención de sustancias disueltas.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **ZAF/3.1**

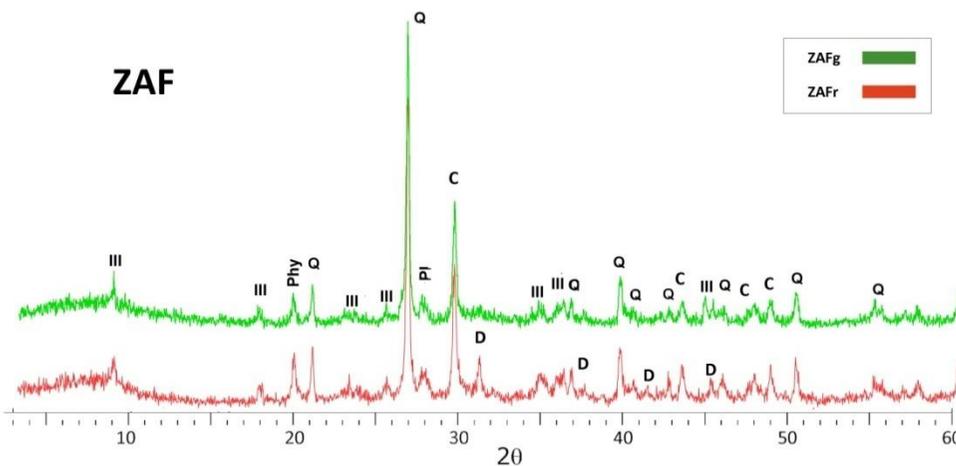


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
ZAF	37,1	15,9	5,8	0,1	2,9	11,9	0,5	3,1	0,7	0,1	11,02

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
ZAF	1104	248	0	109	101	59	66	133	19	0	127	296	14	168	545

LOI – pérdida de peso por ignición



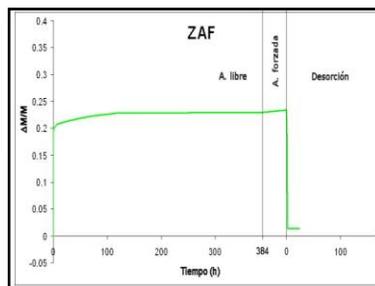
Difractograma. Leyenda: III – illita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; Pl – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; Di – diópsido; D – dolomita; Hem – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)													
MUESTRA	Q	C	D	Pl	Geh	Hem	Di	Ill	Woll	Mull	Gyp	Melt	
ZAF	gr	60	10	-	15	-	tz	-	5	-	-	-	15
	r	55	15	5	15	-	tz	-	5	-	-	-	10

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
22,98	23,39	1,7	1,66	2,71	93,21	1,0	38,79

Ax – interconexión de poros; pb – densidad aparente; psk – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAF/3.2	
Referencia: ZAF/3		Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Fem.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	15x15x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,12 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior izquierda de la pieza. Extracción por següeta</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro bastante elevada, 9 m²/g, una porosidad abierta no muy elevada (33%). Los datos de Po, ρ_{sk} y ρ_b son similares a los obtenidos por ensayos hídricos y se corresponden con su mineralogía (ficha ZAF/3.1) (t. 1). El 72% de su porosidad total se encuentra en el rango de radio de poro de 1-0,1 μm, y el 18% en un radio entre 0,1-0,01 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,26 μm y una cantidad baja de porosidad, 0,37 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,05 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Implica una porosidad de tamaño pequeño que puede favorecer problemas de cristalización de sales.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **ZAF/3.2**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
ZAF	9,03	2,62	1,75	32,96	54	1,12

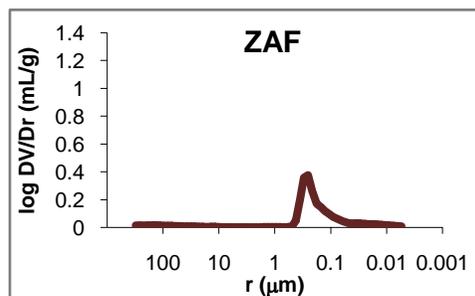
ρ_{sk} –densidad real; ρ_b –densidad aparente; P_o – porosidad abierta; **STEM** – presión de vapor; **PESO**– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
ZAF	7,46	0,65	72,53	17,61	1,75

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
ZAF	0,42	0,05	0,26	0,37

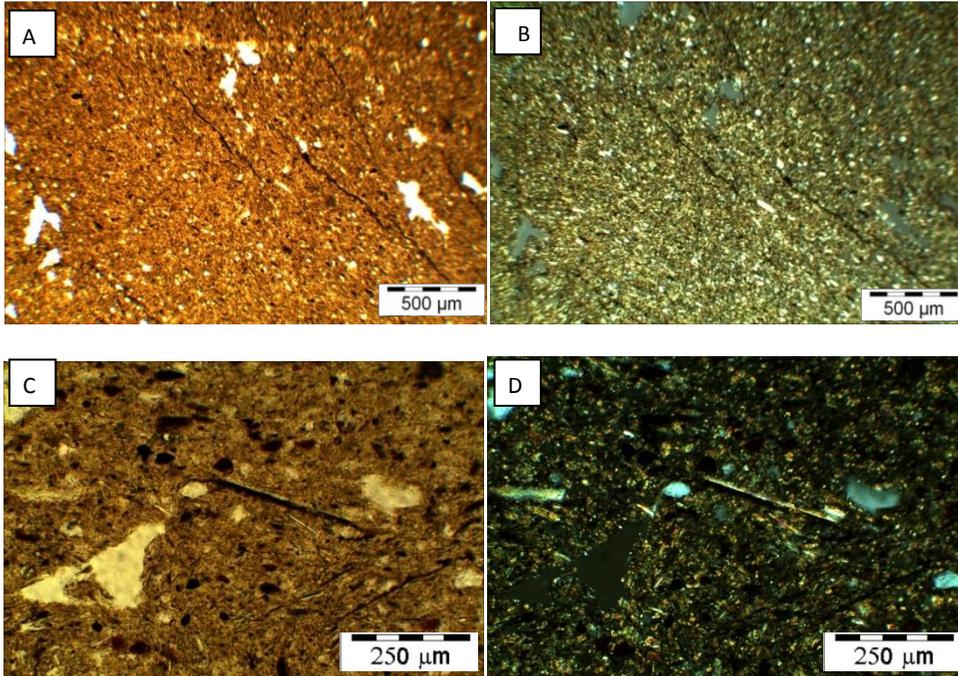


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

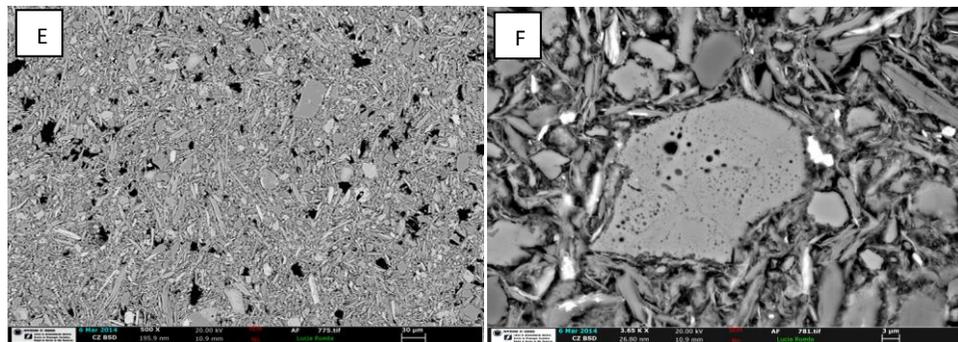
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAF/3.3	
Referencia: ZAF/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Fem.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	4x4x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior izquierda. Restos obtenidos al extraer la muestra ZAF/3.2</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante que indica poca vitrificación. Tamaño de grano muy pequeño en general pero heterogéneo entre 5-150 µm (figs. A y B), indica un desajelado escaso. Filosilicatos escasos, poco degradados, que aportan poco fundido. Carbonatos muy pequeños, poco perceptibles, reducen el riesgo de caliche. Abundantes oxi-hidróxidos de hierro y porosidad grande e irregular (figs. C y D), con formación de fisuras, que pueden mermar su resistencia mecánica aportando puntos débiles de fractura.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, principalmente en los filosilicatos de tamaño muy pequeño. Mantiene porosidad primaria, porosidad secundaria sólo en carbonatos. Carbonatos de mayores dimensiones poco transformados, los de pequeñas dimensiones forman gehlenita (figs. E y F). Identificados ilmenita, rutilo, hematites, zircones y apatito como marcadores.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM – espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

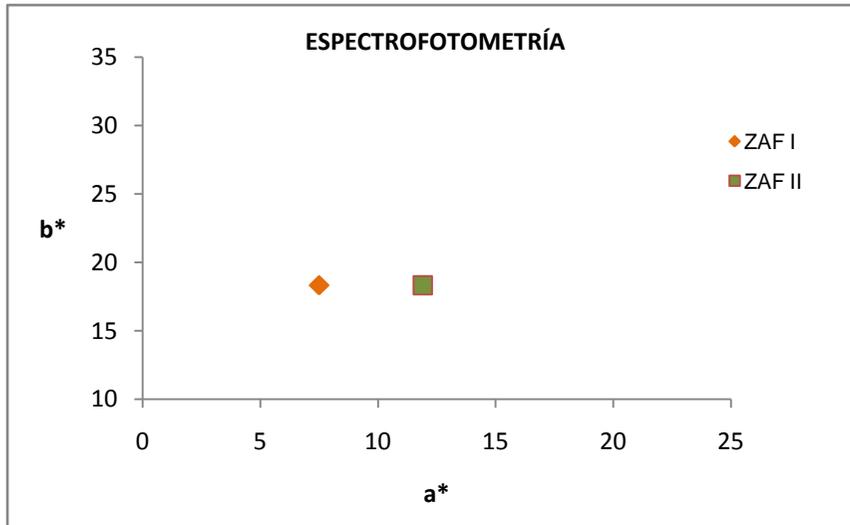


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAF/3.4	
Referencia: ZAF/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Fem.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input checked="" type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
<p>Zona interior. Superficie. ZAF I azul, ZAF II rojo</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - La masa tiene un color general anaranjado (ZAF I), pero presenta un golpe de calor de color grisáceo (ZAF II). En general es bastante clara por sus valores de L * (59-62).</p> <p>Esta diferencia de color implica una ligera variación en la composición, como vimos por XRD (ZAF/3.1)</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

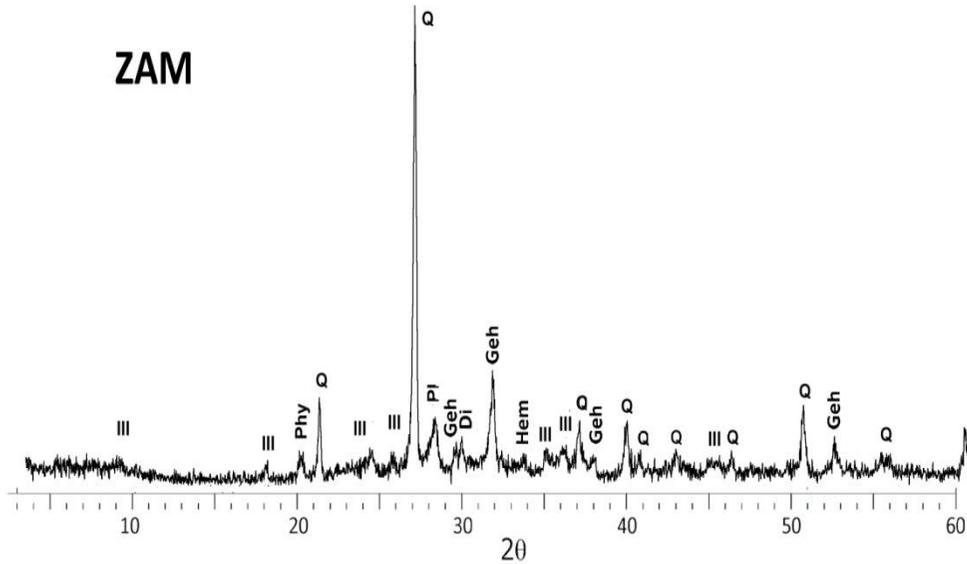
RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA							
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR	
ZAF	I	59,70	11,80	17,89	22,05	57	
	II	61,81	7,03	18,33	19,63	69	

Leyenda: **L*** – valores de luminosidad; **a*** y **b*** –cromaticidad; **C*** –croma; **Hº** –ángulo de matiz; **COLOR** – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido); **I** – medida de color del cuerpo de la pieza; **II** – medida de color del golpe de calor grisáceo

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAM/3.1	
Referencia: ZAM/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Masc.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: <input type="text" value="---"/>	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso: 0,5 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento: Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
<p>Zona interior trasera de la pieza. Extracción por segueta aprovechando una fisura. polvo de la extracción de la pieza ZAM/3.2</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD – Terracota cocida a elevada temperatura, ya que presenta fases neoformadas, gehlenita y diópsido en un (20%), y no contiene carbonatos. Indica que su arcilla de origen era carbonatada, como ZAF, pero cocida a mayor temperatura, lo que le aporta una mayor estabilidad química. Su cantidad de fundido no es muy elevado (10%), por lo que su resistencia mecánica no varía demasiado de ZAF, aunque sí es mayor.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **III** – ilita; **Phy** – filossilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – dióxido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)

MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
ZAM	60	-	-	5	15	tz	5	5	-	-	-	10

Leyenda: **tz** – trazas; **Q** – cuarzo; **C** – calcita; **D** – dolomita; **PI**– plagioclasas/ feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Hem**– hematites; **Di** – dióxido; **III** – ilita; **Woll** – wollastonita; **Gyp**–yeso; **Melt**– fase amorfa

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAM/3.2	
Referencia: ZAM/3		Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Masc.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,41 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona interior trasera de la pieza. Extracción por sequeta</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro de 5,4 m²/g, una porosidad abierta de 31%. ρ_{sk} y ρ_b se corresponden con su mineralogía (ficha ZAM/3.1) (t. 1). El 84% de su porosidad total está en un radio de poro entre 1-0,1 μm, y el 13% entre 0,1-0,001 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,3 μm y una cantidad baja de porosidad, 0,47 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,01 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Implica una porosidad de tamaño pequeño que puede favorecer los problemas de cristalización de sales.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab llega a un 21% en 300 horas, aumenta a 22,7% en Af. Elimina la totalidad de agua en 24 horas. Ax bastante reducida (7%), y por tanto una vitrificación elevada de la terracota, con una porosidad abierta (Po) del 38%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (1%) (t.4), con lo que absorbe poca agua y la elimina eficientemente, reduciendo el riesgo de retención de contaminantes y sales disueltos.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ _{sk} (g/mL)	ρ _b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
ZAM	6,70	2,94	1,90	35,38	46	0,97

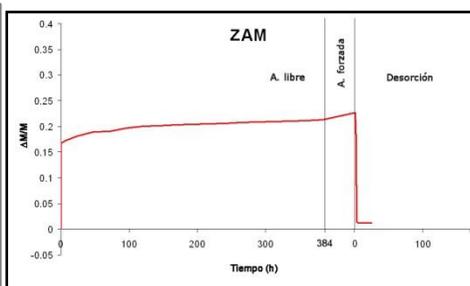
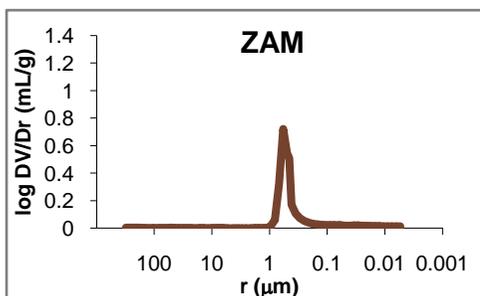
ρ_{sk}–densidad real; ρ_b–densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
ZAM	1,41	0,67	88,31	7,84	1,76

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
ZAM	1,12	0,12	0,58	0,72



Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de radio de poro (en μm) peso (ΔM/M) versus tiempo (h)

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS

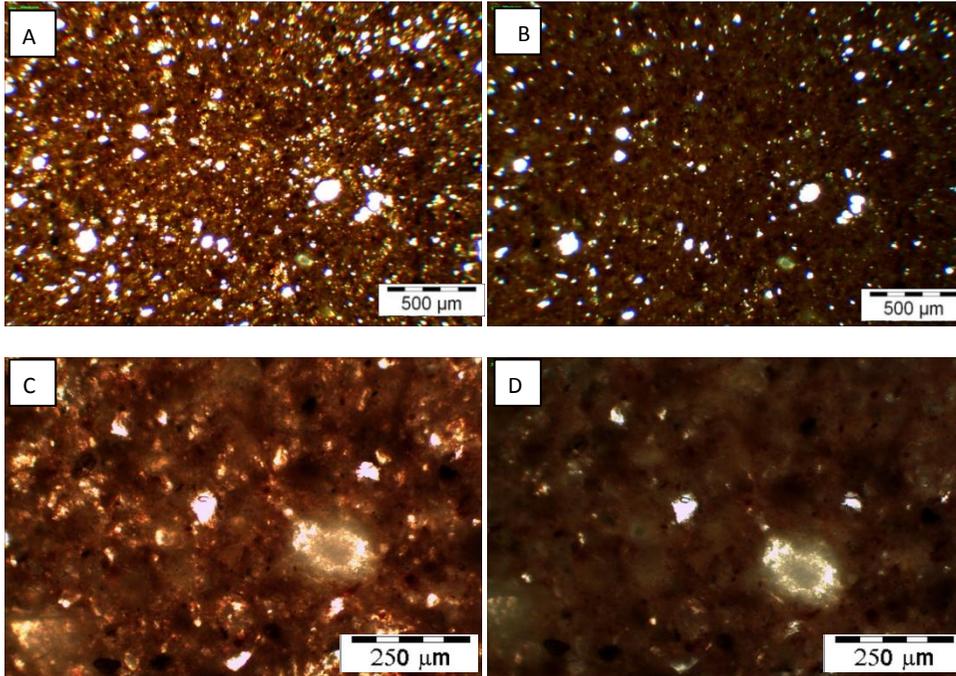
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ _b (g/cm ³)	ρ _{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
21,26	22,74	6,95	1,67	2,70	83,65	1,04	38,00

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

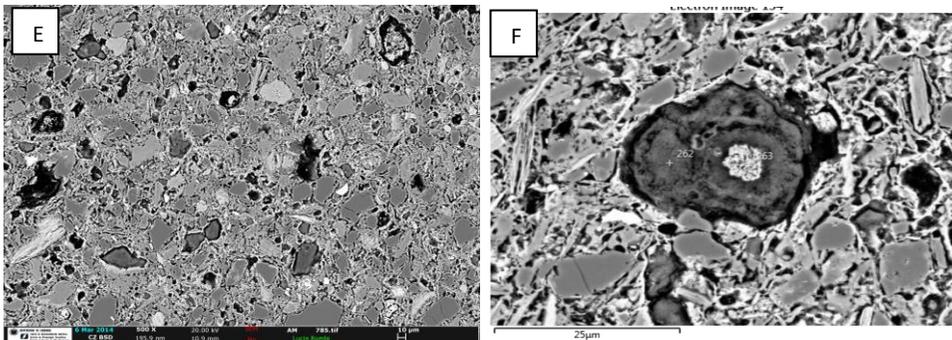
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAM/3.3	
Referencia: ZAM/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Masc.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	4x4x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido	<input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
<p>Zona interior trasera de la pieza. Extracción por segueta. Restos obtenidos al extraer la muestra ZEH/3.2</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación difícil entre matriz y desgrasante, que implica una matriz vitrificada, y cantidad de porosidad elevada. Tamaño de grano muy heterogéneo entre 5-500 µm (figs. A y B), indicativo de un desajalado escaso. Filosilicatos escasos con grado de degradación variable según su tamaño. Carbonatos muy abundantes, bastante degradados (figs. C y D). Se aprecia mayor vitrificación y por tanto resistencia de la terracota, compensado con una porosidad abundante que mejora sus cualidades hídricas.</p>			
<p>-SEM-EDX – Puentes de unión muy abundantes, matriz muy vitrificada, porosidad muy transformada por el calor. Carbonatos muy transformados, gehlenita y diópsido en los bordes de grano (figs. E y F). Identificados ilmenita, hercinita, zircón y apatito como elementos marcadores.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



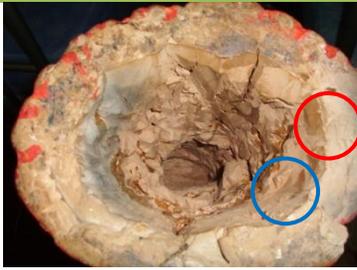
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

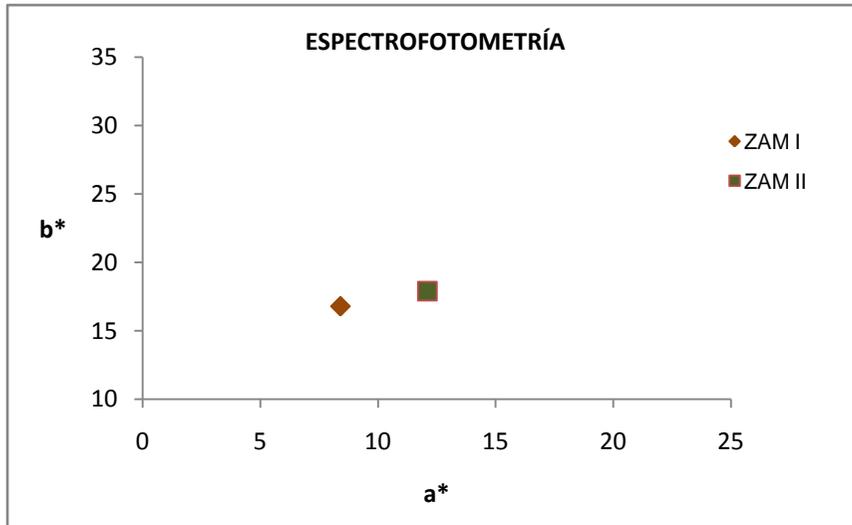


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. ZAMF/3.4	
Referencia: ZAM/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Ánima Masc.
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input checked="" type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
<p>Zona interior. Superficie. ZAM I azul, ZAM II rojo</p>			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - La masa tiene un color general anaranjado (ZAM I), pero presenta el borde inferior un poco más oscuro y más rojizo (ZAM II), debido seguramente a haber recibido el calor más directamente en esta zona. En general es bastante clara por sus valores de L * (55-60). También presenta una zona más gris debida a un golpe de calor.</p> <p>La diferencia de color no implica un cambio de composición, según XRD Y, por tanto, no hay diferencias de comportamiento</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

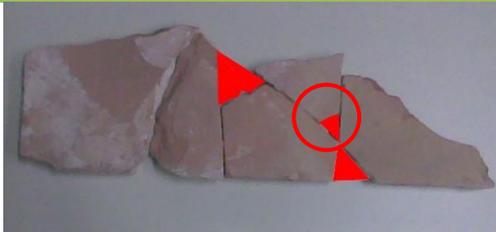


Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA							
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR	
ZAM	I	60,50	11,40	18,8	21,73	57	
	II	55,01	8,41	16,78	18,78	63	

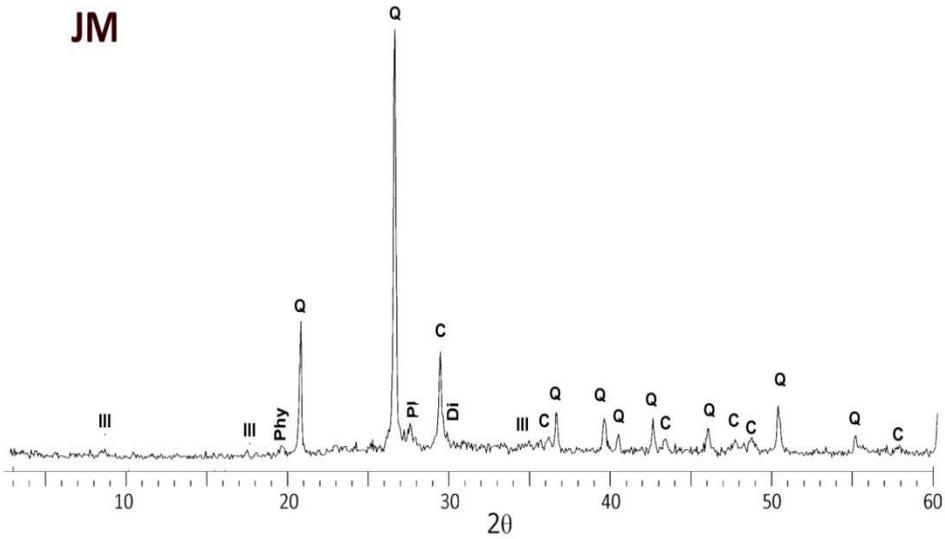
Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* – cromaticidad; C* – croma; Hº – ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

C.2.1.4.3. Artistas externos

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JM/3.1		
Referencia:	JM/3	Nº muestra	1 Localización Conjunto/ Pieza: Mural	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA		
Tamaño:	30x10x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso:	0,5 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS		
 <p>En el arranque del mural de su ubicación, se desechó un lateral completo, oculto bajo el embellecedor. Se extrajo muestra de esta zona.</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM	<input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM	<input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM	<input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD	<input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF	<input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM	<input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:				
<p>-XRD – Su composición la diferencia de las terracotas granadinas por la elevada cantidad de cuarzo, 75%. Terracota cocida a temperatura media, seguramente 900 °C, porque presenta carbonatos (15%) y también dióxido de silicio en un 5%; indica que su arcilla de origen era carbonatada y contenía dolomitas, ya transformadas. Su cantidad de fundido es muy bajo, 5%, lo que también se explicaría por la escasez de filosilicatos. Todo esto da como resultado una terracota muy poco cocida, propensa a la fractura y poco cohesionada.</p>				
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>				



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – dióxido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)

MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
JM	75	15	-	tz	-	-	5	tz	-	-	-	5

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JM/3.2	
Referencia: JM/3	Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: Mural	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 7x6x4 mm	Peso: 2,27 g /1,77 g	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Tratamiento: ---		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
En el arranque del mural de su ubicación, se desechó un lateral completo, oculto bajo el embellecedor. Se extrajo muestra de esta zona.		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro muy elevada, 12 m²/g, una porosidad abierta no muy elevada (31%) (t. 1). Sólo el 62% de su porosidad total se encuentra en un radio de poro de 1-0,1 µm, y el 34% en un radio entre 0,1-0,001 µm (t. 2). Su pico máximo de porosidad está a 0,1 µm con una cantidad baja de porosidad, 0,23 mL/g (curva porométrica y t. 3), lo que implica una microporosidad muy acusada que puede provocar problemas de cristalización de sales.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab toma un 16% en 300 horas, y no aumenta apenas en Af. Elimina la mitad del agua en 4 horas, ralentizándose la desorción hasta eliminar la totalidad de agua en 24 horas. Ax prácticamente nula, con una porosidad abierta reducida (29%). Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (1%) (t.4). Indica una absorción de agua muy baja, una interconexión de poros total debido tal vez a la formación de fisuras en su interior, lo que supondría una reducción de su resistencia, pero un comportamiento hídrico muy bueno al no absorber apenas fluidos y no retenerlos.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
JM	11,85	2,53	1,74	31,12	80	1,77

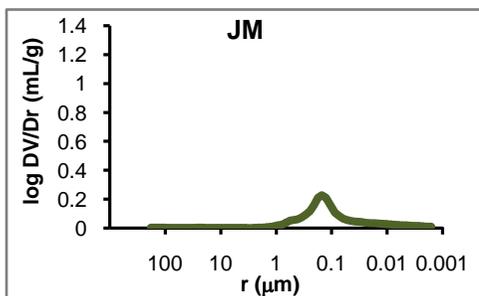
ρ_{sk} –densidad real; ρ_b –densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
JM	1,18	1,70	62,53	26,84	7,75

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
JM	0,79	0,005	0,15	0,23



Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

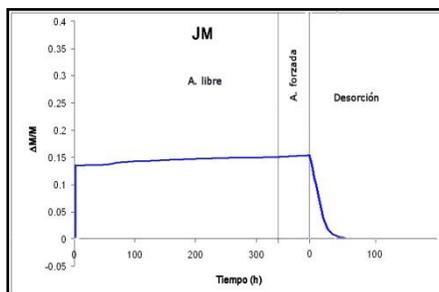
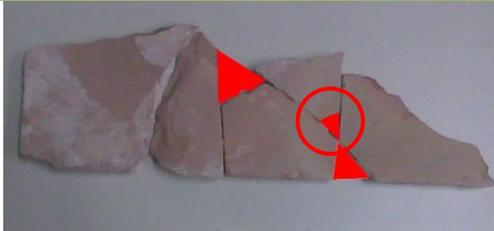


Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta\text{M}/\text{M}$) versus tiempo (h)

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS

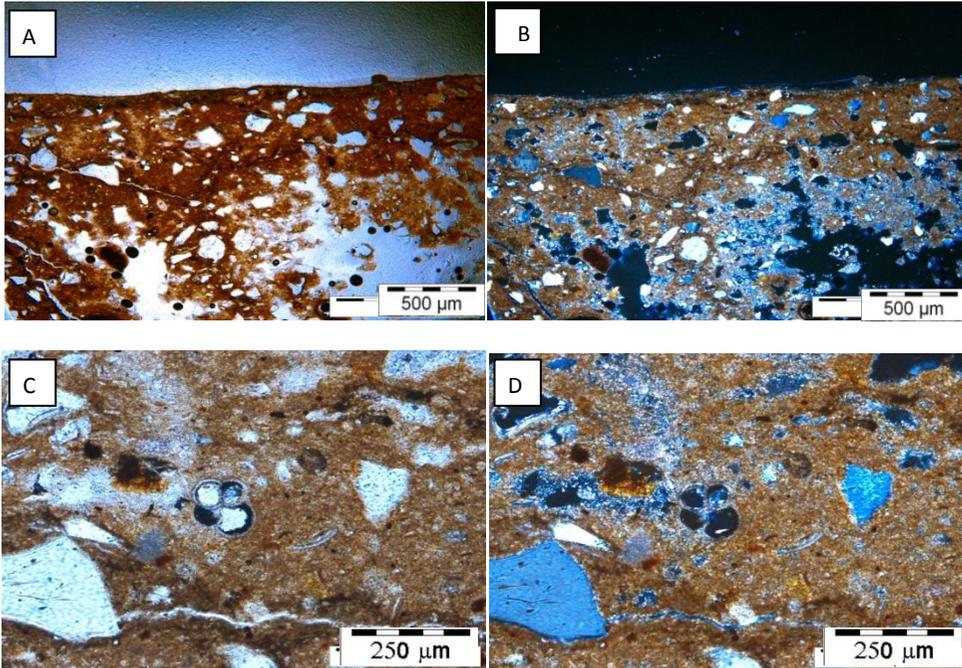
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
16,32	16,34	0,11	1,80	2,55	99,77	1,04	29,49

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

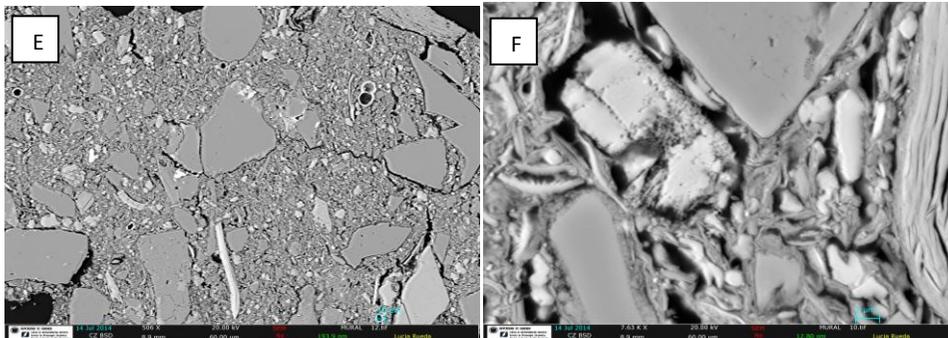
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JM/3.3	
Referencia:	JM/3	Nº muestra	3 Localización Conjunto/ Pieza: Mural
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	14x13x5 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
En el arranque del mural de su ubicación, se desechó un lateral completo, oculto bajo el embellecedor. Se extrajo muestra de esta zona		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Falta de cohesión, unión de granos insuficiente. Diferenciación entre matriz y desgrasante muy marcada incluso en granos muy pequeños, traduciéndose en una vitrificación de la matriz muy pobre. Tamaño de grano muy heterogéneo entre 5-500 µm (figs. A y B) que implica desajelado escaso. Filosilicatos escasos, de grado de degradación variable según su tamaño. Carbonatos muy abundantes, bastante degradados (figs. C y D). Pieza en general de muy poca resistencia mecánica.</p> <p>-SEM-EDX – Grado de fusión entre granos muy deficiente, la escasez de filossilicatos, la heterogeneidad de grano y la baja temperatura han mermado su resistencia mecánica. Mantiene porosidad primaria, formación de fisuras intergranulares. Carbonatos formados por microfósiles con bordes de grano de gehlenita (figs. E y F). Identificados ilmenita, rutilo con trazas de V, titanita, zircón, barita, epidota, hematites y apatito como marcadores.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nicóles cruzados (B, D)

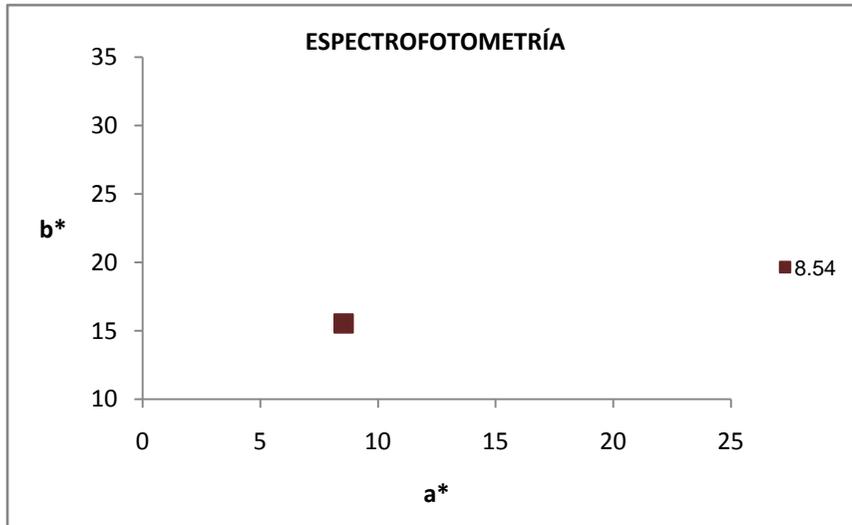


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JM/3.4	
Referencia: JM/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Mural
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Zona trasera de piezas desprendidas. Superficie</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input checked="" type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un color homogéneo, agrisado y bastante claro, por los valores equilibrados de a* y b*, y sus valores de L* (59).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
JM	64,68	8,54	15,54	18,82	62	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUSJ/3.1	
Referencia:	MUSJ/3	Nº muestra	1
Localización Conjunto/ Pieza:	San José		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	32x15x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	6,2 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Trozos recuperados de la rotura de la cabeza. Superficie</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input checked="" type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRF – Su química la diferencia claramente de las terracotas granadinas por su escaso porcentaje de SiO₂ (36%) y FeO₂ (4%) (t. 1). Son particulares las cantidades de S (1627 ppm) y Cl (851 ppm)</p> <p>-XRD – Terracota cocida a alta temperatura, porque aunque contiene elevadas proporciones de carbonatos (20%) también contiene gehlenita, un 15% de dióxido de silicio y plagioclasas anortíticas; indica que su arcilla de origen era carbonatada. Su cantidad de fundido no es muy elevado (15%) (t. 3). Todo esto implica que su resistencia mecánica es suficiente, aunque baja para su envergadura.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab toma una gran cantidad de agua, 25% , que aumenta a 26% en Af. Elimina la mitad del agua en 1 hora, ralentizándose la desorción hasta eliminar la totalidad de agua en 24 horas. Ax reducida (4%), y por tanto una buena vitrificación de la terracota, con una porosidad abierta (Po) del 40%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (0,9%) (t.4). Indica una absorción elevada, pero una desorción eficiente del agua, evitando la retención de contaminantes disueltos.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **MUSJ/3.1**

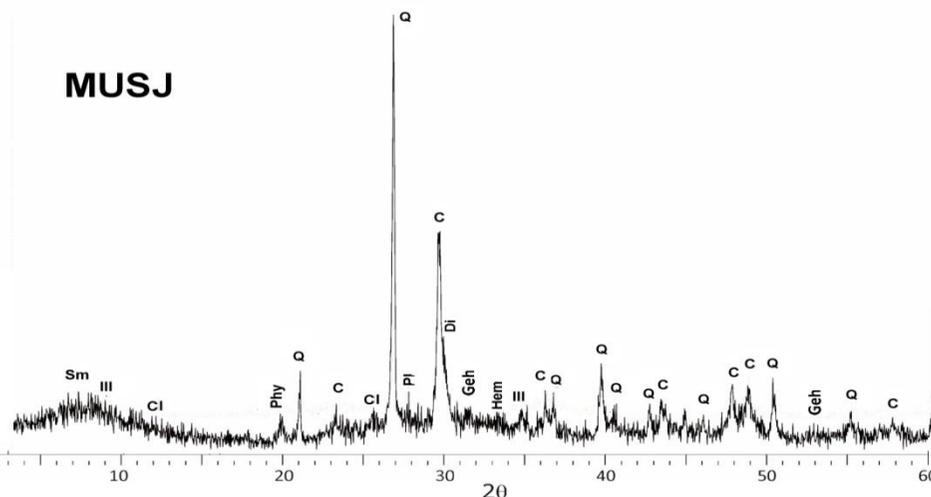


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
MUSJ	35,9	11,9	4,3	0,1	2,4	26,9	0,3	2,5	0,6	0,2	14,03

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
MUSJ	1627	851	0	0	150	57	76	124	15	0	103	767	17	143	292

LOI – pérdida de peso por ignición



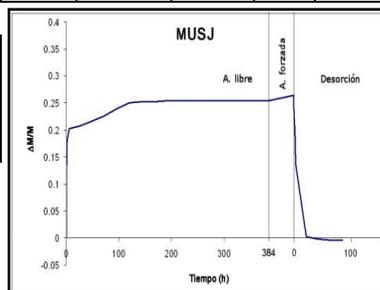
Difractograma. Leyenda: III – ilita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; PI – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; Di – diópsido; D – dolomita; Hem – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
MUSJ	35	20	-	10	tz	tz	15	5	-	-	-	15

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ _b (g/cm ³)	ρ _{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
25,45	26,38	3,7	1,53	2,58	81,79	0,9	40,51

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso (ΔM/M) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUSJ/3.2	
Referencia: MUSJ/3		Nº muestra 2	Localización Conjunto/ Pieza: San José
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: <input type="text" value="---"/>	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso: 0,95g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento <input type="text" value="---"/>	Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Trozo recuperado de la rotura de la cabeza. Extracción de un fragmento.			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro de $8 \text{ m}^2/\text{g}$, una porosidad abierta reducida (36%). Los datos ρ_{sk} y ρ_b se corresponden con su mineralogía (ficha MUSJ/3.1) (t. 1). El 92% de su porosidad total se encuentra en un radio de poro entre $1\text{-}0,1 \mu\text{m}$, y el 5% en un radio entre $0,1\text{-}0,01 \mu\text{m}$ (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en $0,2 \mu\text{m}$ y una cantidad alta de porosidad, $0,99 \text{ mL/g}$. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de $0,05 \mu\text{m}$ de radio (curva porométrica y t. 3). Esto indica que su porosidad es abundante, de tamaño homogéneo de $0,2 \mu\text{m}$, lo que reduce la alteración provocada por cristalización de sales. Esto, unido a la buena y rápida desorción de agua, contrarresta la elevada absorción de la misma que puede provocar problemas por sales o contaminantes disueltos.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ _{sk} (g/mL)	ρ _b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
MUSJ	7,94	1,63	2,53	35,81	53	0,95

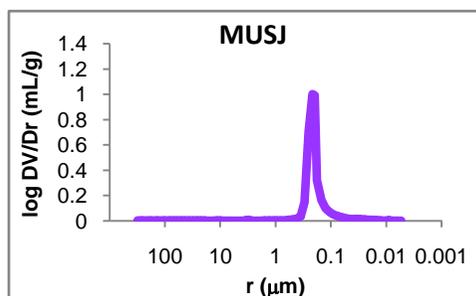
ρ_{sk}–densidad real; ρ_b–densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
MUSJ	1,28	0,93	92,11	5,53	0,16

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
MUSJ	0,35	0,05	0,19	0,99

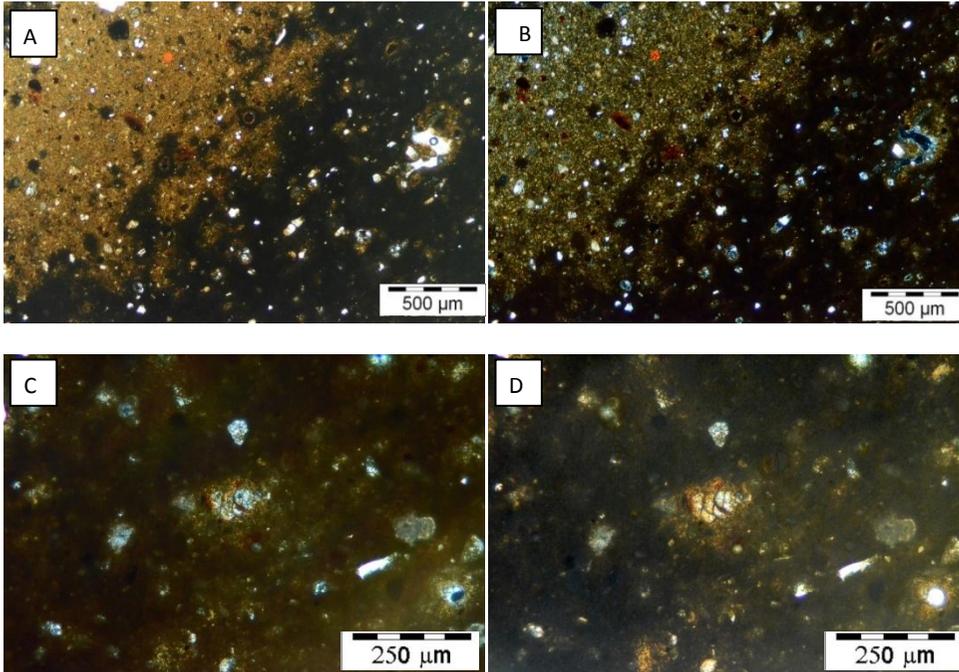


Curva pométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

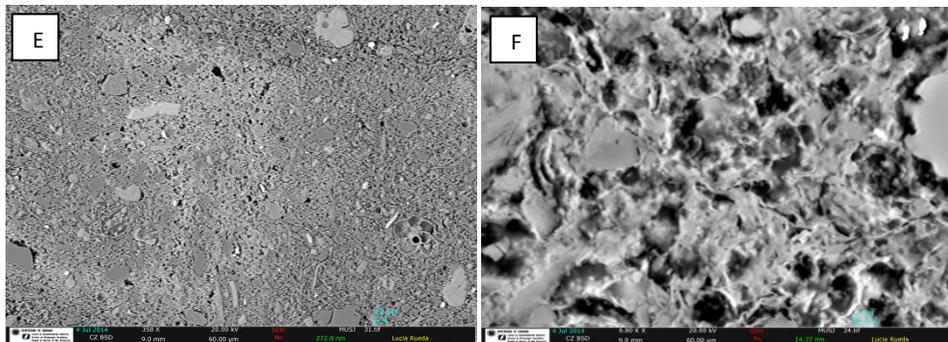
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUSJ/3.3	
Referencia: MUSJ/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: San José
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	14x8x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Trozo recuperado de la rotura de la cabeza. Extracción de una lasca.</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Dos zonas de matriz muy diferenciadas: una más fundida y oscura y otra más clara.. Tamaño de grano muy heterogéneo entre 2-500 μm (figs. A y B) que indica un escaso desajelado y un amasado deficiente, que puede provocar escisión de estratos. Filosilicatos escasos y degradados. Carbonatos muy abundantes, degradados, en tamaños muy heterogéneos (figs. C y D).</p> <p>-SEM-EDX – Dos zonas de vitrificación muy diferenciadas en densidad y composición, por acumulación de filosilicatos en las zonas más vitrificadas. Puede producir escisión de vetas. Fusión muy elevada en general, porosidad principalmente secundaria. Carbonatos muy abundantes, de tamaño muy grande, lo que ha aislado el interior de los granos de la transformación. Presencia de microfósiles. Gehlenita y diópsido en los bordes de grano (figs. E y F). Identificada ilmenita con trazas de V y Mn, barita y apatito como posible elemento marcador.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

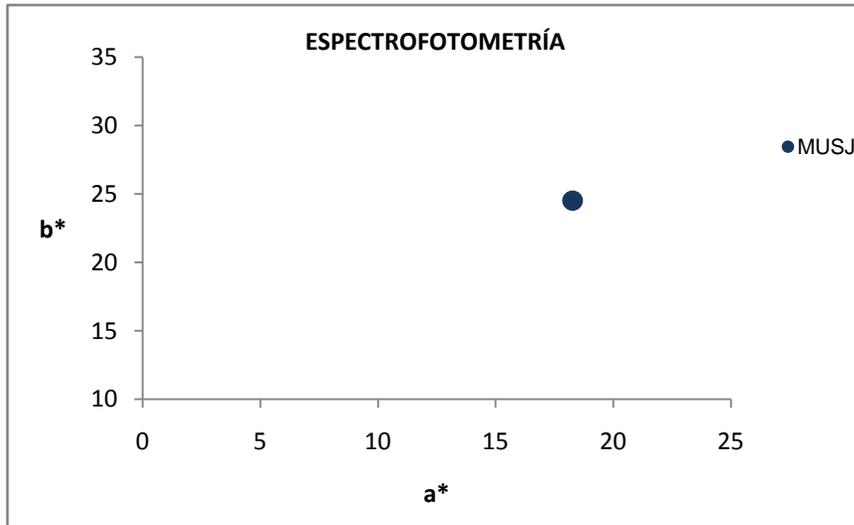


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filossilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. MUSJ/3.4
Referencia: MUSJ/3 Nº muestra 4 Localización Conjunto/ Pieza: San José		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA
Tamaño: 2 mm ²	Peso: ---	<input type="checkbox"/> Suciedad <input type="checkbox"/> Preparación
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Acabados <input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Tratamiento: ---		<input type="checkbox"/> Policromía <input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
		<input type="checkbox"/> Añadidos <input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
Trozo recuperado de la rotura de la cabeza. Superficie		
INTERPRETACIÓN:		
-SPF - Tiene un color homogéneo, anaranjado y bastante claro, por los valores equilibrados de a* y b*, y sus valores de L* (63).		
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>		



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
MUSJ	63,04	18,17	24,58	10,65	84	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC1/3.1
Referencia: PdC1/3 Nº muestra 1 Localización Conjunto/ Pieza: Inmaculada		
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA	
Tamaño: 15x20x6 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: 6,2 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)	RELACION DE ANÁLISIS	
	<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Aprovechando la pérdida de una sección de la peana, que debía ser reintegrada, se extrajo un fragmento y polvo de los orificios de los pernos	<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
	<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af
	<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab
	<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input checked="" type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh
	<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:		
-XRF – Su química la diferencia claramente de las terracotas granadinas por su escaso porcentaje de SiO ₂ (38%) y FeO ₂ (4%) (t. 1). Son particulares las cantidades de S (1149 ppm)		
-XRD – Terracota cocida a alta temperatura, superior a los 950 °C ya que además de gehlenita y diópsido presenta wollastonita, y una cantidad de fundido del 20% (t. 3). Todo esto implica una terracota con una elevada resistencia mecánica, como se puede ver por el estado de la peana pese a su complicada composición.		
-Ab, Af, Mh, Di – Absorbe mucha agua, 25-26% en Ab y Af respectivamente, aunque su desorción es muy efectiva, con un Di de 1. Su Ax es de 3%, y por tanto una elevada vitrificación de la terracota, con una porosidad abierta elevada, (Po) del 42%. Esto implica una absorción muy alta, contrarrestada con una desorción rápida y eficiente, evitando la retención de contaminantes.		
P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado		

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. PdC1/3.1

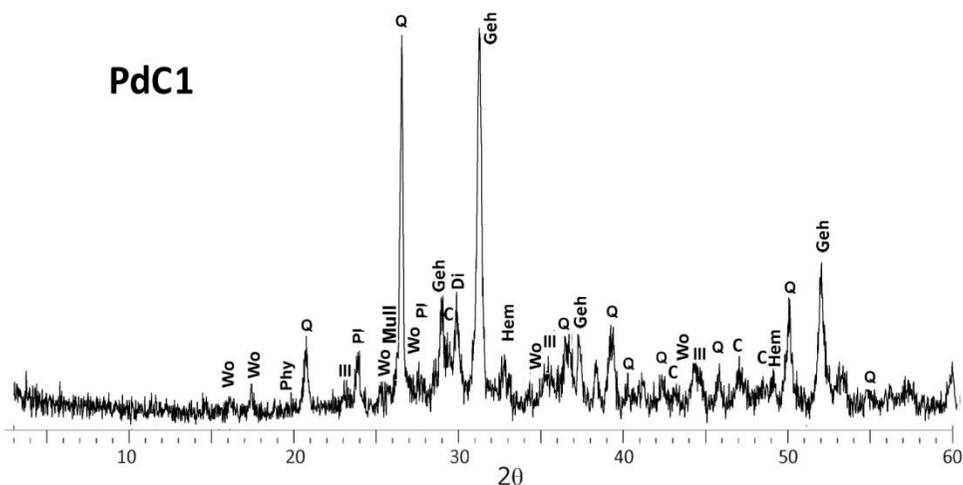


DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

MUESTRA	Tabla 1. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
PdC1	37,9	12,0	4,7	0,1	1,8	28,2	0,4	2,5	0,5	0,1	5,78

MUESTRA	Tabla 2. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
	S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
PdC1	1149	408	0	0	108	226	76	124	13	0	101	574	21	138	505

LOI – pérdida de peso por ignición



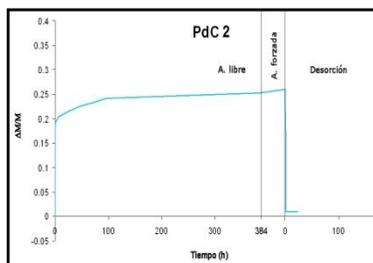
Difractograma. Leyenda: Ill – illita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; Pl – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; Di – dióxido; D – dolomita; Hem – hematites

Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	Pl	Geh	Hem	Di	Ill	Woll	Mull	Gyp	Melt
PdC 1	20	-	-	10	30	5	10	tz	5	tz	-	20

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS							
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
25,30	26,01	2,8	1,62	2,81	86,83	1,0	42,20

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h)



FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC1/3.2	
Referencia:	PdC1/3	Nº muestra	2
Localización Conjunto/ Pieza:	Inmaculada		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,02 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Aprovechando la pérdida de una sección de la peana, que debía ser reintegrada, se extrajo un fragmento</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro de reducida de 3 m²/g, una porosidad abierta elevada (39%). Los datos de ρ_{sk} y ρ_b se corresponden con su mineralogía (ficha PdC1/3.1) (t. 1). El 94% de su porosidad total se encuentra en el rango de radio de poro de 1-0,1 μm, y un 3% en un radio mayor a 10 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,4 μm y una cantidad elevada de porosidad 0,95 mL/g (curva porométrica y t. 3). Esto indica que su porosidad es abundante, de tamaño homogéneo de 0,4 μm, lo que reduce la alteración provocada por cristalización de sales. Esto, unido a la buena y rápida desorción de agua, contrarresta la elevada absorción de la misma que puede provocar problemas por sales o contaminantes disueltos.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
PdC1	3,10	2,79	1,69	39,23	65	1,10

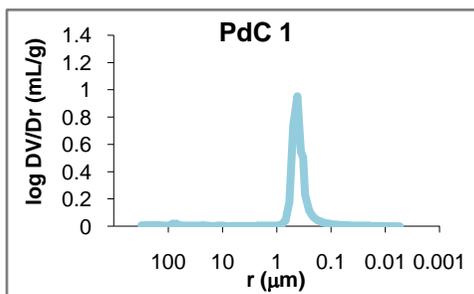
ρ_{sk} –densidad real; ρ_b –densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
PdC1	2,99	1,01	94,24	1,75	0,01

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
PdC1	0,69	0,10	0,42	0,95

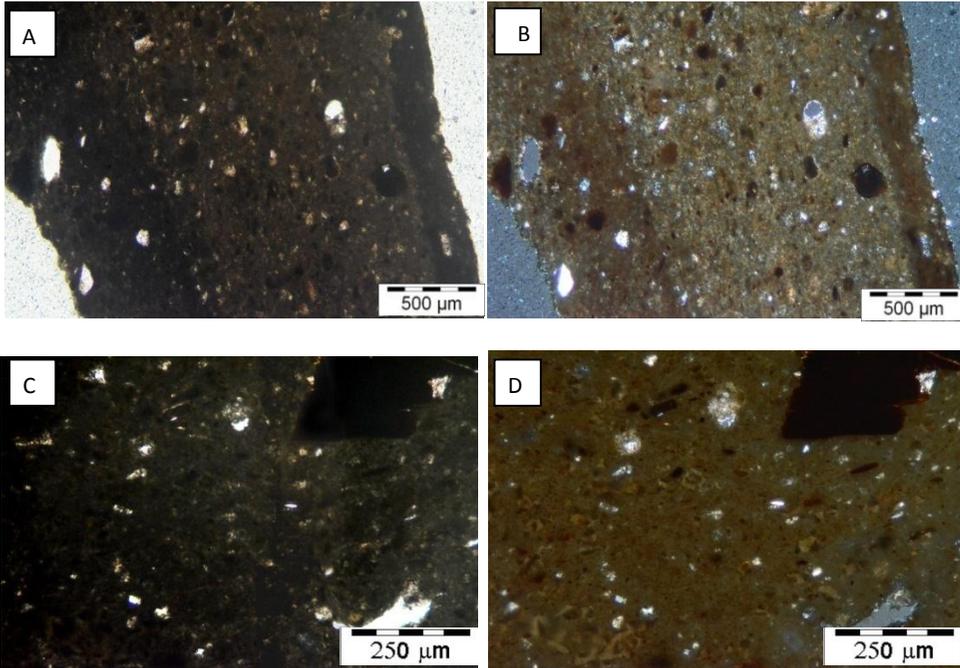


Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

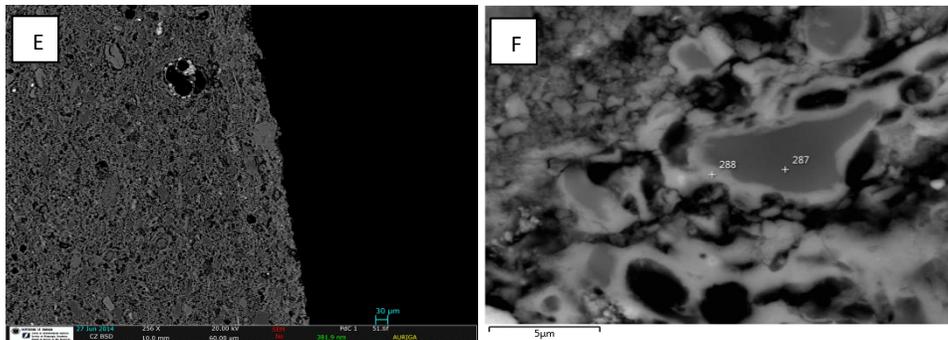
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC1/3.3
Referencia: PdC1/3 Nº muestra 3 Localización Conjunto/ Pieza: Inmaculada		
CARACTERÍSTICAS:	NATURALEZA	
Tamaño: 8x8x3 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: Lámina delgado-pulida/metalización	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)	RELACION DE ANÁLISIS	
	<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
	<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
	<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
	<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
	<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
	<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
Aprovechando la pérdida de una sección de la peana, que debía ser reintegrada, se extrajo un fragmento		
INTERPRETACIÓN:		
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante sólo en tamaños de grano de 20 µm, vitrificación elevada de la matriz. Porosidad abundante. Tamaño de grano homogéneo que indica un buen desajelado (figs. A y B), grumos de arcilla que indican un amasado deficiente. Filosilicatos y carbonatos muy degradados (figs. C y D). En general, una gran cohesión y resistencia mecánica que no ha derivado en fisuras, se aprecia el abrillantado de la superficie.</p> <p>-SEM-EDX – Vitrificación muy elevada, porosidad totalmente secundaria. Carbonatos en general pequeños totalmente transformados, acumulados en el borde de la muestra creando una capa de diferente consistencia (figs. E y F). Identificados como marcadores zircón, anhidrita, microfósiles radiolarios y cromita.</p>		
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>		



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

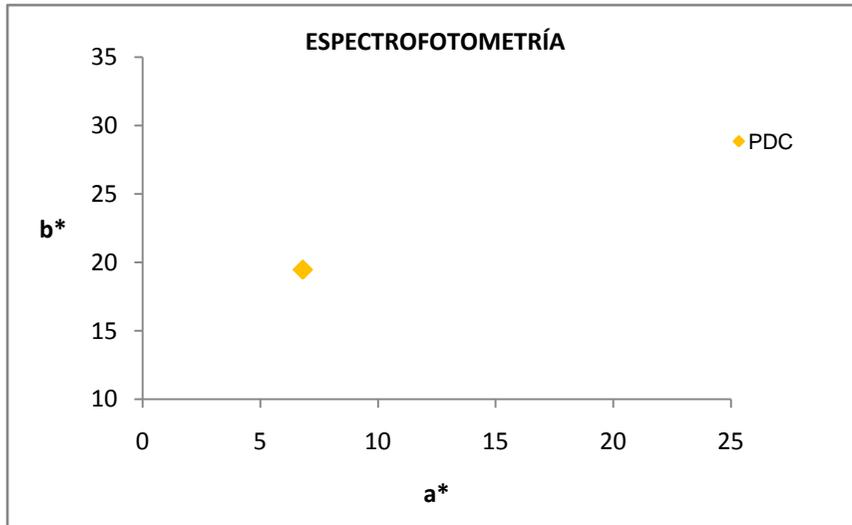


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC1/3.4	
Referencia: MUSJ/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: San José
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²	Peso: ---	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Tratamiento: ---		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
			
Zona interior de la peana. Superficie		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
-SPF - Tiene un color homogéneo en toda la pieza, muy claro y agrisado, algo más rojo que amarillo por los valores de b* superiores a a*, y sus valores de L* (64).			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

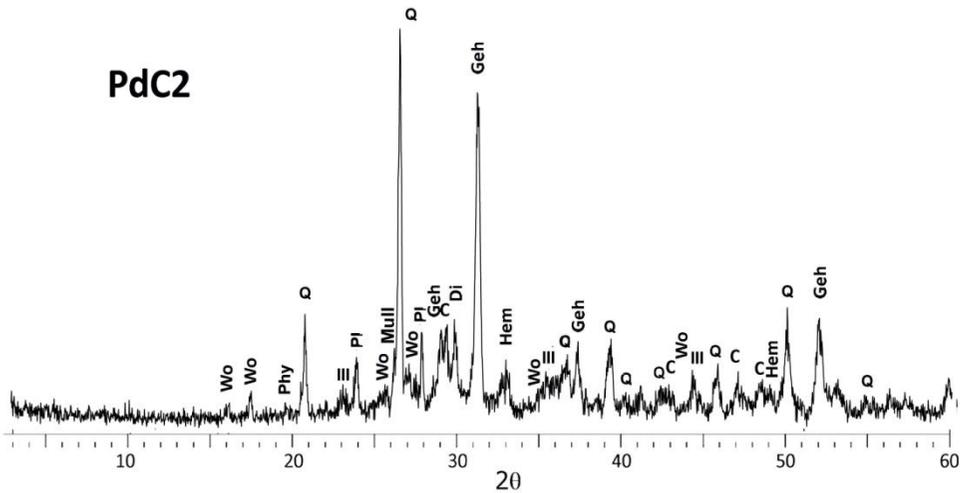
RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
PdC1	64,67	6,80	19,47	20,62	70	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC2/3.1		
Referencia: PdC2/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Inmaculada	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA		
Tamaño:	30x10x10 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación	
Peso:	0,5 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte	
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte	
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero	
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS		
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM	<input type="checkbox"/> UWP
Aprovechando las zonas de rotura de la peana, que precisaban reintegración de soporte, se extrajo polvo de la colocación de los pernos.		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM	<input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM	<input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD	<input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF	<input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM	<input type="checkbox"/> Di
		INTERPRETACIÓN:		
-XRD – Composición muy parecida a PdC1 (PdC1/3.1). Terracota cocida a alte temperatura, superior a los 950 °C ya que además de gehlenita y diópsido presenta wollastonita hasta en un 10%, y una cantidad de fundido del 15% (t. 3). Todo esto implica una terracota con una elevada resistencia mecánica, debiéndose la rotura de su peana a un golpe de mayor impacto, vistos los resultados analíticos.				
P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluoescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado				



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **Ill** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – diópsido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)

MUESTRA	Q	C	D	Pl	Geh	Hem	Di	Ill	Woll	Mull	Gyp	Melt
PdC 2	20	-	-	10	25	5	15	tz	10	tz	-	15

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC2/3.2	
Referencia:	PdC2/3	Nº muestra	2
Localización Conjunto/ Pieza:	Inmaculada		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	8x7x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,02 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	---	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Aprovechando las zonas de rotura de la peana, que precisaban reintegración de soporte, se extrajo una cuña con segueta.</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro reducida de 3 m²/g, porosidad abierta elevada (37%) (t. 1). El 94% de su porosidad total se encuentra en el rango de radio de poro de 1-0,1 μm, y un 3% en un radio menor (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,4 μm y una cantidad elevada de 0,79 mL/g (curva porométrica y t. 3). Esto indica que su porosidad varía ligeramente respecto a PdC1, siendo más abundante a tamaños pequeños, lo que puede responder a una vitrificación ligeramente inferior, con lo que aumenta el riesgo de alteración por cristalización de sales.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – Absorbe mucha agua, 25-26% en Ab y Af respectivamente, aunque su desorción es muy efectiva, con un Di de 1. Su Ax es de 3%, y por tanto una elevada vitrificación de la terracota, con una porosidad abierta elevada, (Po) del 42%. Esto implica una absorción muy alta, contrarrestada con una desorción rápida y eficiente, evitando la retención de contaminantes.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ref. **PdC2/3.2**



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ _{sk} (g/mL)	ρ _b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
PdC2	3,45	2,79	1,75	37,44	63	1,16

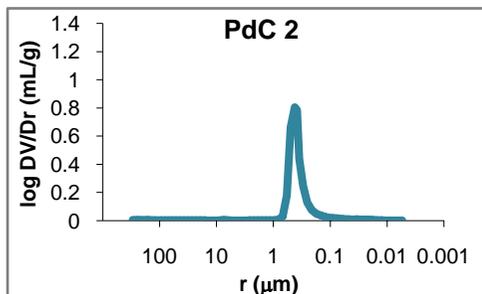
ρ_{sk}–densidad real; ρ_b–densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
PdC2	1,60	1,17	94,24	2,98	0,01

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
PdC2	0,69	0,12	0,38	0,79



Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

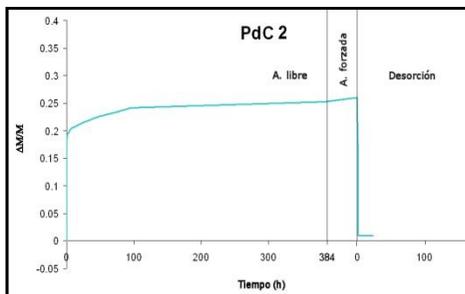


Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso (ΔM/M) versus tiempo (h)

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS

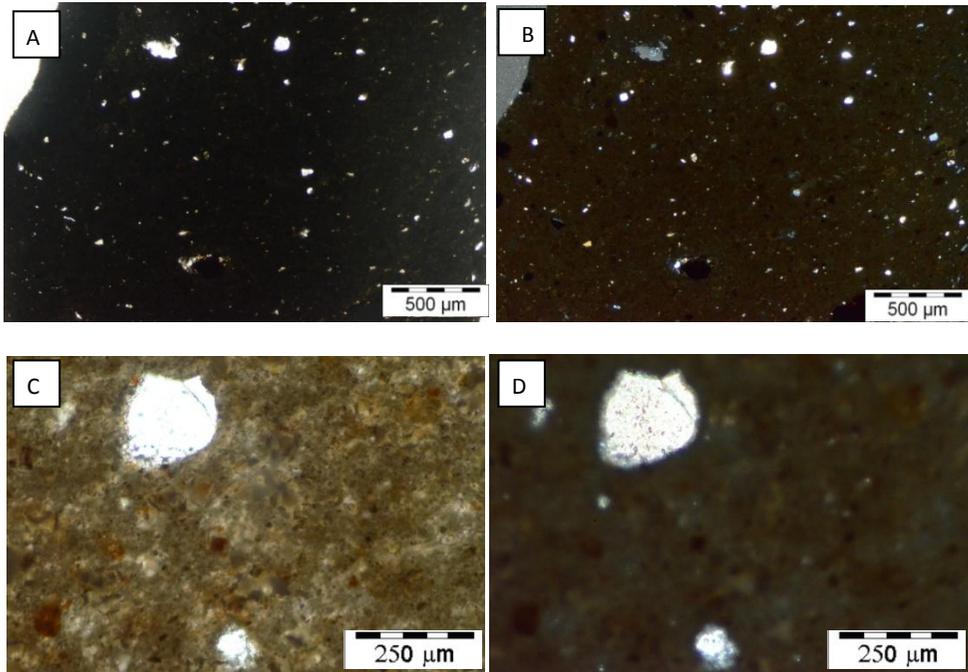
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ _b (g/cm ³)	ρ _{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
25,30	26,01	2,80	1,62	2,81	86,83	1,03	42,20

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

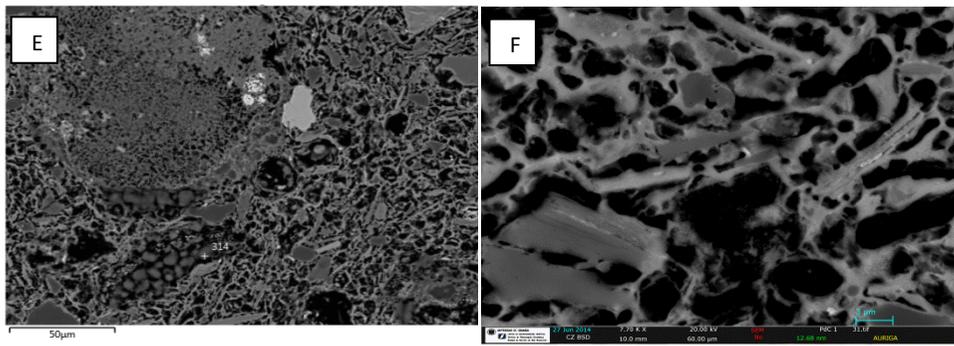
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC2/3.3	
Referencia: PdC2/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: Inmaculada
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 4x4x2 mm		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: Lámina delgado-pulida/metalización		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Aprovechando las zonas de rotura de la peana, que precisaban reintegración de soporte, se extrajo una lasca con segueta.		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante sólo en tamaños de grano de 20 µm, vitrificación elevada de la matriz. Porosidad abundante. Tamaño de grano homogéneo que indica un buen desajelado (figs. A y B), grumos de arcilla que indican un amasado deficiente. Filosilicatos y carbonatos muy degradados (figs. C y D). En general, una gran cohesión y resistencia mecánica que no ha derivado en fisuras, se aprecia el abrillantado de la superficie.</p> <p>-SEM-EDX – Vitrificación muy elevada, porosidad totalmente secundaria. Carbonatos en general pequeños totalmente transformados, acumulados en el borde de la muestra creando una capa de diferente consistencia (figs. E y F). Identificados como marcadores zircón, anhidrita, microfósiles radiolarios y cromita.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nicoles cruzados (B, D)

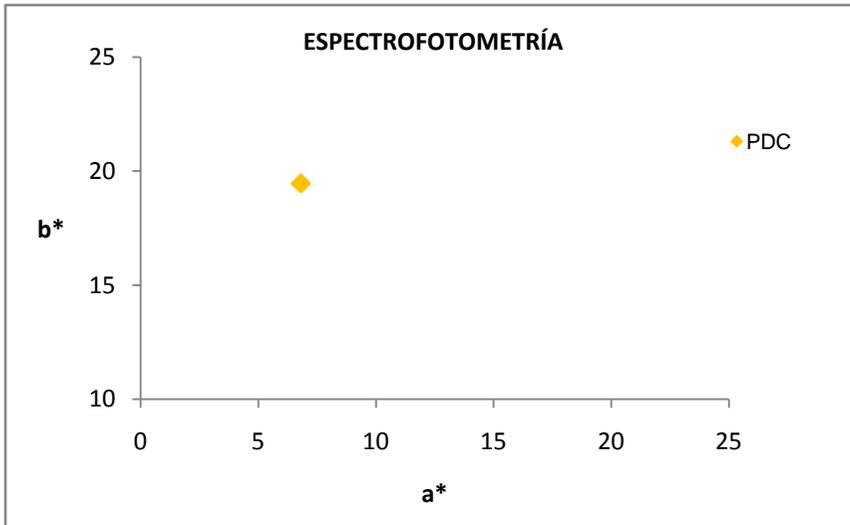


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. PdC2/3.4
Referencia: PdC2/3		Nº muestra 4
Localización Conjunto/ Pieza: Inmaculada		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA
Tamaño: 2 mm ²		<input type="checkbox"/> Suciedad
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Preparación
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Acabados
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Tratamiento: ---		<input type="checkbox"/> Policromía
		<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
		<input type="checkbox"/> Añadidos
		<input type="checkbox"/> Mortero
		Material: Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía
Zona interior de la peana. Superficie		<input type="checkbox"/> SEM
		<input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad
		<input type="checkbox"/> OM
		<input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR
		<input type="checkbox"/> POM
		<input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV
		<input type="checkbox"/> XRD
		<input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante
		<input type="checkbox"/> XRF
		<input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS
		<input checked="" type="checkbox"/> SFM
		<input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:		
<p>-SPF - Tiene un color homogéneo en toda la pieza, muy claro y agrisado, algo más rojo que amarillo por los valores de b* superiores a a*, y sus valores de L* (64).</p>		
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>		



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTROFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
PdC2	64,67	6,50	19,30	21,2	68	

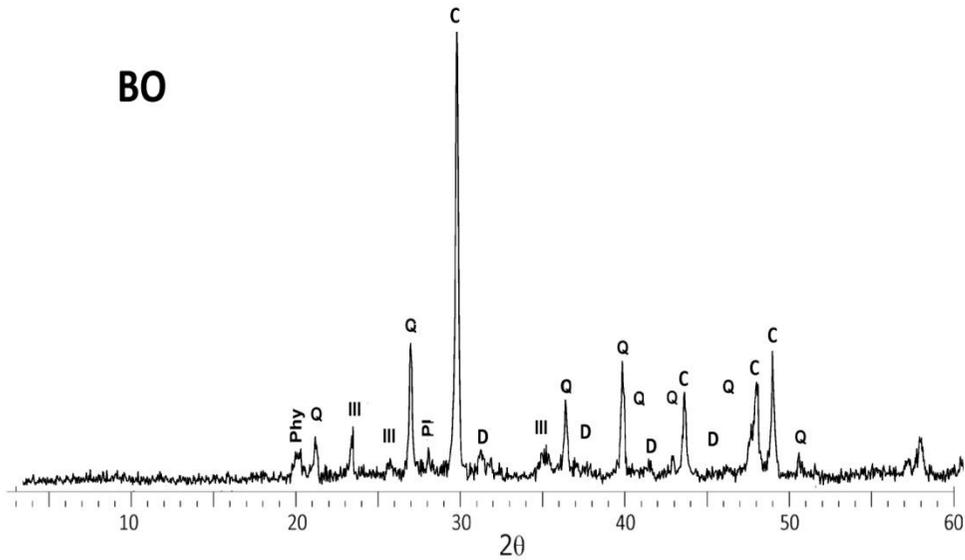
Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

C.2.1.4.4. Talleres barristas externos

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BO 4/3.1	
Referencia: BO 4/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Pastor
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x5x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,5 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Fragmento de la peana desprendida de la base de madera			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD – Esta terracota presenta unas diferencias muy marcadas con las obras granadinas, debido principalmente a la escasa cantidad de cuarzo, 15%, y la elevada cantidad de carbonatos, 60%. Está cocida sin lugar a dudas a muy baja temperatura, ya que no presenta ninguna fase mineral neoformada, si bien su cantidad de fundido es de un 10%. Esto implica una baja resistencia mecánica y muy poca estabilidad química, y explica la excesiva reacción a la humedad que ha tenido la base de la figura.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – diópsido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

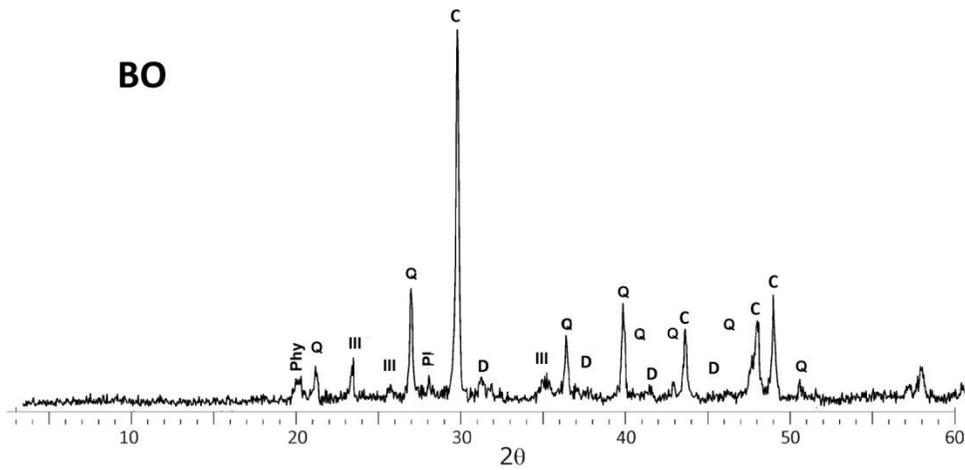
Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)

MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
BO	15	55	5	tz	-	-	-	20	-	-	-	10

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BO 26/3.1	
Referencia: BO 26/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Virgen María
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	6x5x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,3 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento	<input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido	<input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Aprovechando a importante grieta abierta en la unión Virgen-peana, se extrajo polvo			
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD – Esta terracota presenta unas diferencias muy marcadas con las obras granadinas, debido principalmente a la escasa cantidad de cuarzo, 15%, y la elevada cantidad de carbonatos, 60%. Está cocida sin lugar a dudas a muy baja temperatura, ya que no presenta ninguna fase mineral neoformada, si bien su cantidad de fundido es de un 10%. Esto implica una baja resistencia mecánica y muy poca estabilidad química, y explica la excesiva reacción a la humedad que ha tenido la base de la figura.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – diópsido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

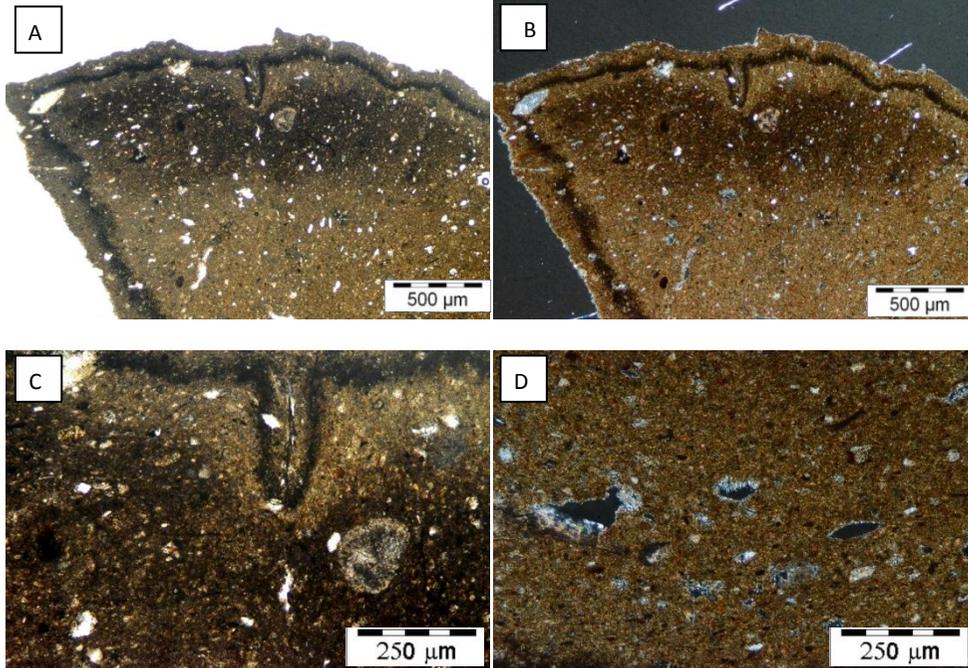
Tabla 3. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)

MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
BO 26	15	55	5	tz	-	-	-	20	-	-	-	10

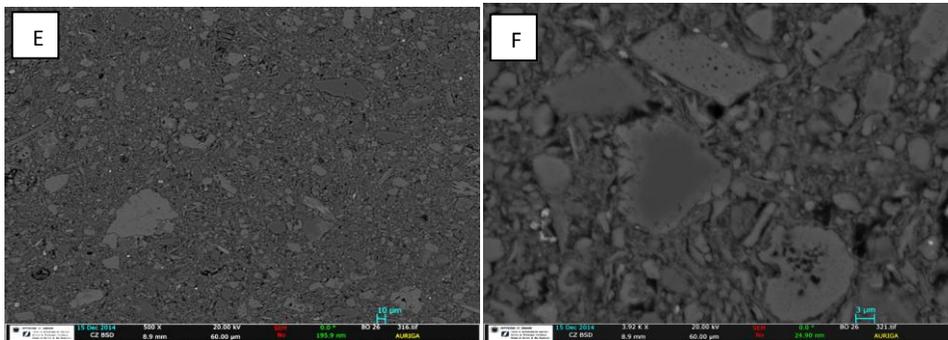
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. BO 26/3.2	
Referencia:	BO 26/3	Nº muestra	3
Localización Conjunto/ Pieza:	Virgen María		
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	6x7x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
		Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Aprovechando a importante grieta abierta en la unión Virgen-peana, se extrajo una pequeña lasca		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-POM – Diferenciación muy clara entre matriz y desgrasante, lo que indica escasa vitrificación, tamaño de desgrasante homogéneo (figs. A y B), que indica un buen deszajelado, y porosidad bastante abundante, de tamaño grande (figs. C y D). Carbonatos muy abundantes, poco transformados. Filosilicatos de tamaño muy pequeño, poco degradados. Esto se traduce en un bajo grado de cocción y por tanto escasa resistencia mecánica.</p> <p>-SEM-EDX – Puentes de unión escasos, aunque suficientes para mantener la buena trabazón de la terracota. Mantiene porosidad primaria, porosidad secundaria sólo en carbonatos. Filosilicatos muy poco degradados, formando poca cantidad de fundido (figs. E y F). Carbonatos de grandes dimensiones poco transformados. Identificación de microfósiles coccolitofóridos. Identificados ilmenita, rutilo con trazas de V, zircón, apatito, barita y anhidrita como posibles elementos marcadores.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nículos cruzados (B, D)

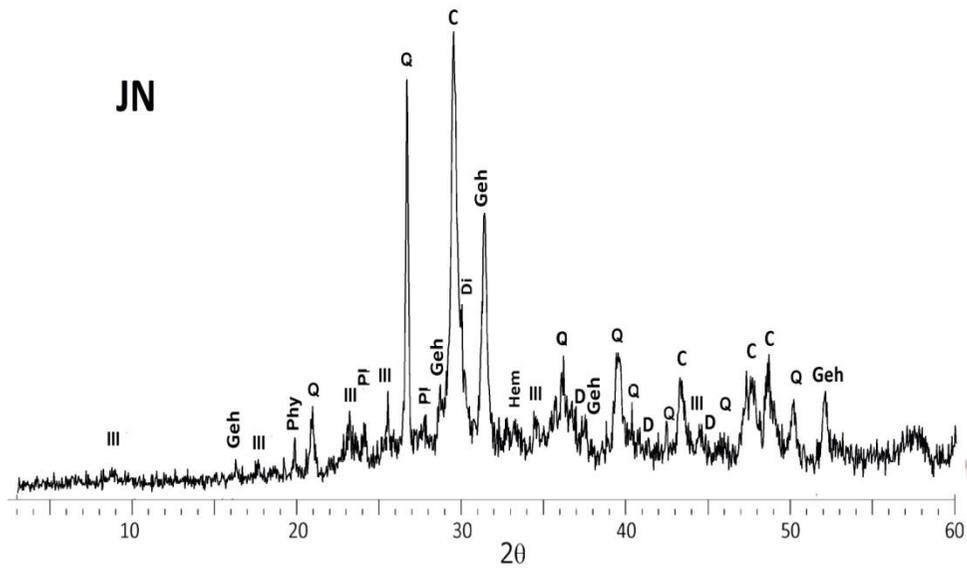


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filossilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JN1/3.1	
Referencia:	JN1/3	Nº muestra	1 Localización Conjunto/ Pieza: Virgen María
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	---	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	0,5 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada <input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
Tratamiento	Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Raspado de la base		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD - Esta terracota se diferencia de las granadinas en su escasa proporción de cuarzo. Cocida a elevada temperatura, debido a la presencia de gehlenita y diópsido en un 15% cada una, y elevada formación de materia fundida, 20%. Elevada proporción de plagioclasas anortíticas, seguramente por la temperatura de cocción alcanzada y a la elevada proporción de carbonatos de la tierra arcillosa de origen, que podría dar problemas de rotura por caliche. Esto indica una elevada resistencia mecánica y estabilidad mecánica de la terracota, poco usual en piezas de este tamaño tan pequeño. Extraña es la presencia tan elevada de carbonato (15%)</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Difractograma. Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – dióxido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

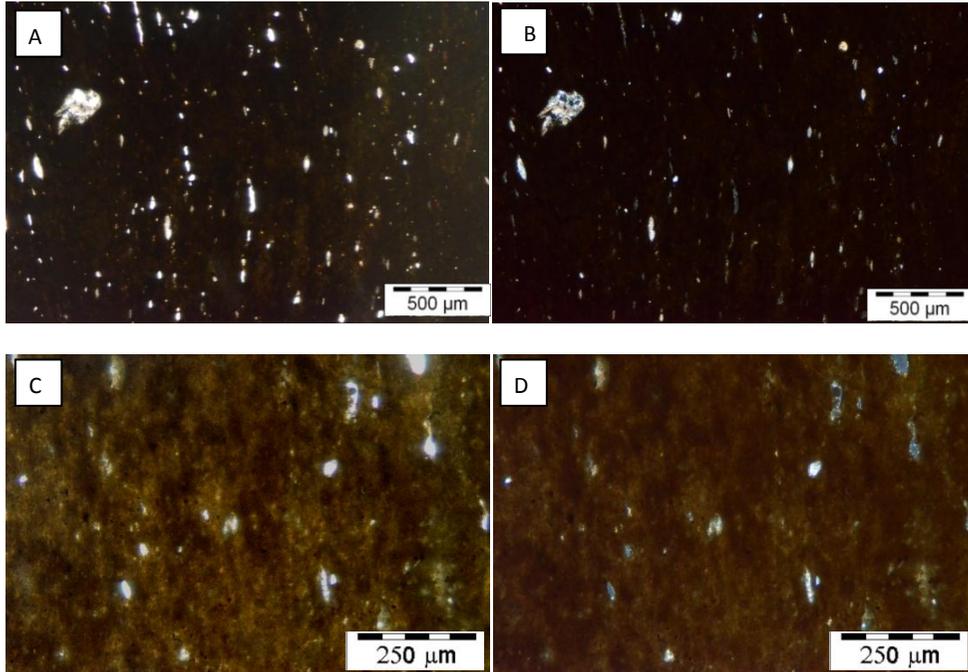
CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)

MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
JN	25	15	tz	10	15	tz	15	-	-	-	-	20

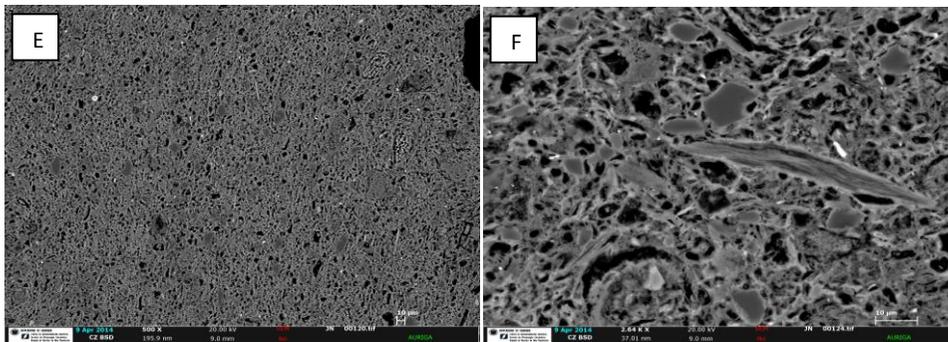
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref.	JN1/3.2
Referencia: JN1/3		Nº muestra	3
Localización Conjunto/ Pieza:		Virgen María	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	4x4x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Extracción de una lasca</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>--POM – Matriz muy vitrificada, difícil distinción entre los granos de desgrasante y la matriz. Desgrasante muy escaso, tamaño homogéneo 40 µm, indica molturado. Filosilicatos apenas perceptibles. Presencia de antiguos carbonatos de 100 µm o como poros con borde de reacción. Porosidad escasa y redondeada. Indica muy buena compacidad y resistencia mecánica, pero con riesgo de roturas por caliche, ya que parece que la arcilla ha sido molturada.</p>			
<p>-SEM-EDX – Abundantes puentes de unión entre granos; esta vitrificación la hace más resistente y durable. Transformación de desgrasantes y filosilicatos muy acusada. Porosidad secundaria en filosilicatos y carbonatos, la primaria de mayor tamaño aún mantiene su morfología, si bien suavizada. Se aprecia un abrillantado de la superficie, y la formación de pliegues por acumulación de filosilicatos, lo que puede dar lugar a escisión de vetas. Presencia de microfósiles, globigerinas, Identificados rutilo con trazas de V, zircón y oro como marcadores.</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)

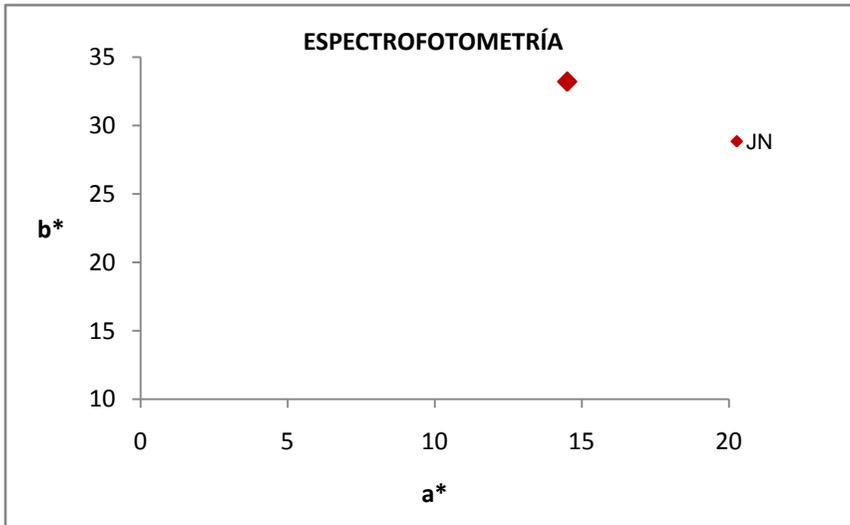


Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filossilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JN1/3.3			
Referencia:	JN1/3	Nº muestra	3	Localización Conjunto/ Pieza:	Virgen María
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA			
Tamaño:	2 mm ²	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación		
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte		
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte		
	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero		
Tratamiento	---	Material:	Terracota		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS			
 <p>Zona inferior de la pieza. Superficie</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP		
		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP		
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af		
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab		
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh		
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di		
INTERPRETACIÓN:					
-SPF - Tiene un anaranjado y bastante claro, por los valores elevados de b*, y sus valores de L* (64).					
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>					



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

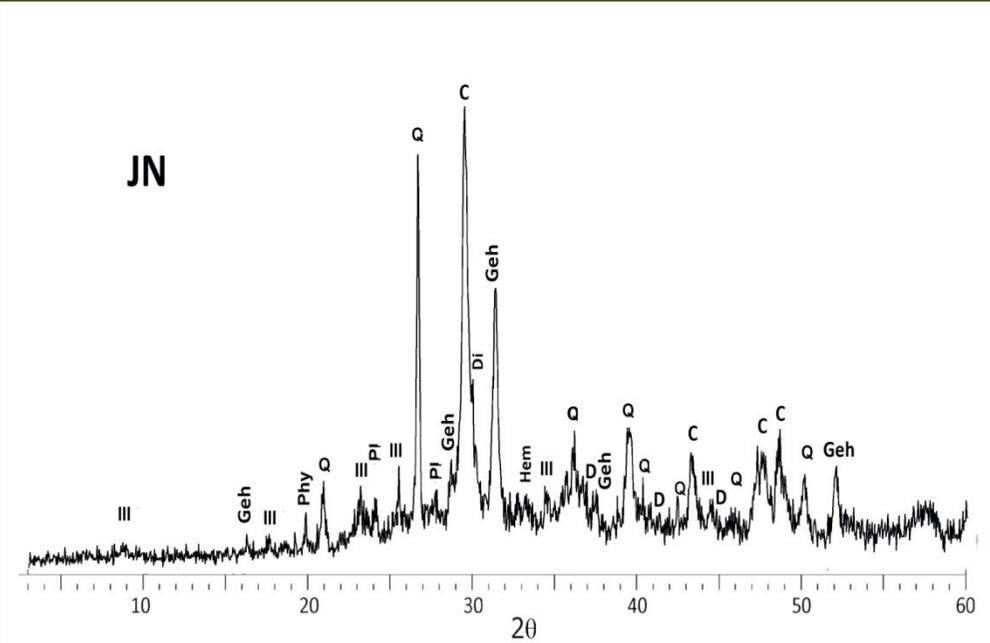
RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
JN	64.75	14.50	33.20	27,53	58	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JN5/3.1	
Referencia: JN5/3		Nº muestra 1	Localización Conjunto/ Pieza: Gallo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: <input type="text" value="---"/>	Peso: 0,5 g	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: <input type="text" value="Tras Ab, Af, Mh y Di, molido en mortero de ágata; tras XRD elaboración de pastilla en cera"/>	Material: <input type="text" value="Terracota"/>		
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Extracción de polvo de los fragmentos rotos de la base		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input checked="" type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-XRD – Esta terracota se diferencia de las granadinas en su escasa proporción de cuarzo. Cocida a elevada temperatura, debido a la presencia de gehlenita y diópsido en un 15% cada una, y elevada formación de materia fundida, 20%. Elevada proporción de plagioclasas anortíticas, seguramente por la temperatura de cocción alcanzada y a la elevada proporción de carbonatos de la tierra arcillosa de origen, que podría dar problemas de rotura por caliche. Esto indica una elevada resistencia y estabilidad mecánicas de la terracota, poco usual en piezas de este tamaño tan pequeño. Extraña es la presencia de tan elevada cantidad de carbonato (15%).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



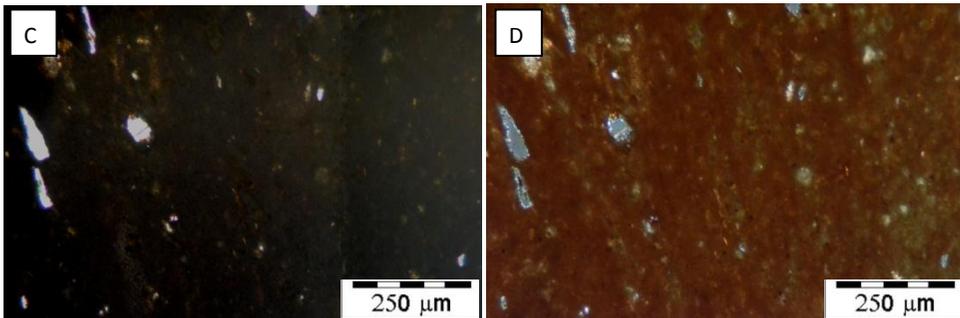
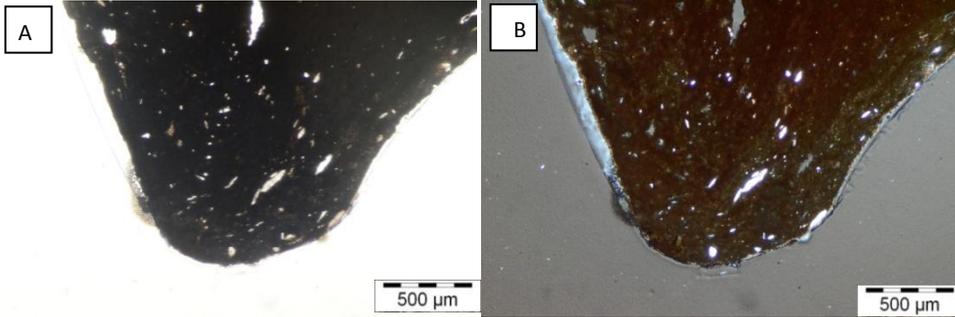
Difractograma. Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – diópsido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES POR XRD (%)												
MUESTRA	Q	C	D	PI	Geh	Hem	Di	III	Woll	Mull	Gyp	Melt
JN	25	15	tz	10	15	tz	15	-	-	-	-	20

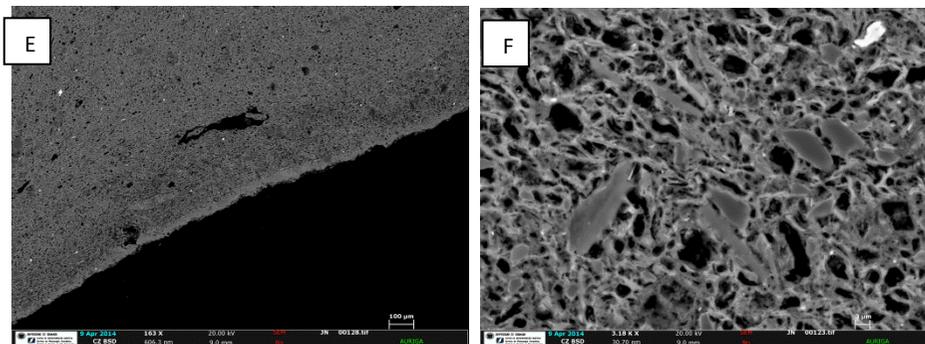
FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JN5/3.2	
Referencia: JN5/3		Nº muestra 3	Localización Conjunto/ Pieza: Gallo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	3x5x2 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	---	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input checked="" type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	Lámina delgado-pulida/metalización	Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input checked="" type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input checked="" type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input checked="" type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di	
Extracción de una lasca de los fragmentos			
INTERPRETACIÓN:			
<p>--POM – Matriz muy vitrificada, difícil distinción entre los granos de desgrasante y la matriz. Desgrasante muy escaso, tamaño homogéneo 40 µm, indica molturado. Filosilicatos apenas perceptibles. Presencia de antiguos carbonatos de 100 µm o como poros con borde de reacción. Porosidad escasa y redondeada. Indica muy buena compacidad y resistencia mecánica, pero con riesgo de roturas por caliche, ya que parece que la arcilla ha sido molturada.</p> <p>-SEM-EDX – Abundantes puentes de unión entre granos; esta vitrificación la hace más resistente y durable. Transformación de desgrasantes y filossilicatos muy acusada. Porosidad secundaria en filossilicatos y carbonatos, la primaria de mayor tamaño aún mantiene su morfología, si bien suavizada. Se aprecia un abrillantado de la superficie, y la formación de pliegues por acumulación de filossilicatos, lo que puede dar lugar a escisión de vetas. Presencia de microfósiles, globigerinas, Identificados rutilo con trazas de V, zircón y oro como marcadores.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Imágenes de POM, vista a un polarizador (A, C) y en nícoles cruzados (B, D)



Imágenes por SEM-EDX, vista general (E) y detalle de aspecto de puentes de fusión y grado de transformación de los carbonatos, cuarzos y filosilicatos (F)

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JN5/3.3	
Referencia:	JN5/3	Nº muestra	2
Localización Conjunto/ Pieza:		Gallo	
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño:	7x6x4 mm	<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso:	1,02 g	<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada	<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
	<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar	<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento	---	Material:	Terracota
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
 <p>Utilización de un fragmento completo de la base rota</p>		<input type="checkbox"/> Estratigrafía <input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP <input type="checkbox"/> T. solubilidad <input type="checkbox"/> OM <input checked="" type="checkbox"/> MIP <input type="checkbox"/> Luz IR <input type="checkbox"/> POM <input checked="" type="checkbox"/> Af <input type="checkbox"/> Luz UV <input type="checkbox"/> XRD <input checked="" type="checkbox"/> Ab <input type="checkbox"/> Luz rasante <input type="checkbox"/> XRF <input checked="" type="checkbox"/> Mh <input type="checkbox"/> CG-MS <input type="checkbox"/> SFM <input checked="" type="checkbox"/> Di	
INTERPRETACIÓN:			
<p>-MIP - Tiene un área total de poro elevada de 8 m²/g, una porosidad abierta escasa de 26%. Los datos de ρ_{sk} y ρ_b se corresponden con su mineralogía (ficha JM/3.1) (t. 1). El 68% de su porosidad se encuentra en el radio de poro 1-0,1 μm, y un 25% entre 0,1-0,01 μm (t. 2). Distribución de poros unimodal, con su pico máximo en 0,1 μm y una cantidad baja de porosidad, 0,34 mL/g. También tiene una pequeña familia de poros de hasta un mínimo de 0,03 μm de radio (curva porométrica y t. 3). Indica una microporosidad abundante que puede provocar problemas por cristalización de sales.</p> <p>-Ab, Af, Mh, Di – En Ab toma muy poco agua, apenas un 16%, que llega a un 18% en Af. Elimina la mitad del agua en 4 horas, ralentizándose hasta eliminar el máximo de agua en 3 días. Su Ax es muy reducida (12%), lo que indica una porosidad celular; su porosidad abierta (Po) es del 30%. Su índice de secado (Di) es bastante bueno, (0,98%) (t.4). Poca absorción de agua y desorción más lenta, con cierta retención que puede provocar problemas ante la presencia de contaminantes disueltos.</p> <p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:

Tabla 1. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO

MUESTRA	Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
JN	8,32	2,49	1,83	26,40	34	0,92

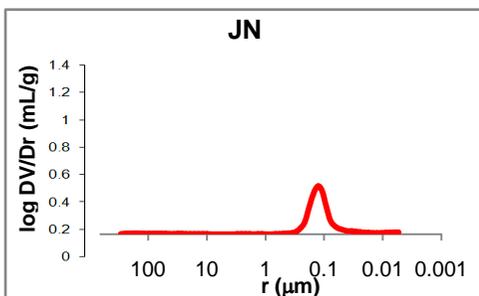
ρ_{sk} –densidad real; ρ_b –densidad aparente; Po – porosidad abierta; STEM – presión de vapor; PESO– peso de la muestra

Tabla 2. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)

MUESTRA	>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
JN	3,24	0,52	68,62	25,21	2,40

Tabla 3. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS

MUESTRA	RANGO DE POROSIDAD		PICO MÁXIMO	
	Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia(mL/g)
JN	0,30	0,03	0,13	0,34



Curva porométrica. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm)

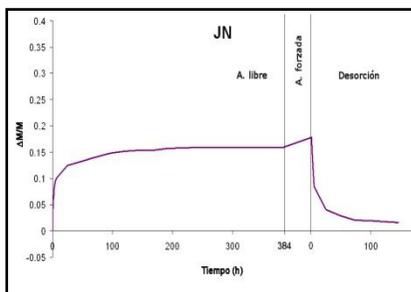


Diagrama de los ensayos hídricos. Variación de peso ($\Delta\text{M}/\text{M}$) versus tiempo (h)

Tabla 4. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS

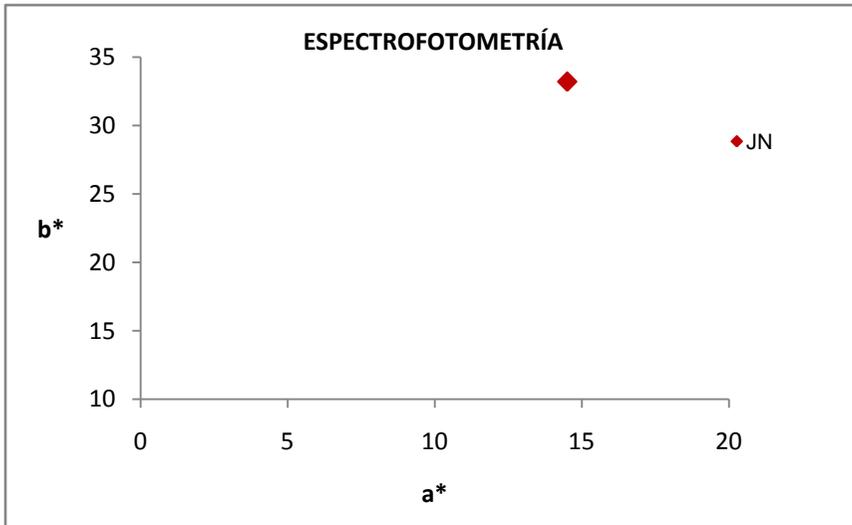
Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)
15,85	17,82	12,36	1,71	2,51	74,91	0,98	30,45

Ax – interconexión de poros; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; S – saturación; Po – porosidad abierta

FICHA DE MÉTODOS DE ANÁLISIS		Ref. JN5/3.4	
Referencia: JN5/3		Nº muestra 4	Localización Conjunto/ Pieza: Gallo
CARACTERÍSTICAS:		NATURALEZA	
Tamaño: 2 mm²		<input type="checkbox"/> Suciedad	<input type="checkbox"/> Preparación
Peso: ---		<input type="checkbox"/> Acabados	<input checked="" type="checkbox"/> Soporte
Estado de la muestra: <input checked="" type="checkbox"/> Fragmento <input type="checkbox"/> Tratada		<input type="checkbox"/> Policromía	<input type="checkbox"/> Estrato completo con soporte
<input type="checkbox"/> Molido <input checked="" type="checkbox"/> Sin tratar		<input type="checkbox"/> Añadidos	<input type="checkbox"/> Mortero
Tratamiento: ---		Material: Terracota	
LUGAR DE EXTRACCIÓN: (escrita y foto)		RELACION DE ANÁLISIS	
		<input type="checkbox"/> Estratigrafía	<input type="checkbox"/> SEM <input type="checkbox"/> UWP
Piezas rotas. Superficie		<input type="checkbox"/> T. solubilidad	<input type="checkbox"/> OM <input type="checkbox"/> MIP
		<input type="checkbox"/> Luz IR	<input type="checkbox"/> POM <input type="checkbox"/> Af
		<input type="checkbox"/> Luz UV	<input type="checkbox"/> XRD <input type="checkbox"/> Ab
		<input type="checkbox"/> Luz rasante	<input type="checkbox"/> XRF <input type="checkbox"/> Mh
		<input type="checkbox"/> CG-MS	<input checked="" type="checkbox"/> SFM <input type="checkbox"/> Di
INTERPRETACIÓN:			
<p>-SPF - Tiene un color bastante homogéneo, aunque en el centro de la pieza se aprecia una cierta tonalidad más intensa. En general, es anaranjado y bastante claro, por los valores elevados de b*, y sus valores de L* (64).</p>			
<p>P. Hidrostática – pesada hidrostática; SEM – microscopía electrónica de barrido (incluye microanálisis por EDX, por energía dispersiva de rayos X); OM – microscopía óptica; POM - microscopía óptica de polarización; XRD – difracción de rayos X; XRF – fluorescencia de rayos X; SFM - espectrofotometría; Ultrasonidos – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; Porosimetría Hg – porosimetría de inyección de mercurio; IR – infrarrojo; UV – ultravioleta; UWP – velocidad de propagación de ondas ultrasónicas; MIP – porosimetría de inyección de mercurio; Ab – absorción libre; Af – absorción forzada; Mh – pesada hidrostática; Di – índice de secado</p>			



DOCUMENTACIÓN GRÁFICA Y FOTOGRÁFICA:



Valores de a* versus b* en las medida de color tomada

RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA						
MUESTRA	L*	a*	b*	C*	Hº	COLOR
JN	64.75	14.50	33.20	27,53	58	

Leyenda: L* – valores de luminosidad; a* y b* –cromaticidad; C* –croma; Hº –ángulo de matiz; COLOR – aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido)

C.2.2. Aplicación del protocolo sobre obra real

En este apartado se procede a la aplicación del protocolo a la obra de arte real, siguiendo las mismas pautas que las empleadas en las probetas. Los resultados serán de vital importancia para comprobar su efectividad,

De la selección de técnicas analíticas, previamente establecida en el apartado D.2.2.3.3., y aplicada a las probetas de los yacimientos de arcilla granadinos, destacar dos puntos principales: en primer lugar, la toma de muestras y el orden de aplicación de las técnicas analíticas ha sido el especificado en el apartado C.1.6.; si bien en el actual apartado se reflejan los resultados siguiendo un orden que permita una mejor comprensión de la información y poder elaborar las conclusiones sobre las esculturas de forma lógica y gradual. En segundo lugar, la datación por Termoluminiscencia con conteo de partículas α y β no ha sido aplicada sobre la obra real debido a su elevado coste, aunque se recomienda como parte del protocolo final, siempre que esto se pueda asumir y que la datación de la pieza sea imprescindible.

C.2.2.1. Fluorescencia de Rayos-X

METODOLOGÍA

Se ha aplicado el análisis de Fluorescencia de rayos X (XRF) siguiendo la misma metodología descrita en el apartado C.1.5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MUESTRA		Tabla 27. COMPONENTES MAYORITARIOS DE XRF (%)										LOI (%)
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
1	BNJ	46,1	18,2	6,4	0,1	3,9	10,7	0,7	3,2	0,7	0,1	3,37
	CAM-EH	39,2	17,7	6,3	0,1	3,3	14,4	0,5	3,2	0,7	0,1	13,94
	CAM-VS	43,1	20,4	6,8	0,1	4,8	14,2	1,0	4,4	0,8	0,1	2,78
	ZEH	45,9	19,4	6,7	0,1	3,9	12,6	0,5	3,7	0,8	0,1	9,66
2	BHE	40,2	18,2	6,3	0,1	3,1	16,8	0,6	3,8	0,7	0,1	9,38
	ZAF	37,1	15,9	5,8	0,1	2,9	11,9	0,5	3,1	0,7	0,1	11,02
3	MUSJ	35,9	11,9	4,3	0,1	2,4	26,9	0,3	2,5	0,6	0,2	14,03
	PdC1	37,9	12,0	4,7	0,1	1,8	28,2	0,4	2,5	0,5	0,1	5,78
4	---											

Leyenda: **1** – artistas granadinos; **2** – talleres barristas granadinos; **3** – artistas externos; **4** – talleres barristas externos; **LOI** – pérdida de peso por calcinación; **BNJ** – Niño Jesús; **CAM-EH** – Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-EH** – Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-VS** – Virgen con San Simón; **ZEH** – Ecce-Homo de La Zubia; **BHE** – Huída a Egipto; **ZAF** – Ánima Femenina; **MUSJ** – San José de Duque-Cornejo; **PdC1** – Inmaculada de Priego de Córdoba

		Tabla 28. COMPONENTES MINORITARIOS DE XRF (ppm)														
MUESTRA		S	Cl	Co	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Ba
1	BNJ	564	254	0	142	116	66	73	136	27	0	133	258	16	213	481
	CAM-EH	5269	367	0	174	112	67	88	130	0	0	191	564	20	165	574
	CAM-VS	1347	461	23	141	0	64	71	124	0	0	147	356	19	157	506
	ZEH	399	214	0	0	178	69	79	157	21	0	160	325	19	207	542
2	BHE	656	410	0	0	16	60	79	165	23	23	168	614	18	151	558
	ZAF	1104	248	0	109	101	59	66	133	19	0	127	296	14	168	545
3	MUSJ	1627	851	0	0	150	57	76	124	15	0	103	767	17	143	292
	PdC1	1149	408	0	0	108	226	76	124	13	0	101	574	21	138	505
4																

Leyenda: **1** – artistas granadinos; **2** – talleres barristas granadinos; **3** – artistas externos; **4** – talleres barristas externos; **BNJ** – Niño Jesús; **CAM-EH** – Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-EH** – Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-VS** – Virgen del Carmen con San Simón Stock; **ZEH** – Ecce-Homo de La Zubia; **BHE** – Huída a Egipto; **ZAF** – Ánima Femenina; **MUSJ** – San José de Duque-Cornejo; **PdC1** – Inmaculada de Priego de Córdoba

Dentro de los componentes mayoritarios (tabla 27), los más abundantes son los relativos a la cantidad en sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), hierro (Fe₂O₃) y calcio (CaO). La sílice oscila entre el 36% de

MUSJ y el 46% de BNJ y ZEH, quedando el resto de obras repartidas entre estos dos valores.

De forma general, todas las muestras son bastante ricas en aluminio, estableciendo un rango entre el 12% de MUSJ y PdC y el 20% de CAM-VS y ZEH, aunque, en realidad, el rango general es mucho más corto, entre el 18% y el 20%.

Respecto a los valores relativos a la concentración de calcio, éste es bastante alto en general; el rango más común de 10-14%, lo que convierte a su materia prima en arcillas calcáreas¹⁷², destacando por encima de este porcentaje BHE con un 16%, y sobre todo MUSJ y PdC1 que rondan el 27% de CaO, lo que sumado al 14% y 6% de LOI, respectivamente, convierte a las materias primas en arcillas margosas. Se hace esta afirmación teniendo en cuenta que parte de la pérdida de peso por calcinación puede deberse también al H₂O de los filosilicatos, por lo que deberemos comprobar por XRD su proporción para asegurarnos de la influencia de una fase mineral u otra en el valor de LOI.

El porcentaje de hierro presente se establece en un rango más corto, 4-7%, perteneciendo los valores más bajos a MUSJ y PdC1, y siendo el resto de yacimientos en torno al 6%.

Los otros componentes mayoritarios tienen porcentajes bastante bajos, inferiores al 1% en la mayoría de los casos, a excepción del magnesio que se encuentra entre el 1,8% de PdC y el 5% de CAM-VS. Esto puede indicar que la tierra arcillosa de CAM-VS es más rica

¹⁷² BARAHONA (1974)

en dolomita. Las cantidades de potasio rondan el 2% en MUSJ y PdC y el 4% en BHE, CAM-VS y ZEH.

Analizando los componentes minoritarios (tabla 28), destacan principalmente los altos niveles de azufre en CAM-EH (5300 ppm), seguido por CAM-VS, MUSJ, PdC y ZAF, alrededor de las 1000 ppm. Destaca también la elevada proporción de cloro en MUSJ (800 ppm), de vanadio, por encima de 140 ppm, en BNJ, CAM-EH, CAM-VS y ZAF, y de níquel, 225 ppm, en PdC.

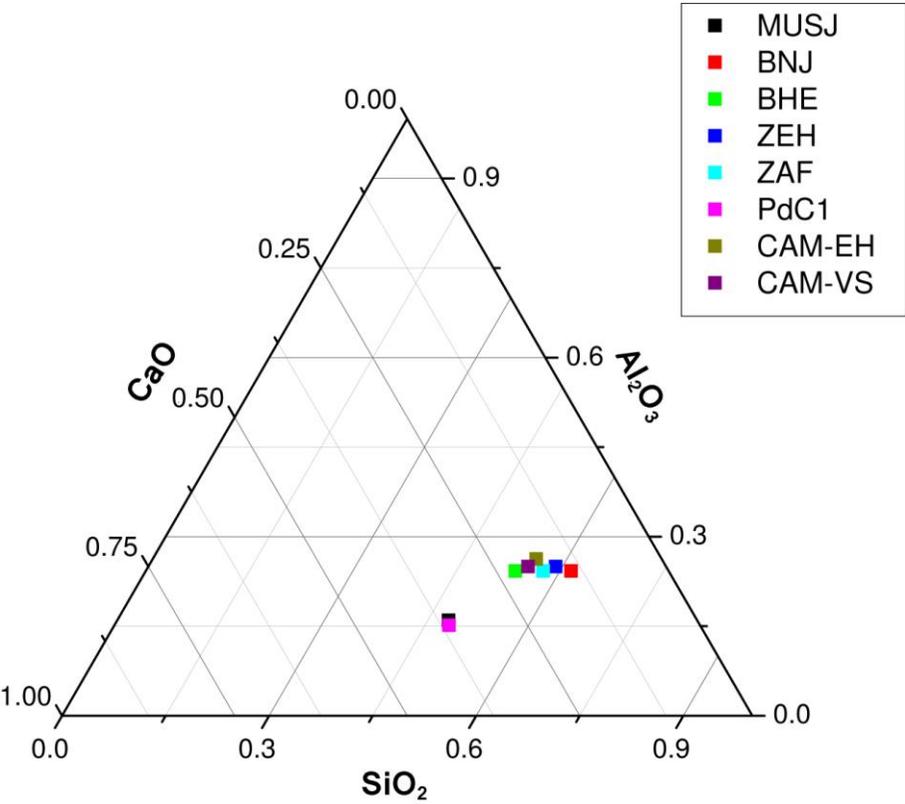


Figura 118. Diagrama triangular que muestra la distribución de los elementos mayoritarios más abundantes (SiO₂ – CaO – Al₂O₃).

En el diagrama triangular de figura 118 se recoge el porcentaje de los principales elementos químicos que componen estas obras en terracota. Las muestras se encuentran alineadas respecto a su contenido en CaO; y agrupadas en dos bloques: según se encuentran entre 10% y 16%, que son la mayoría, y las que se acercan más al 27% (PdC1 y MUSJ).

Estas dos agrupaciones están igualmente diferenciadas en lo que respecta a los porcentajes de SiO₂. La mayoría de las muestras se encuentran entre el 37% y 40%, alejándose MUSJ y PdC1 con un 46%.

Lo mismo sucede con respecto a la concentración en aluminio, donde el grueso de las muestras se encuentra alrededor del 6%, y MUSJ y PdC1 al 4%.

CONCLUSIONES

Se pueden diferenciar perfectamente las esculturas de Granada de las de otras provincias (MUSJ probablemente de Sevilla y PdC1 de Priego de Córdoba) en base a su composición química, así como aparece en el diagrama de figura 126.

Mediante esta técnica de análisis se han encontrado también indicios de elementos químicos en trazas que podrían emplearse como marcadores: Ni en PdC1, Cl y Sr en MUSJ, y S especialmente elevado en CAM-EH. Estos datos indican que se deben buscar fases minerales que justifiquen la presencia de S y Sr en todas las muestras, como puede ser la celestina, o la elevada cantidad de S en CAM-

EH, posiblemente debida a la anhidrita. La proporción de Ba es también bastante elevada en general, lo que puede sugerir la presencia de barita.

C.2.2.2. Difracción de Rayos-X

METODOLOGÍA

La mineralogía de las muestras extraídas de las obras escultóricas ha sido estudiada por medio de XRD, utilizando el mismo equipo, condiciones de trabajo y método descritos para las probetas de laboratorio (apartados D.3.1.4.1. y C.1.5.1.).

Esta técnica analítica se ha aplicado a una mayor cantidad de piezas que XRF, e incluso en varias zonas de una misma obra. Se debe a que XRD requiere una menor cantidad de muestra, que en muchos casos se ha podido obtener en el propio proceso de restauración de las esculturas, pudiendo así comprobar si el nivel de transformación por cocción ha sido homogéneo en toda la obra (como se verá en la muestra MUC), si los distintos colores obtenidos en diversas zonas de la terracota implican cambios mineralógicos (como se verá en las muestras BHE e ISM), o si las distintas piezas de un mismo conjunto presentan diferencias (como se verá en BHE, BN, PcD o ZAF y ZAM).

RESULTADOS

C.2.2.2.1. Artistas granadinos

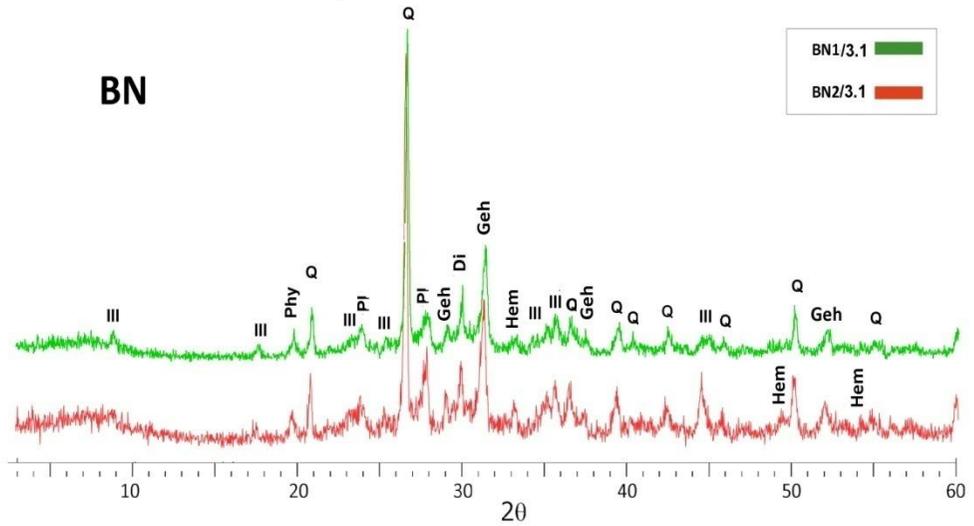


Figura 119. Difractogramas del conjunto Nacimiento (BN), comparando las terracotas extraídas de la figura de la Virgen María (BN1/3.11) y San José (BN2/3.1). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

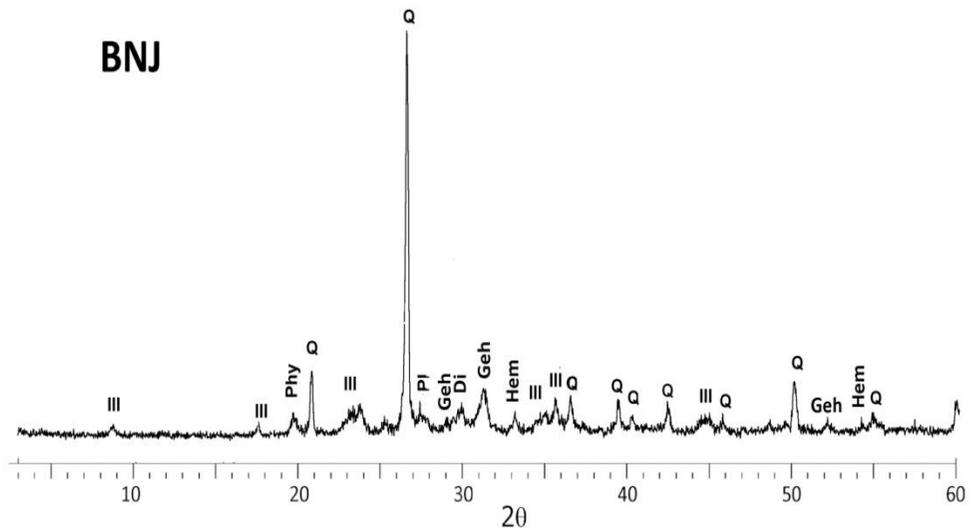


Figura 120. Difractograma de la obra *Niño Jesús* (BNJ). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **PI** – plagioclasas/feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

CAM-EH

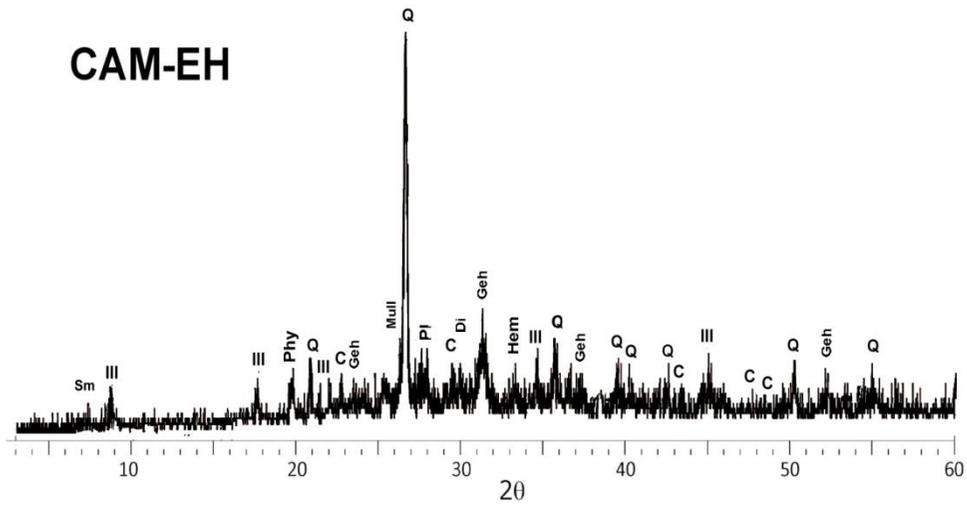


Figura 121. Difractograma de la obra *Ecce Homo* de Hermanos García (CAM-EH). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Mull** – mullita; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – cacita; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

CAM-VS

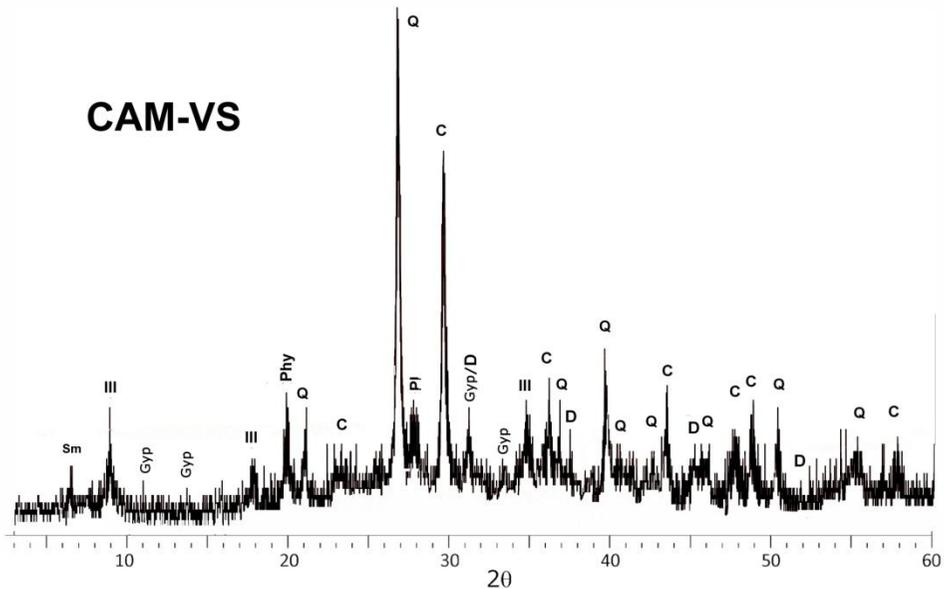


Figura 122. Difractograma de la obra *Virgen del Carmen con San Simón Stock* de Diego de Mora (CAM-VS). Leyenda: **Sm** – esmectitas; **III** – illita; **Gyp** – yeso; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – cacita; **D** – dolomita

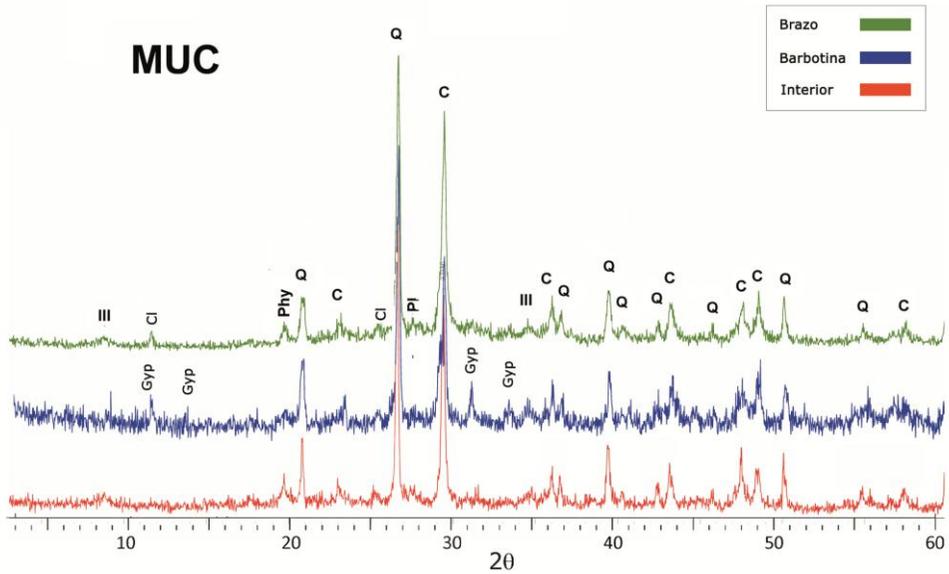


Figura 123. Difractogramas de la obra *Cristo Caído* de José de Mora (MUC), comparando la muestra extraída del brazo (verde), la barbotina de unión entre la pieza y la peana (azul), y el interior de la escultura (rojo). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Gyp** – yeso

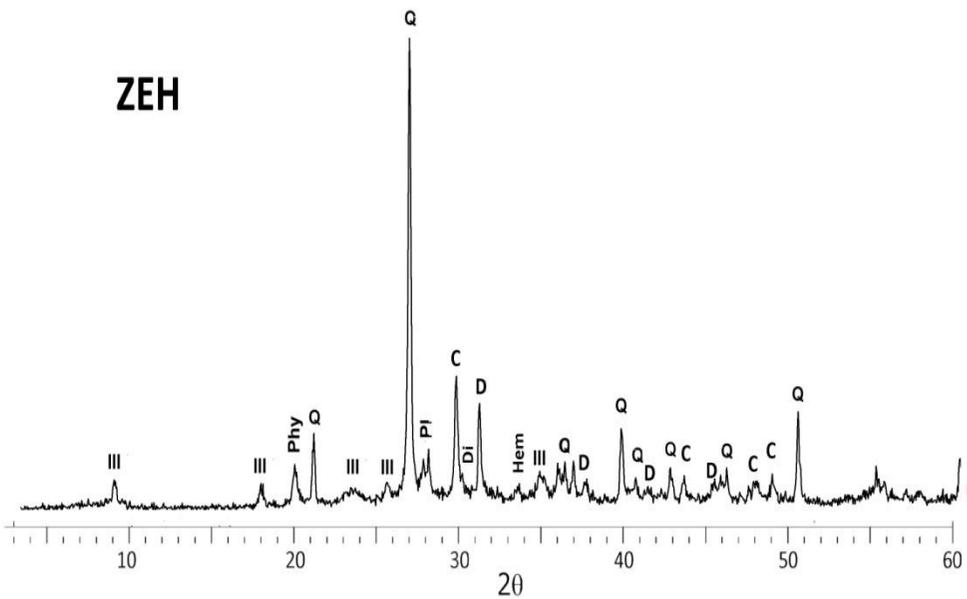


Figura 124. Difractograma de la obra *Ecce-Homo* de La Zubia (ZEH). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – diópsido; **D** – dolomita; **Hem** – hematites.

C.2.2.2.2. Talleres barristas granadinos

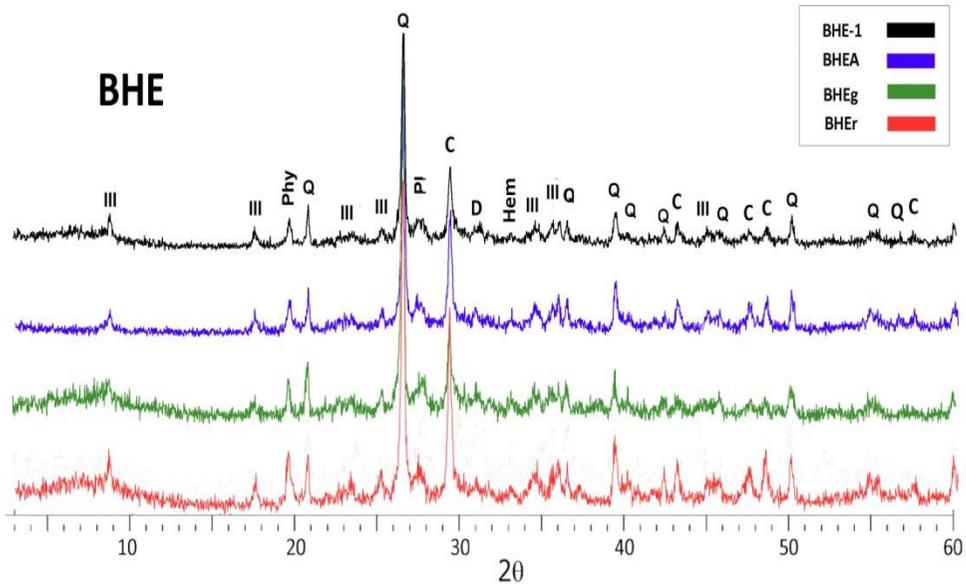


Figura 1253. Difractogramas del conjunto *Huída a Egipto* (BHE), comparando las muestras extraídas de la Virgen (BHE-1), del ángel (BHEA), la zona de arcilla gris (BHEg) y la zona de arcilla roja (BHEr) de la peana. Leyenda: **Ill** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – cacita; **D** – dolomita; **Hem** – hematites

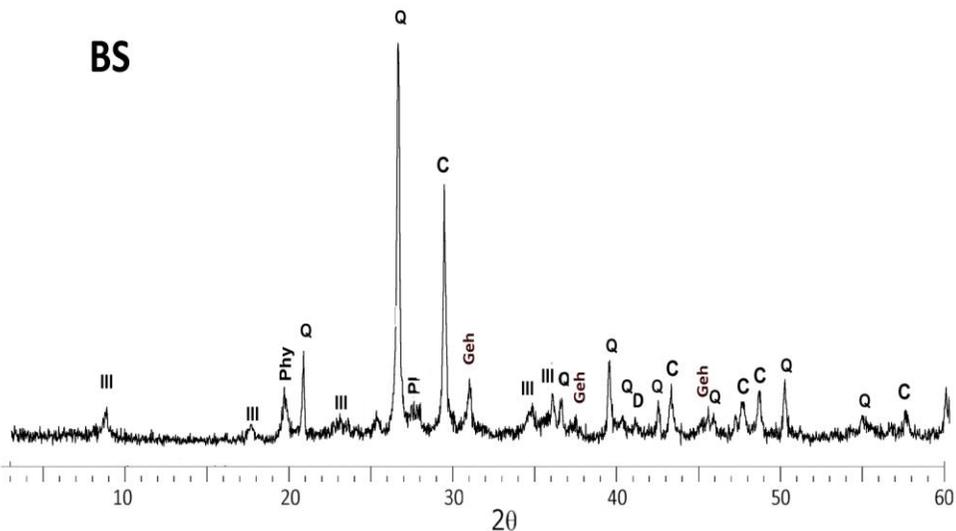


Figura 126. Difractograma de la obra inaculada (BS 1.1). Leyenda: **Ill** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl** – plagioclasas/feldespatos; **C** – cacita; **Geh** – gehlenita

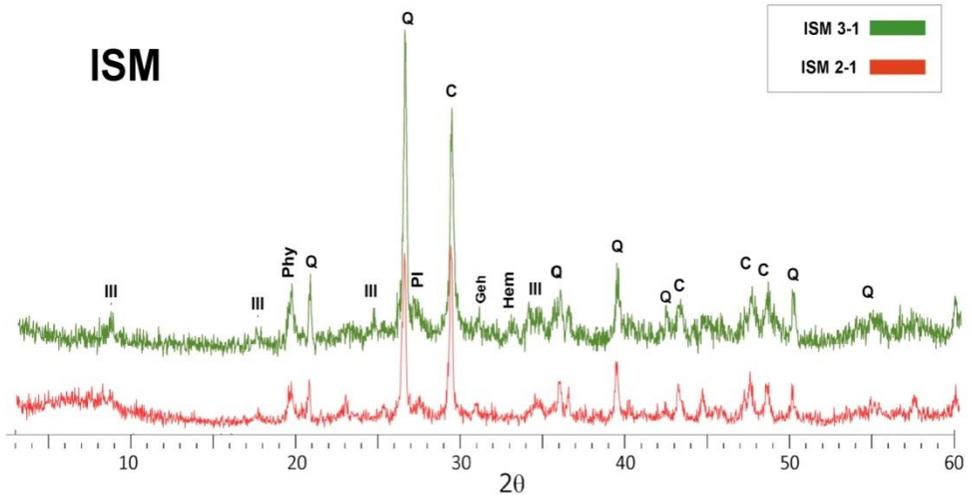


Figura 127. Difractogramas del conjunto *San Miguel Arcángel* (ISM), comparando las muestras extraídas del demonio (ISM 3-1) y la peana (ISM 2-1). Leyenda: III – illita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; Pl – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; Geh – gehlenita; Hem – hematites

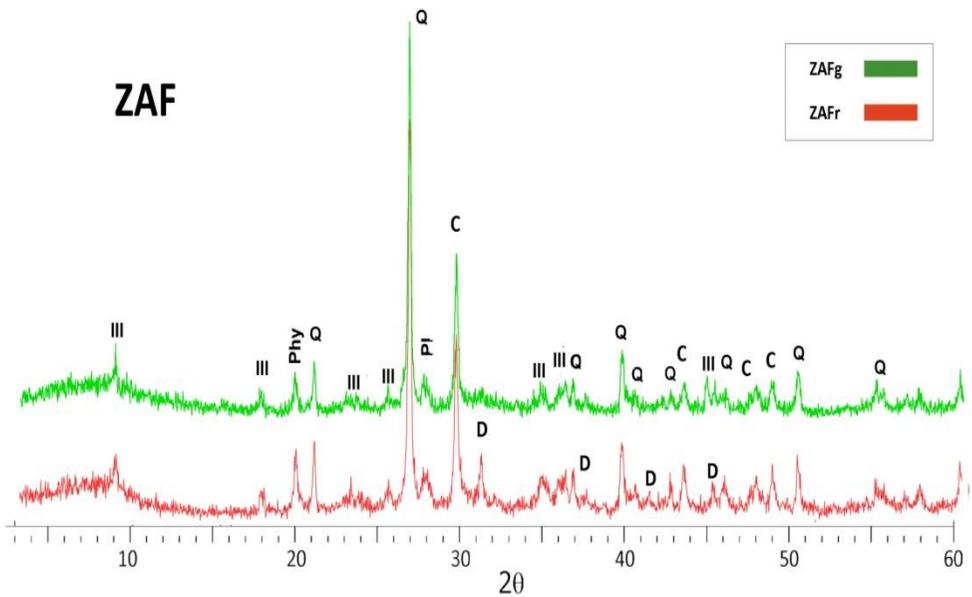


Figura 128. Difractogramas de la obra *Ánima Femenina* (ZAF), comparando las muestras extraídas de las zonas de tonalidad más grisácea (ZAFg) y más rojiza (ZAFr). Leyenda: III – illita; Phy – filosilicatos; Q – cuarzo; Pl – plagioclasas/feldespatos; C – calcita; D – dolomita

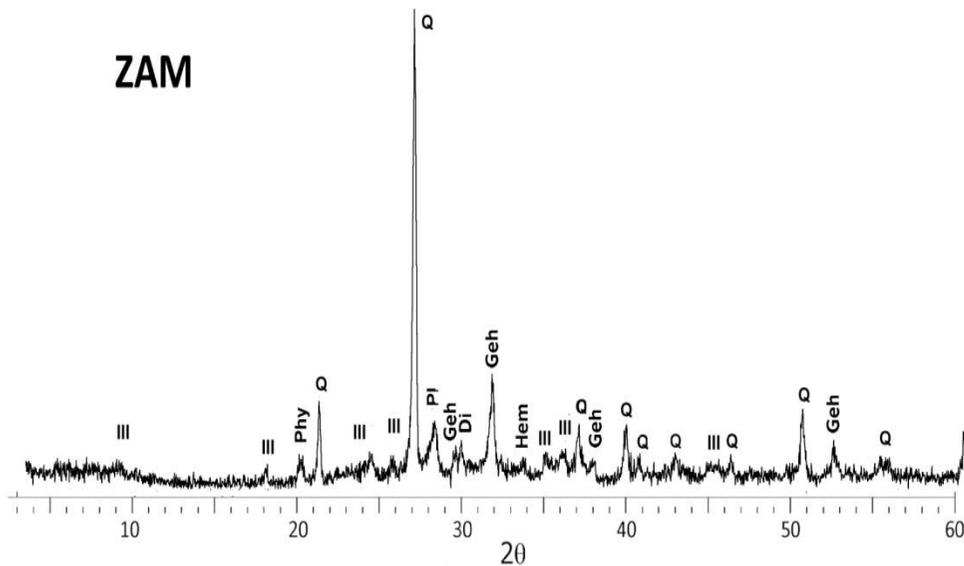


Figura 129. Difractograma de la obra *Ánima Masculina* (ZAM). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl**–plagioclasas/feldespatos; **Geh** – gehlenita; **Di** – diópsido; **Hem** – hematites

C.2.2.2.3. Artistas externos

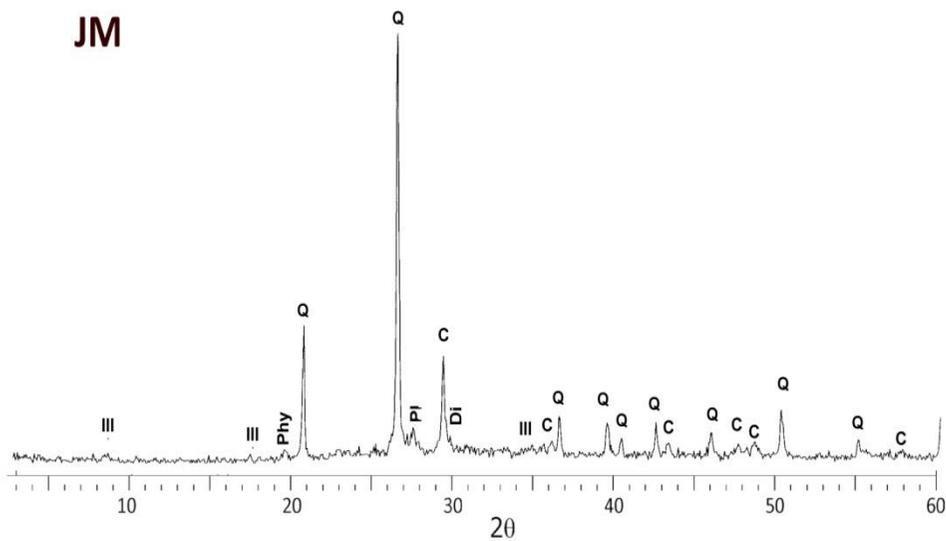


Figura 130. Difractograma de la obra *Relieve mural de Francisco Baños* (JM). Leyenda: **III** – illita; **Phy** – filosilicatos; **Q** – cuarzo; **Pl**–plagioclasas/feldespatos; **C** – calcita; **Di** – diópsido

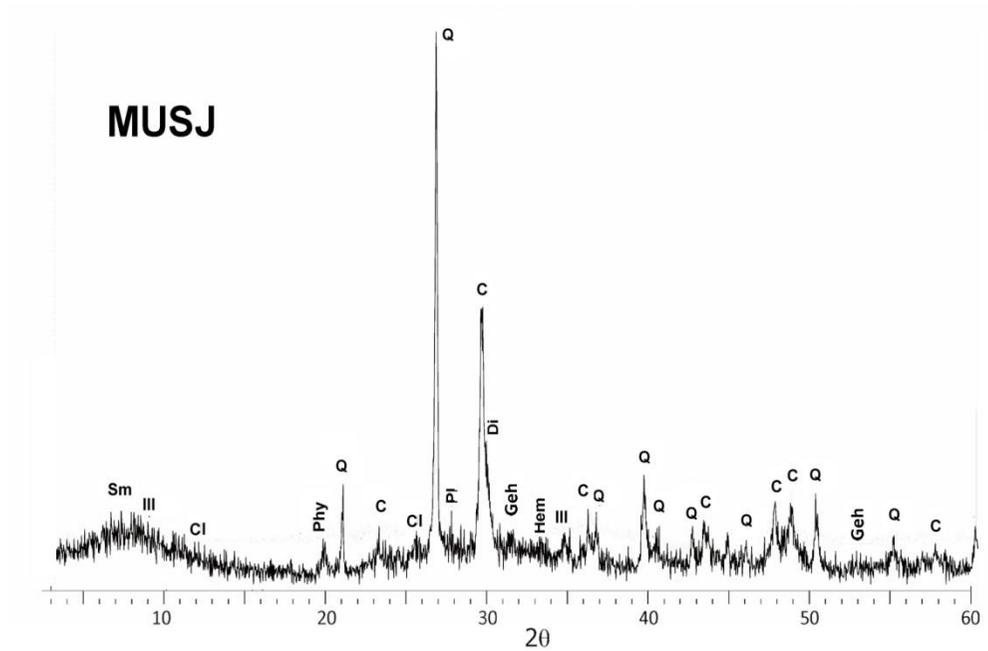


Figura 131. Difractograma de la obra *San José* de Duque-Cornejo (MUSJ). Leyenda: **Sm** - esmectitas; **Ill** - ilita; **Cl** - cloritas; **Phy** - filosilicatos; **Q** - cuarzo; **Pl** - plagioclasas/feldespatos; **C** - calcita; **Di** - diópsido; **Geh** - gehlenita; **Hem** - hematites

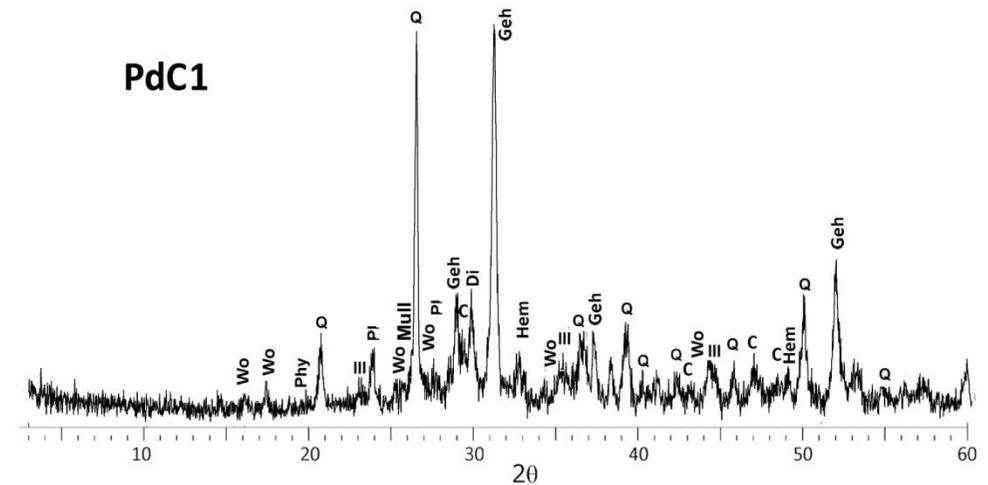


Figura 132. Difractograma de la obra *Inmaculada* de Priego de Córdoba (PdC1). Leyenda: **Wo** - wollastonita; **Ill** - ilita; **Phy** - filosilicatos; **Mull** - mullita; **Q** - cuarzo; **Pl** - plagioclasas/feldespatos; **C** - calcita; **Di** - diópsido; **Geh** - gehlenita; **Hem** - hematites

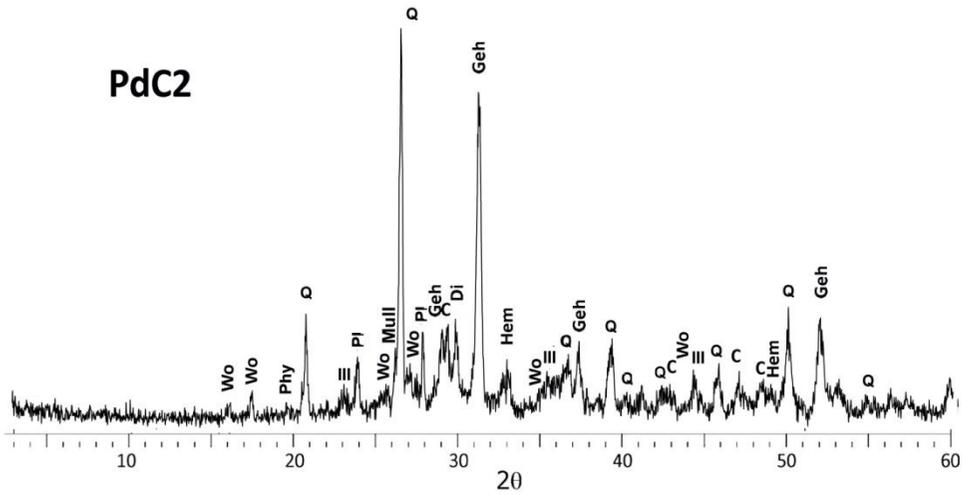


Figura 133. Difractograma de la obra San José de Priego de Córdoba (PdC2).
 Leyenda: **Wo** - wollastonita; **III** - illita; **Phy** - filosilicatos; **Mull** - mullita; **Q** - cuarzo; **Pl** - plagioclasas/feldespatos; **C** - calcita; **Di** - diópsido; **Geh** - gehlenita; **Hem** - hematites

C.2.2.2.4. Talleres barristas externos

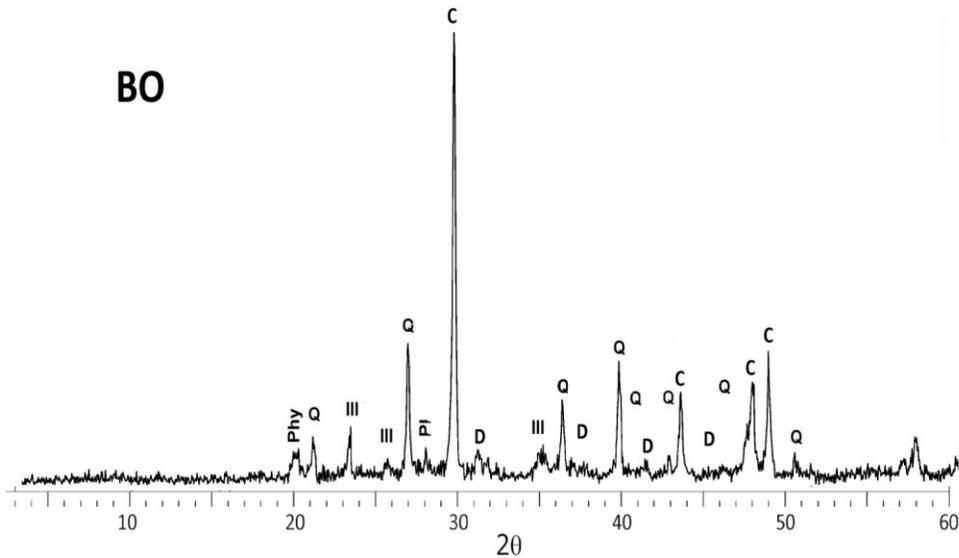


Figura 134. Difractograma de la figura Pastora con huevos del Belén Ortigas (BO).
 Leyenda: **Phy** - filosilicatos; **III** - illita; **Q** - cuarzo; **Pl** - plagioclasas/feldespatos; **D** - dolomita

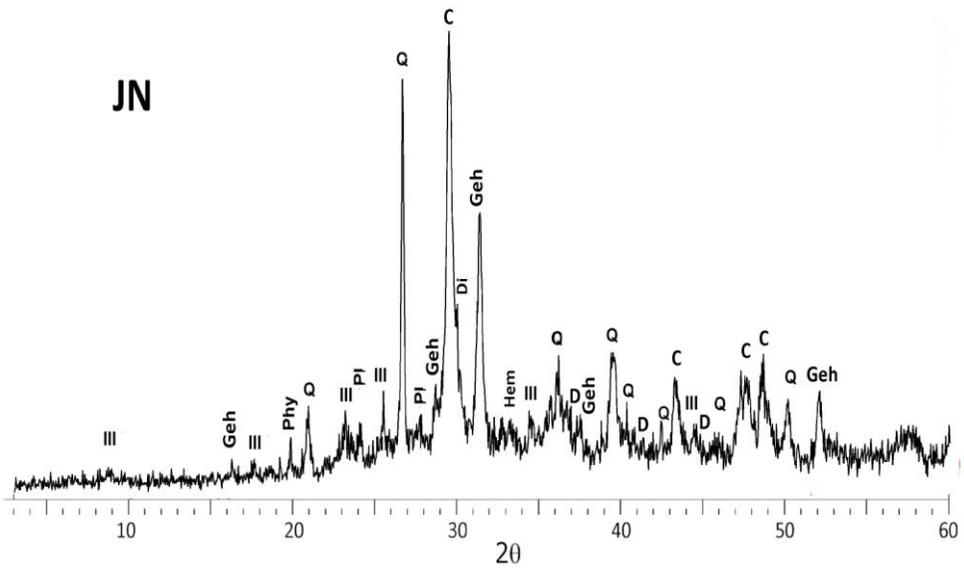


Figura 135. Difractograma de la pieza Gallina del Nacimiento de Jaén (JN).
Leyenda: **III** - illita; **Phy** - filosilicatos; **Q** - cuarzo; **Pl**-plagioclasas/feldespatos; **C** - calcita; **Di** - diópsido; **Geh** - gehlenita; **Hem** - hematites

Tabla 29. CONCENTRACIÓN DE LAS FASES MINERALES EN OBRA REAL (%)														
MUESTRAS		Q	C	D	Pl	Geh	Hem	Di	Ill	Woll	Mull	Gyp	Melt	
1	BN	1	40	-	-	15	15	tz	10	10	-	-	-	10
		2	30	-	-	20	15	5	10	5	-	-	-	15
	BNJ		55	-	-	tz	10	5	10	10	-	-	-	10
	CAM-EH		40	5	-	5	5	5	20	10	-	tz	-	10
	CAM-VS		25	25	5	5	-	tz	15	10	-	-	tz	15
	MUC	bar	40	25	-	5	-	-	-	15	-	-	-	15
		br	25	20	-	5	-	-	-	10	-	-	20	20
		int	45	20	-	5	-	-	-	15	-	-	-	15
ZEH		40	15	15	5	-	tz	5	10	-	-	-	10	
2	BHE	1	35	10	tz	20	-	tz	-	20	-	-	-	15
		A	35	15	tz	15	-	tz	-	20	-	-	-	15
		gr	35	10	tz	20	-	tz	-	20	-	-	-	15
		r	30	20	tz	10	-	tz	-	15	-	-	-	15
	BS	1.1	45	5	-	20	-	-	-	15	-	-	-	15
		4.2	35	25	5	tz	5	-	-	15	-	-	-	15
	ISM	2	30	25	5	10	tz	tz	-	10	-	-	-	20
		3	35	30	5	5	tz	tz	-	5	-	-	-	20
	ZAF	gr	60	10	-	15	-	tz	-	5	-	-	-	15
		r	55	15	5	15	-	tz	-	5	-	-	-	10
ZAM		60	-	-	5	15	tz	5	5	-	-	-	10	
3	JM		75	15	-	tz	-	-	5	tz	-	-	-	5
	MUSJ		35	20	-	10	tz	tz	15	5	-	-	-	15
	PdC	1	20	-	-	10	30	5	10	tz	5	tz	-	20
		2	20	-	-	10	25	5	15	tz	10	tz	-	15
4	BO		15	55	5	tz	-	-	-	20	-	-	-	10
	JN		25	15	tz	10	15	tz	15	-	-	-	-	20

Leyenda: **tz** - trazas; **Q** - cuarzo; **C** - calcita; **D** - dolomita; **Pl**- plagioclasas/feldespatos; **Geh** - gehlenita; **Hem**- hematites; **Di** - diópsido; **Ill** - illita; **Woll** - wollastonita; **Gyp**-yeso; **Melt**- fase amorfa; **1** - artistas granadinos; **2** - talleres barristas granadinos; **3** - artistas externos; **4** - talleres barristas externos; **BN** - Nacimiento; **BNJ** - Niño Jesús; **CAM-EH** - Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-VS** - Virgen con San Simón; **MUC** - Cristo Caído; **ZEH** - Ecce-Homo de La Zubia; **BHE** - Huída a Egipto; **BS** - Los siete Sacramentos; **ISM** - San Miguel; **ZAF** - Ánima Femenina; **ZAM** - Ánima Masculina; **JM** - Mural de Francisco Baños; **MUSJ** - San José de Duque-Cornejo; **PdC** - Inmaculada y San José de Priego de Córdoba; **BO** - Belén Ortigas; **JN** - Nacimiento de Jaén

Observando los datos de la tabla 29, la proporción de cuarzo varía bastante de unas muestras a otras, siendo muy bajo en BO, CAM-VS y PdC 1 y 2 (entre el 15 y el 25%), hasta llegar al 60-75% en ZAF, ZAM y JM, quedando el resto de muestras en un 30-50%.

Teniendo en cuenta las fases minerales que se han formado debido a la cocción de las piezas, y apoyados también en los resultados de XRF (tabla 27), se puede afirmar que todas las arcillas de origen contenían carbonatos, aunque en esta tabla (30) no se hayan detectado en BN, PdC y ZAM. Se ha formado gehlenita en una proporción entre 10% y 15% en las piezas BN, BNJ, JN y ZAM; en CAM-EH y BS se ha detectado una proporción muy baja de este silicato de neoformación, un 5%, mientras que en las dos piezas de PdC ha llegado hasta el 25-30%.

Si relacionamos la presencia de la gehlenita con la de la calcita, en casi todas las muestras se ha detectado el carbonato de calcio. En CAM-EH, JN e ISM coexisten calcita y gehlenita (esta última a veces en trazas) y únicamente en BN, BNJ y PdC la transformación del carbonato a silicato de calcio y aluminio ha sido completa. Destacar, la elevada cantidad de calcita cuantificada en BO, un 55% del total, mientras que la proporción de cuarzo queda reducida en un 15%.

La formación de dióxido, relacionada con la transformación de la dolomita¹⁷³, como ya vimos en el apartado C.1.5.1., se ha producido en proporciones bajas, un 5%, en JM, ZAM y ZEH; algo más elevada

¹⁷³ CULTRONE et alii (2001)

es su cantidad en las muestras de BN, BNJ, CAM-VS, JN, MUSJ y PdC (10-15%), y llega al 20% en CAM-EH.

Comparando la concentración del dióxido con la de la dolomita, la coexistencia de estas dos fases minerales es más difícil que la de calcita y gehlenita. En efecto, la descomposición del carbonato doble de calcio y magnesio empieza antes que en la calcita y la formación de dióxido ocurre después que en la gehlenita¹⁷⁴ Por esta razón, en la mayoría de las piezas donde se encuentra dolomita no se ha llegado a formar dióxido (es el caso de BHE, BO, BS, ISM, MUC y ZAF). En las obras donde sí se ha formado dióxido no se ha detectado dolomita (BN, BNJ, CAM-EH, JM, MUSJ, PdC1, PdC2 y ZAM). Tan sólo en las muestras CAM-VS, JN y ZEH se han encontrado ambas fases minerales, aunque cuando predomina una, la otra es más baja.

Mucho más escasa ha sido la formación de wollastonita, solamente cuantificada en las muestras de PdC, en concentraciones inferiores al 10%. Al tratarse de una fase mineral de muy alta temperatura, es evidente que no se detectaran carbonatos en el análisis por XRD.

La proporción de plagioclasas y feldespatos es bastante variada en las muestras: la mayoría rondan el 10-15%, menos BHE que varía entre el 10 y el 20%, BN y BSA3-2 que llegan al 15-20%, y MUC y ZAM en el 5%. Respecto a la naturaleza de estas plagioclasas, son más de tipo oligoclasas en las muestras BHE-A, BHE-r, BNJ, BSA3-2, ISM2, JM y las tres muestras de MUC. Pasan a ser de tipo anortítico en BN1, BN2,

¹⁷⁴ Ídem

BO, JN y ZAM, y existe una mezcla de ambas en el resto de muestras. Es interesante notar como en BHE, BS, ISM conforme , las plagioclasas se vuelven más anortíticas (figs. 125, 126 y 127 respectivamente), disminuye el contenido en calcita (tabla 29) dado que el calcio entra en la estructura de estos tectosilicatos.

Todas las muestras presentan sobre un 5%, de hematites, a excepción de BO, BS, JM, MUC y ZAF donde no se ha detectado esta fase mineral.

Respecto a la cantidad de filosilicatos cuantificados en las muestras, igualmente podemos distinguir dos grupos: la mayoría de las piezas contienen una proporción bastante baja de filosilicatos (menos de un 10%), mientras que BHE, BO, BS y MUC presentan valores entre el 15% y el 20%.

La vitrificación de las muestras, señalada en la tabla 29 como "melt", es muy similar en todas las piezas, rondando el 15%.

Una fase mineral peculiar ha sido el yeso, identificado solamente en la muestra de "barbotina" extraída de MUC en un 20%, y en CAM-VS en un 5%. En ambos casos puede deberse a una contaminación con la masilla de adhesión de la pieza al soporte, ya que el interior de ambas habían restos de escayola.

Por otro lado, es interesante comparar entre sí varias muestras del mismo grupo escultórico o de la misma pieza. En los casos de los grupos BN, ISM y PdC1 y 2 (figs. 119, 127, 132 y 133) las obras son muy similares entre sí, tanto en composición como en grado de transformación por la temperatura. En el caso de BHE (fig. 125), la

mineralogía de las figuras BHE1 (Virgen María) y BHE-A (Ángel) son muy similares, a excepción de la proporción de calcita y la naturaleza de las plagioclasas, más cálcicas en BHE-A. En este mismo grupo, disminuye la proporción de cuarzo, plagioclasas y filosilicatos en BHEr (muestra de suelo rojiza), aumentando la concentración de calcita respecto a BHEgr (muestra de suelo grisácea).

Las dos figuras del grupo BS (fig. 126) varían entre sí ligeramente, tanto en grado de transformación como en composición, presentando BS 4-2 un 5% de gehlenita, aunque contiene también un 25% más de carbonatos que BSA 3-2.

Del grupo ISM (fig. 127) las dos piezas estudiadas, el demonio (ISM2) y la peana (ISM3) son prácticamente iguales, variando solamente que el aumento de carbonatos de ISM3 respecto a ISM2 ha provocado una naturaleza más anorítica de las plagioclasas, sumado a una reducción en la cantidad de filosilicatos.

En las tres muestras extraídas de la pieza *Cristo Caído* (MUC) (fig. 123) es notable que la muestra extraída del interior (MUC int) y la del brazo (MUC br) sean prácticamente iguales, y la muestra de barbotina que unía la escultura a su peana (MUC bar) es la que presenta una reducción en la cantidad de cuarzo y filosilicatos, siendo más abundante su fase amorfa.

De la pareja de obras *Inmaculada* y *San José* de Priego de Córdoba (PdC1 y PdC2) (figs. 132 y 133), es destacable lo muy similares que son, si bien en PdC1 aumenta ligeramente la cantidad de gehlenita

y fase amorfa, mientras que en PdC2 es más abundante la cantidad de wollastonita.

En la pieza ZAF (fig. 128) se analizaron dos muestras, ZAFgr (de color más grisáceo) y ZAFr (de color rojo más intenso), estando su diferencia principal, como en el caso de BHE, en el contenido en de carbonatos, un 10% mayor en ZAFr que en ZAFgr.

CONCLUSIONES

Observando las gráficas de 127 a 143 y la tabla 29, se puede establecer de manera aproximada las temperaturas de cocción alcanzadas por las diferentes piezas escultóricas:

Las piezas BHE, BO, BSA3-2, MUC, y ZAF no presentan ninguna fase de neoformación (gehlenita, diópsido, wollastonita o mullita), y sus proporciones en carbonatos son elevadas (entre 15% y 35% en la mayoría de los casos), lo cual indica que su temperatura de cocción fue baja, seguramente insuficiente para proveerlas de una resistencia adecuada. En estas piezas, los filosilicatos son más abundantes que en el resto, entre un 15 y un 20%.

En el extremo contrario encontramos BN, BNJ, PdC y ZAM, que carecen totalmente de carbonatos y presentan cantidades importantes de gehlenita y diópsido (entre el 15% y el 30%), lo que indica temperaturas de cocción superiores a los 900 °C. En estas muestras, los filosilicatos son mucho menos abundantes, entre el 5-10%, y desapareciendo en PdC 1 y 2, únicas muestras donde se ha

formado wollastonita. La presencia de mullita es también particular de esta obra, junto con CAM-EH, apareciendo en ambos casos a nivel de traza.

En un término intermedio se encuentran las piezas BS4-2, CAM-EH, CAM-VS, ISM, JM, JN, MUSJ y ZEH, que contienen tanto carbonatos (entre el 5 y 30%) como fases neoformadas. Esto implica que dichas piezas llegaron a un grado de cocción suficiente para comenzar los procesos de transformación de las fases minerales, sin llegar a descomponerse totalmente los carbonatos. De ellas, las que presentan una mayor transformación son CAM-EH, CAM-VS y JN con un 15-30% entre gehlenita y diópsido; mientras las que demuestran una menor transformación son BSA4-2, ISM, JM y ZEH, apenas un 5% de gehlenita o diópsido. Su contenido en filosilicatos ronda también valores intermedios, alrededor del 10-15%.

Si relacionamos el comportamiento de estas obras con el de las probetas elaboradas en esta Tesis Doctoral (apartado C.1.5.1., tabla 14), todos los yacimientos presentaban carbonatos hasta los 850 °C, temperatura a la cual se ha formado gehlenita. El diópsido comienza a formarse a partir de los 900 °C, de forma que su presencia no coincide con la de los carbonatos. Sin embargo, en algunas de las piezas escultóricas coinciden el carbonato con el diópsido aunque cuando aumenta una de las dos fases la otra disminuye.

Si estudiamos las piezas agrupadas por sus características, las obras de escultores de primera fila granadinos (BN, BNJ, CAM-EH, CAM-VS y ZEH) y externos (JM, MUSJ y PdC) están cocidas a mayor

temperatura, a excepción de la obra MUC, quizás por tratarse de un boceto¹⁷⁵. Las obras realizadas en talleres barristas granadinos (BHE, BS, ISM, ZAF y ZAM) y los externos (BO y JN), están cocidas a bajas temperaturas a excepción de la pieza ZAM, que alcanza una calidad similar a las piezas de artista.

C.2.2.3. Microscopía Óptica de Polarización

METODOLOGÍA

El estudio de la textura de las muestras de terracota de obra real se llevó a cabo con el mismo equipo descrito en el apartado C.1.5.3. para el de las probetas.

¹⁷⁵BERMÚDEZ et alii (2014)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

C.2.2.3.1. Artistas granadinos

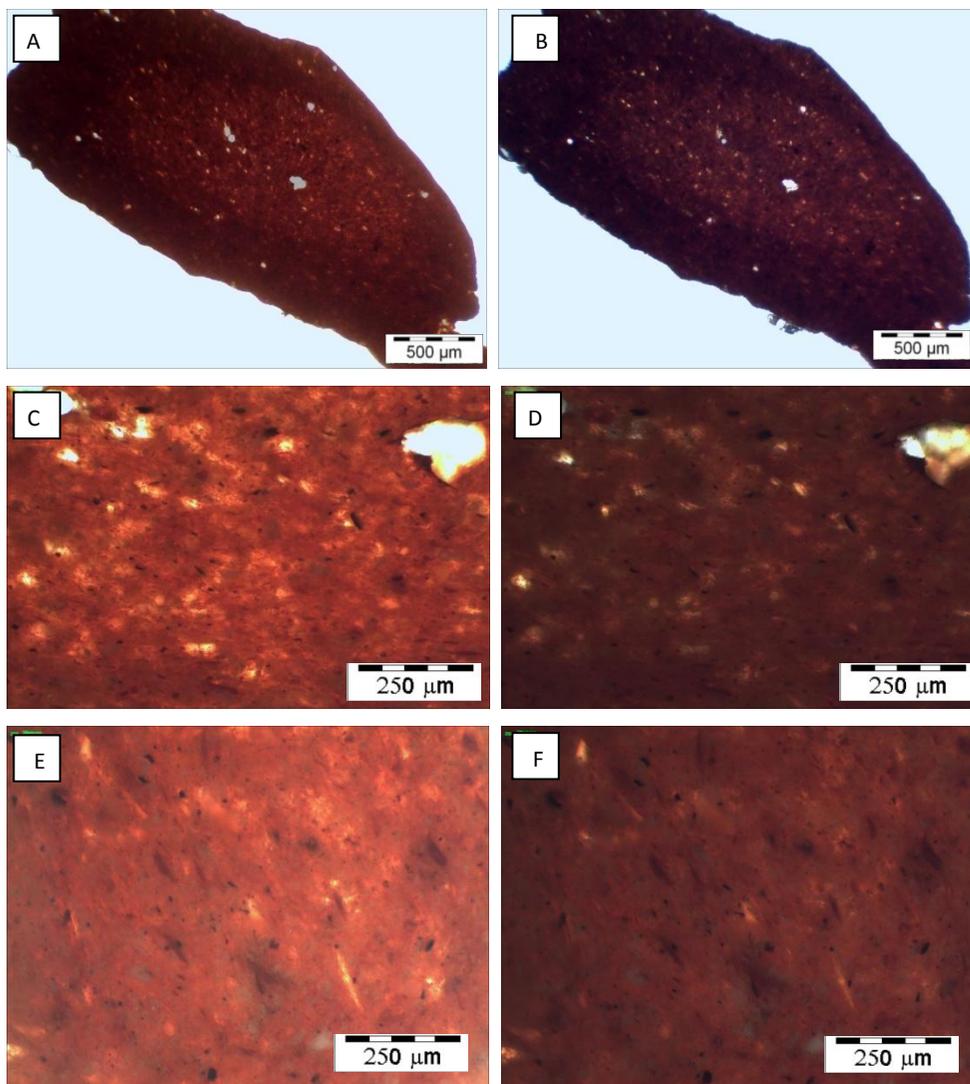


Figura 136. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra BN. **A** –BN un polarizador, vista general, se observa la textura, la escasez de granos de gran tamaño y la aureola más oscura que bordea toda la muestra. **B** –BN en nícoles cruzados. **C** –BN un polarizador, detalle del aspecto del desgreasante, los oxidróxidos de hierro y la matriz. **D** –BN en nícoles cruzados, color de interferencia del desgreasante y la matriz. **E** –BN un polarizador, presencia de algunos filossilicatos ligeramente orientados. **F** –BN en nícoles cruzados, color de interferencia de los filossilicatos, con escasa birrefringencia

Nacimiento (BN)

Esta terracota tiene una matriz rojiza muy oscura, muy vitrificada, y cuesta más que en el resto de las muestras distinguir claramente los granos de desgrasante de la matriz (fig. 136.E), debido a su escasez. La mayoría de granos son de un tamaño inferior a 25 μm (fig. 136.C), se encuentran algunos granos de 50 μm (fig. 136.A), y muy pocos de 200 μm (fig. 136.C).

El desgrasante está principalmente conformado por cuarzo de origen metamórfico de forma subredondeada (figs. 136.C y 136.D) y de tamaño principalmente muy pequeño. Mientras que por XRD se detecta entre un 30-40% de cuarzo, mediante observación directa es menos perceptible, seguramente porque en la matriz existen granos aún más pequeños, entre los 5-10 μm , difícilmente reconocibles.

Respecto a los filosilicatos, su tamaño varía entre 10 y 50 μm (fig. 136.E), y presentan colores de interferencia de primer orden (fig. 136.F), prácticamente amarillo blanquecino, lo que sugiere un elevado grado de transformación por efecto de la temperatura de cocción. Existe una evidente orientación de los granos debido al modelado de la pieza (figs. 136.E y 136.F).

Se observa una gran cantidad de oxi-hidróxidos de hierro, y de hecho la muestra de esta escultura es de las pocas en las que se

han detectado hematites hasta en un 5% (tabla 29). Su tamaño de grano es muy pequeño, entre 10 y 30 μm , y están bien repartidos por toda la muestra (figs. 136.C, 136.D, 136.E y 136.F).

Aunque no se observan granos de carbonatos propiamente dichos, de hecho tampoco se detectan por XRD, sí se aprecian poros con un ligero borde de reacción que parecen indicar la antigua presencia de estos minerales. La proporción de fases minerales neoformadas a partir de los carbonatos es abundante; 15% de gehlenita y 10% de diópsido según XRD, lo que indica que la arcilla de origen debe de contener tanto calcita como dolomita.

La matriz es muy vítrea y la cantidad de fundido abundante, entre un 10 y un 15% según XRD (tabla 29), y se ha desarrollado un efecto de halo en toda la muestra, siendo su interior más claro y el exterior, hasta una profundidad entre 50 y 300 μm (figs. 136.A y 136.B), más oscuro y vitrificado.

La porosidad es muy escasa, redondeada y gran parte de ella se ha formado por la descomposición de los carbonatos antes mencionados (figs. 136.C y 136.D).

Vistas estas características, se intuye que esta obra tiene una textura y composición muy similar a la de los yacimientos Diezma roja 1 y 2, tanto en XRD (tablas 14 y 29) como en imágenes de POM (figs. 84.C a 84.F y 85.B a 85.F), aunque no ha sufrido los problemas de formación de fisuras por secado y cocción, ni el desarrollo de un corazón negro. Atendiendo a estas similitudes, y principalmente visto el grado de vitrificación, transformación de carbonatos y aspecto

de los filosilicatos, se puede indicar que la temperatura de cocción de esta pieza se encuentra en torno o por encima de 900 °C y que la composición inicial de la arcilla es muy similar a la de Diezma roja 1 y 2 (tablas 8 y 14).

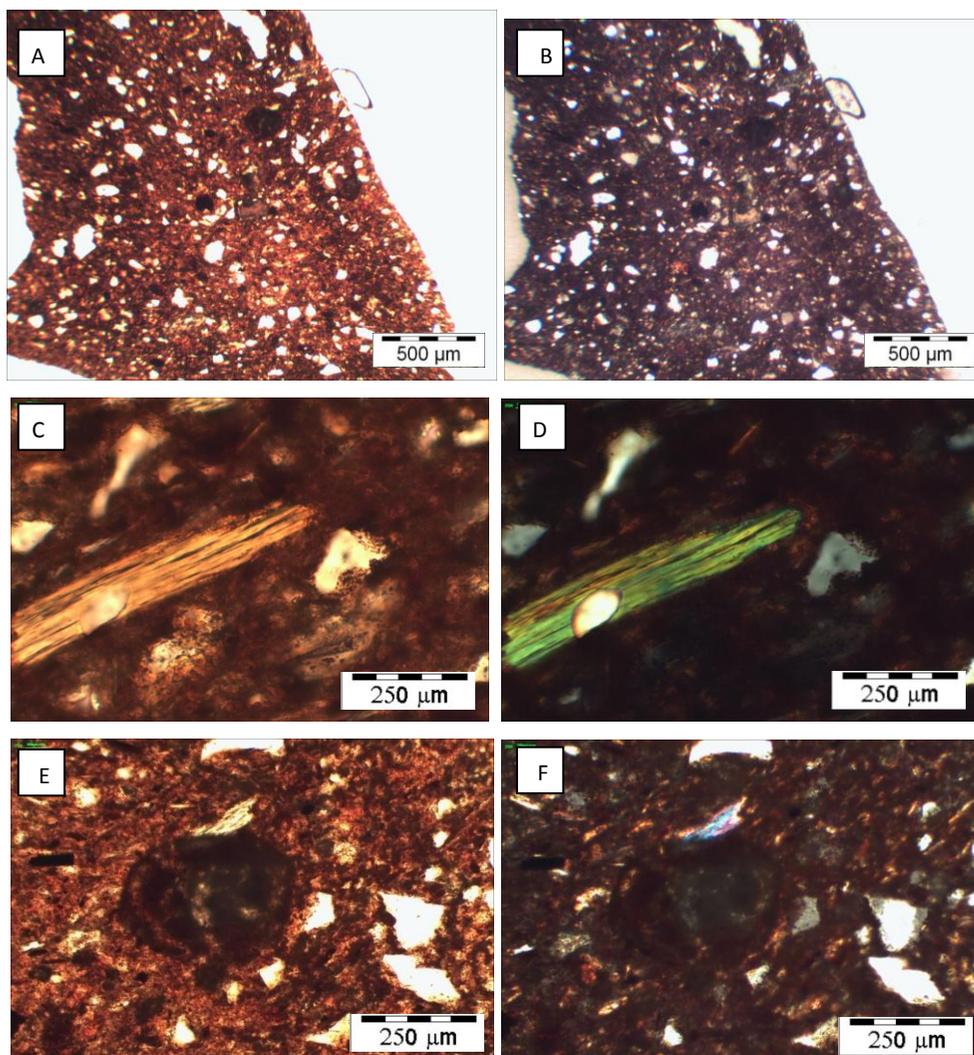


Figura 137. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la muestra BNJ. **A** – BNJ un polarizador, vista general, se observa la textura. **B** –BNJ en nícoles cruzados. **C** –BNJ un polarizador, detalle del aspecto de los filosilicatos. **D** –BNJ en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos. **E** – BNJ un polarizador, antiguo grano carbonato que ha sufrido la descomposición. **F** –BNJ en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado

Niño Jesús (BNJ)

En esta muestra, la diferencia entre la matriz y el desgrasante es mucho más marcada que en el caso anterior (BN). Los desgrasantes son de forma angular, con un tamaño que oscila entre los 25 y 400 μm , con todo un rango de tamaños intermedio (figs. 137.A y 137.B).

El desgrasante está compuesto principalmente por granos de cuarzo metamórfico, con textura en mosaico y extinción ondulante y un color de interferencia que llega hasta el blanco de primer orden (figs. 137.E y 137.F). La presencia de micaesquistos y gneis es escasa, y se encuentran bien repartidos por la masa. No se ha percibido orientación de los granos por el modelado (caso que sí veremos en la mayoría de las terracotas estudiadas).

Los filosilicatos presentan colores de interferencia de primer y segundo orden (fig. 137.D y 137.F), lo cual sugiere una escasa transformación de los mismos. Son muy abundantes, dato que nos confirma los resultados de XRD (tabla 29), donde los filosilicatos aparecen en una cantidad del 10%. No obstante, en aquellos filosilicatos de tamaño más pequeño sí se perciben colores de interferencia de tonalidades grises-amarillentas, lo que indica cierto grado de transformación debido a la temperatura.

Se reconocen abundantes granos de carbonato de gran tamaño (200 μm), aunque sin su color de interferencia típico, principalmente

en forma de cristales de tono pardo-amarillento, con una corona externa más oscura de borde de reacción (figs. 137.E y 137.F). Esta elevada alteración de los granos confirma los datos obtenidos por XRD, que no identificaba la presencia de calcita o dolomita, y sin embargo cuantifica cantidades de gehlenita y dióxido de silicio en un 10% (tabla 29).

La presencia de hematites es escasa, identificada, de hecho, en un 5% por XRD.

Respecto a la matriz, tiene un color amarillento, con una vitrificación que procura la correcta trabazón de los granos minerales (un 10% según XRD). La porosidad tiene una morfología irregular, sin gran transformación aparente por efecto de la temperatura.

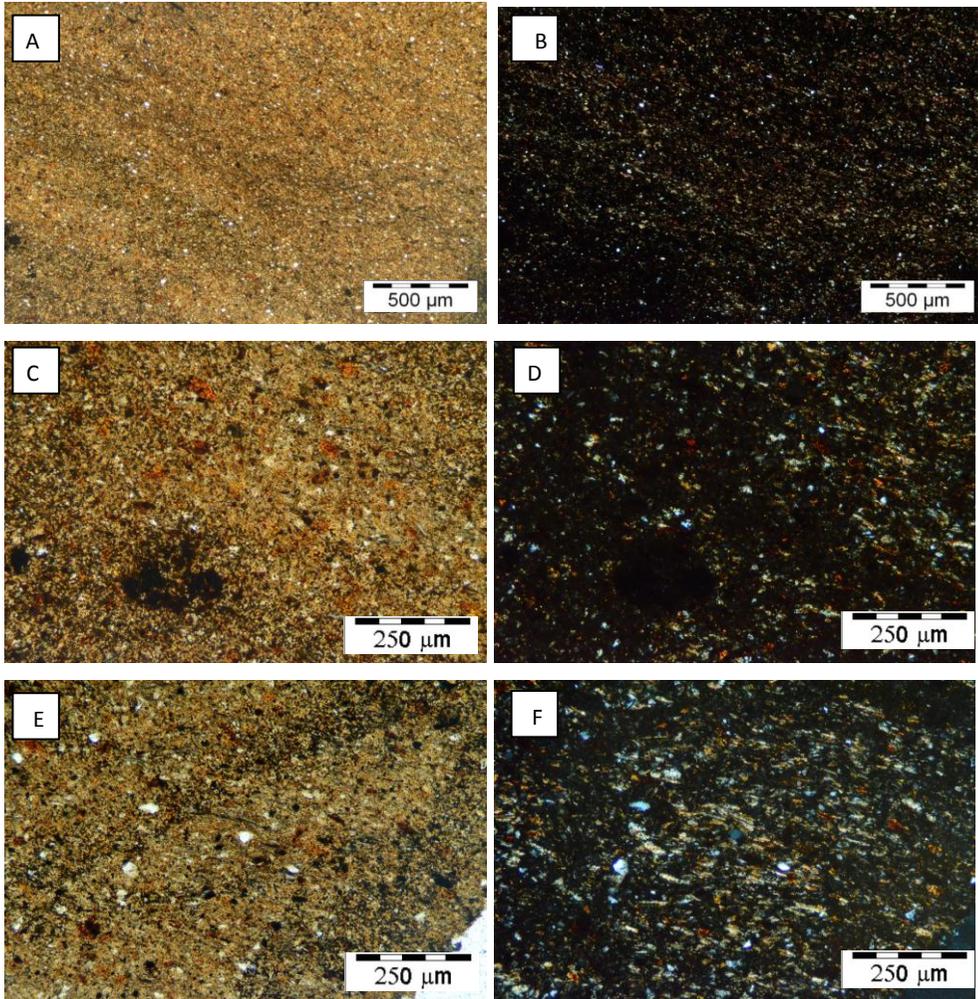


Figura 138. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra CAM-EH. **A** –CAM-EH un polarizador, vista general, se observa la textura, de granulometría muy pequeña y homogénea, se aprecia claramente la agrupación de filosilicatos formando pliegues. **B** –CAM-EH en nícoles cruzados. **C** –CAM-EH un polarizador, detalle del aspecto de los filosilicatos y presencia de un grumo de arcilla. **D** –CAM-EH en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos. **E** –CAM-EH un polarizador, pequeños granos de antiguos carbonatos alterados, hematites en la zona inferior izquierda y formación de una masa más oscura en el borde externo. **F** –CAM-EH en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado; también se observa la orientación de los filosilicatos y la relación entre el borde más oscuro y la escasez de filosilicatos en esa zona

Ecce-Homo de Hermanos García (CAM-EH)

Presenta unas diferencias muy marcadas con las anteriores. Su matriz es de un color ocre bastante claro y el desgrasante es de un tamaño de grano más pequeño, aproximadamente de 2-4 μm , (figs. 138.A y 138.C), al igual que el de los filosilicatos, aunque se aprecia en menor cantidad con un tamaño intermedio cercano a los 50 μm . Encontramos algunos granos aislados de carbonatos alterados (figs. 138.E y 138.F) y grumos de arcilla (138.C y 138.D) que superan la media de tamaño, llegando a las 150-200 μm .

El desgrasante, según permite observar el tamaño de grano intermedio (50 μm), está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma angular a subredondeada (fig. 138.E y 138.F). Los filosilicatos se encuentran orientados por el modelado de la pieza (figs. 138.E y 138.F), y en los bordes de la muestra se percibe una ligera acumulación de granos con tamaños también pequeños (4 μm), y la agrupación de mayores cantidades de cuarzo y filosilicatos casi formando pliegues (figs. 138.A, 138.B, 138.E y 138.F).

Los carbonatos son escasos y también de pequeño tamaño, con una degradación tan avanzada que en la mayoría de los casos sólo se aprecian poros con un borde de reacción (fig. 138.C). La menor percepción de los carbonatos coincide con los datos de XRD (tabla

29), que nos informan de una proporción de apenas un 5% de carbonatos y el mismo porcentaje de gehlenita.

Los filosilicatos presentan habitualmente un color de interferencia amarillo blanquecino de primer orden (fig. 138.D), lo que sugiere su transformación. Aquellos de un tamaño algo mayor (4-10 μm) presentan un color de interferencia hasta de segundo orden (fig. 138.F). Esto explica que visualmente identifiquemos una gran cantidad de filosilicatos, pero que sólo un 10% se perciba por XRD.

Se identifican óxidos de hierro, probablemente hematites (un 5% según XRD) (figs. 138.A, 138.C y 138.E) de tamaño muy reducido y homogéneo (aproximadamente 2 μm), repartidos por toda la muestra. Igualmente hay también una baja presencia de fragmentos de gneis en tamaño intermedio (50 μm) (fig. 138.C y 138.D).

La matriz es de color ocre-beige poco vítrea, y la porosidad es escasa, repartida de forma homogénea, redondeada y regular.

Esta terracota tiene muchas similitudes con el yacimiento Diezma 3 (figs. 83.A a 83.F), si bien su tamaño es algo más heterogéneo, lo cual también está próxima a Víznar por su temperatura de cocción a 950 °C, lo cual explicaría cómo ha evitado la excesiva compactación de la masa que provocaba fisuras por dilatación-contracción de los granos en la probeta Diezma 3.

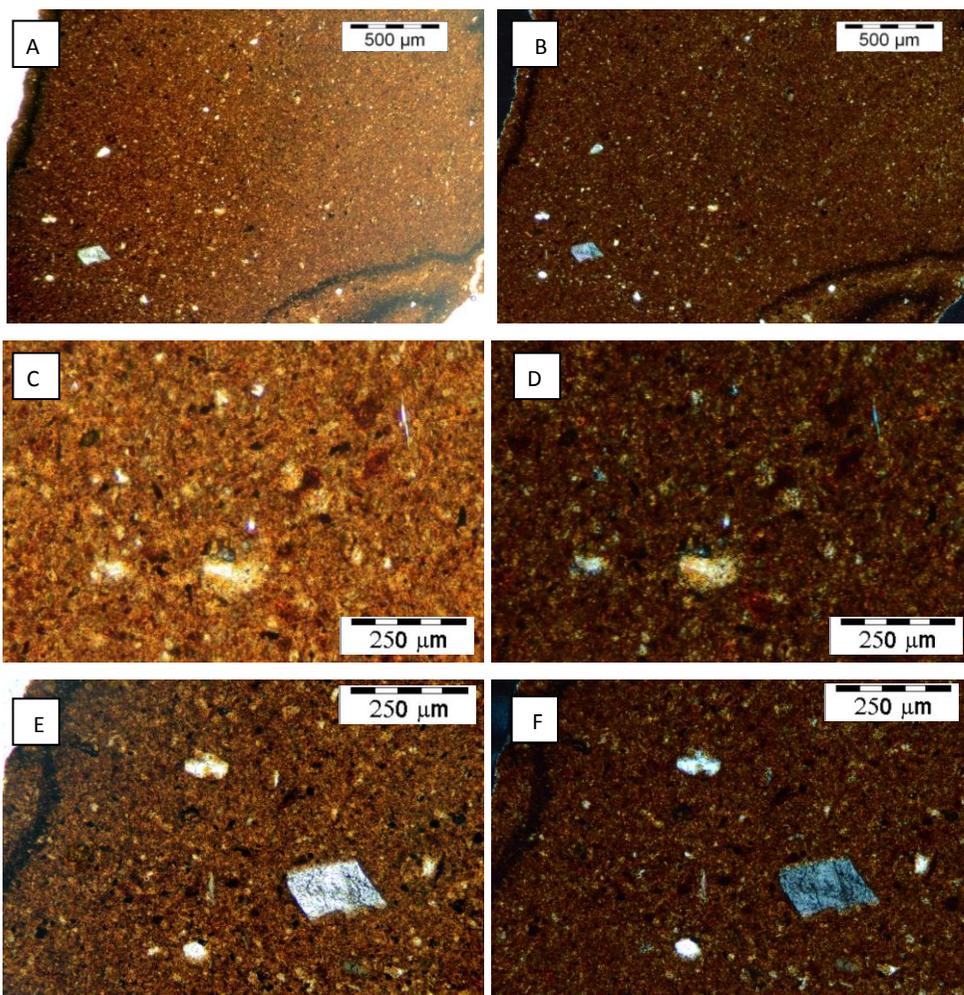


Figura 139. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra CAM-VS. **A** –CAM-VS un polarizador, vista general, se observa la textura. **B** –CAM-VS en nícoles cruzados. **C** –CAM-VS un polarizador, detalle del aspecto de los filosilicatos. **D** –CAM-VS en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos. **E** –CAM-VS un polarizador, grano de antiguo carbonato alterado (zona inferior derecha). **F** –CAM-VS en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado

Virgen del Carmen con San Simón Stock de Diego de Mora (CAM-VS)

Esta terracota es muy similar a la anterior (CAM-EH) tanto en el color orce-beige de la matriz como en la abundancia de desgrasante y filosilicatos, estos últimos de un tamaño muy pequeño (2-4 μm). Igual que la anterior, esta muestra contiene un tamaño intermedio de grano muy escaso (figs. 139.A y 139.B) de alrededor de 50 μm , y algunos granos aislados de hasta 200 μm .

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma angular en los tres tamaños descritos, sin aparente orientación respecto a la presión para el modelado de la pieza.

Viendo las figuras 139.C y 139.D, la presencia de cuarzo es más bien reducida respecto al resto de muestras (25% según XRD, tabla 29). Si atendemos a los datos de XRF, la cantidad de sílice es de un 43% (tabla 27), y teniendo en cuenta que los datos de LOI, de apenas un 2,78%, indican que la cantidad de filosilicatos no era muy elevada, confirmando que tampoco las plagioclasas son muy abundantes (5% según XRD); la sílice ha de encontrarse principalmente en la cantidad de amorfo y formando parte del 15% de dióxido cuantificado por XRD (tabla 29). Esto puede indicar que la arcilla de origen es mucho más rica en cuarzo y filosilicatos, si bien su pequeño tamaño y la elevada cantidad en carbonatos (un 30% según XRD,

incluso tras la cocción) han favorecido su mayor transformación a temperaturas bajas. Suponemos que estamos ante una temperatura de cocción relativamente baja, precisamente debido a la elevada cantidad de carbonatos que han sido identificados por XRD. Este mismo efecto se observaba en las probetas elaboradas con arcilla de Diezma gris 3 (apartado C.1.5.3, figs. 83.A a 83.F), en las que el cuarzo de tamaño aproximado a 2 μm reducía drásticamente su cantidad de un 50% en crudo a un 35% a 900 °C, temperatura a la que se cuantificaba un 10% de dióxido (tabla 14), si bien a esta temperatura no se hallaban ya carbonatos (cuyo porcentaje era de un 30% en crudo).

Los carbonatos son de tamaño muy pequeño, encontrando en la mayoría de los casos poros con bordes de reacción. Los granos que resultan visibles (figs. 139.E y 139.F) presentan la degradación también observada en la obra anterior; dato que no coincide con el 30% de carbonatos identificados por XRD en esta muestra (tabla 29), y que deberá ser corroborado por HRSEM.

Los filosilicatos, observables solamente en un tamaño de 50 μm son escasos y presentan un color de interferencia de segundo orden (figs. 139.D y 139.F), su proporción es relativamente elevada según XRD, llegando al 10% (tabla 29). Si atendemos a la similitud entre esta muestra con el del yacimiento D3, podríamos deducir que el pequeño tamaño de algunos filosilicatos podría favorecer su rápida transformación durante la cocción. No obstante, no se ha identificado gehlenita por XRD, lo cual sugiere una escasa reacción entre los filosilicatos y los abundantes carbonatos presentes.

La matriz, poco vítrea, es de color claro y la porosidad es escasa, de forma irregular y repartida homogéneamente por la muestra. Se ha formado una aureola de material más vítreo en el borde externo de la muestra (fig. 139.A y 139.B), posiblemente por una acumulación de material arcilloso cerca de la superficie, debido al modelado de la obra.

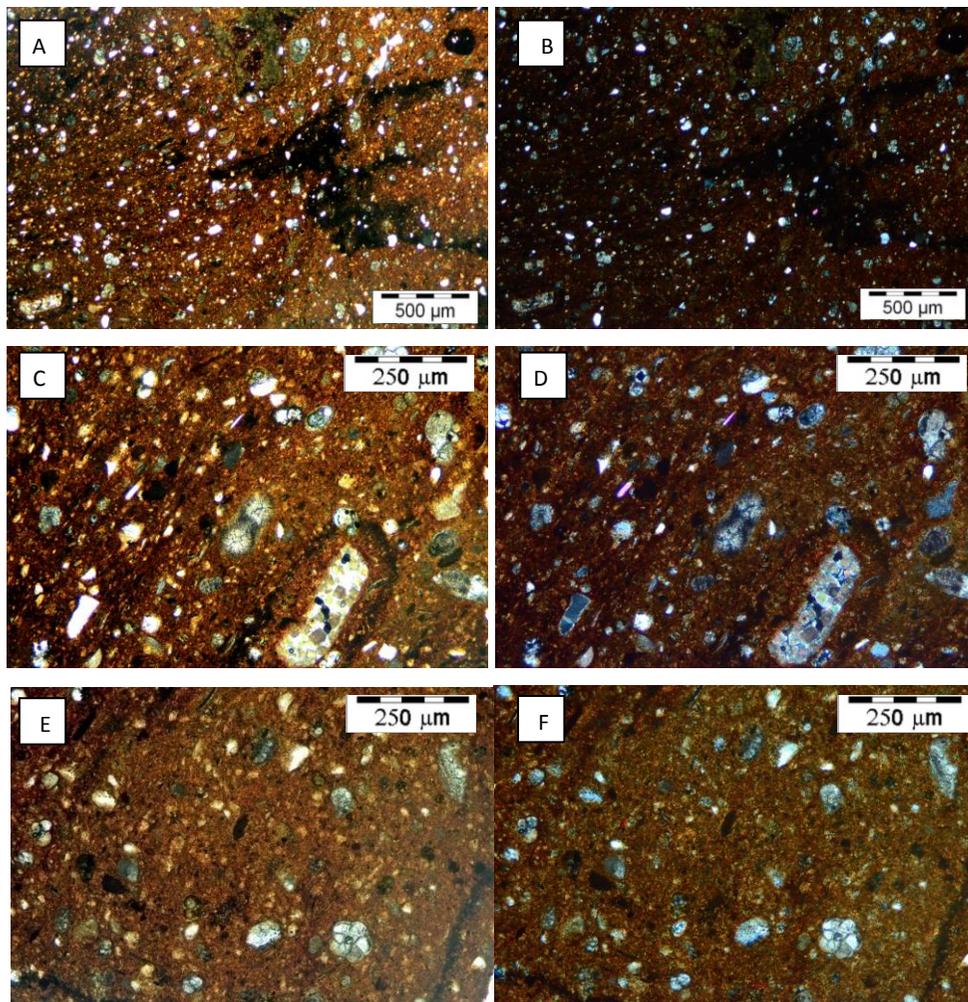


Figura 140. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra MUC. **A** – MUC un polarizador, vista general, se observa la textura, el tamaño de grano medio y las acumulaciones de material arcilloso formando pliegues. **B** –MUC en nícoles cruzados. **C** –MUC un polarizador, detalle del aspecto de los filosilicatos y microfósiles, presencia de un antiguo grano de carbonato. **D** –MUC en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos, microfósiles y carbonatos. **E** –MUC un polarizador, abundante presencia de microfósiles y formación de halo de acumulación de arcillas en el borde. **F** –MUC en nícoles cruzados,

Caído de José de José de Mora (MUC)

Esta terracota presenta una diferenciación muy clara entre los granos y la matriz, destacando claramente los granos sobre la matriz debido a la escasa vitrificación de ésta. Los granos de desgrasantes tienen principalmente forma subredondeada, con un tamaño principal de 25, 50 y 300 μm , llegando sólo en algunos casos a 400-500 μm (fig. 140.A). La matriz, como sucedía en las muestras anteriores, presenta algunas acumulaciones de arcillas en forma de pliegues que le aportan un color más oscuro (fig. 140.A) y un halo cerca del borde (fig. 140.E) y rodeando algunos fantasmas de microfósiles (fig. 140.C).

Presenta principalmente como desgrasante granos de cuarzo metamórfico de forma angular a subredondeada. Se observan abundantes fantasmas de microfósiles, principalmente bivalvos y globigerinas (figs. 140.A, 140.C y 140.E). También se encuentran abundantes fragmentos de gneis y micaesquistos (fig. 140.A), bien distribuidos por la matriz, que constituyen el esqueleto de la muestra.

Los filosilicatos tienen colores de interferencia de segundo orden (fig. 140.C), y un tamaño de grano de 50 μm , si bien su presencia no es muy elevada, como nos indican también los resultados de XRD (tabla 29), donde estos minerales están entre un 10-15%.

La proporción de carbonatos es abundante (un 20-25% según XRD), en parte por la elevada cantidad de microfósiles de diferentes tamaños repartidos por toda la muestra y en parte por granos de carbonatos (figs. 140.C y 140.D) de tamaño comprendido entre 50 y 250 μm normalmente, llegando hasta las 500 μm en algunos casos (fig. 140.A). Presentan una elevada transformación en la corona externa y alteraciones en el interior del grano.

La matriz de esta terracota tiene, en general, un color rojizo-amarillento con pliegues o acumulaciones de materia más vítrea, de color oscuro (fig. 140.A), lo que puede explicar los valores de material fundido obtenidos por XRD (15%, según la tabla 29). Una fina capa más vítrea rodea algunos microfósiles (fig. 140.C) y forma un halo en todo el borde externo de la muestra (figs. 140.E).

La porosidad es abundante, de forma irregular y angular, principalmente debida a los huecos presentes en los microfósiles por la pérdida de material carbonatado, aunque también se encuentra porosidad repartida en la matriz y se han generado algunas fisuras intergranulares.

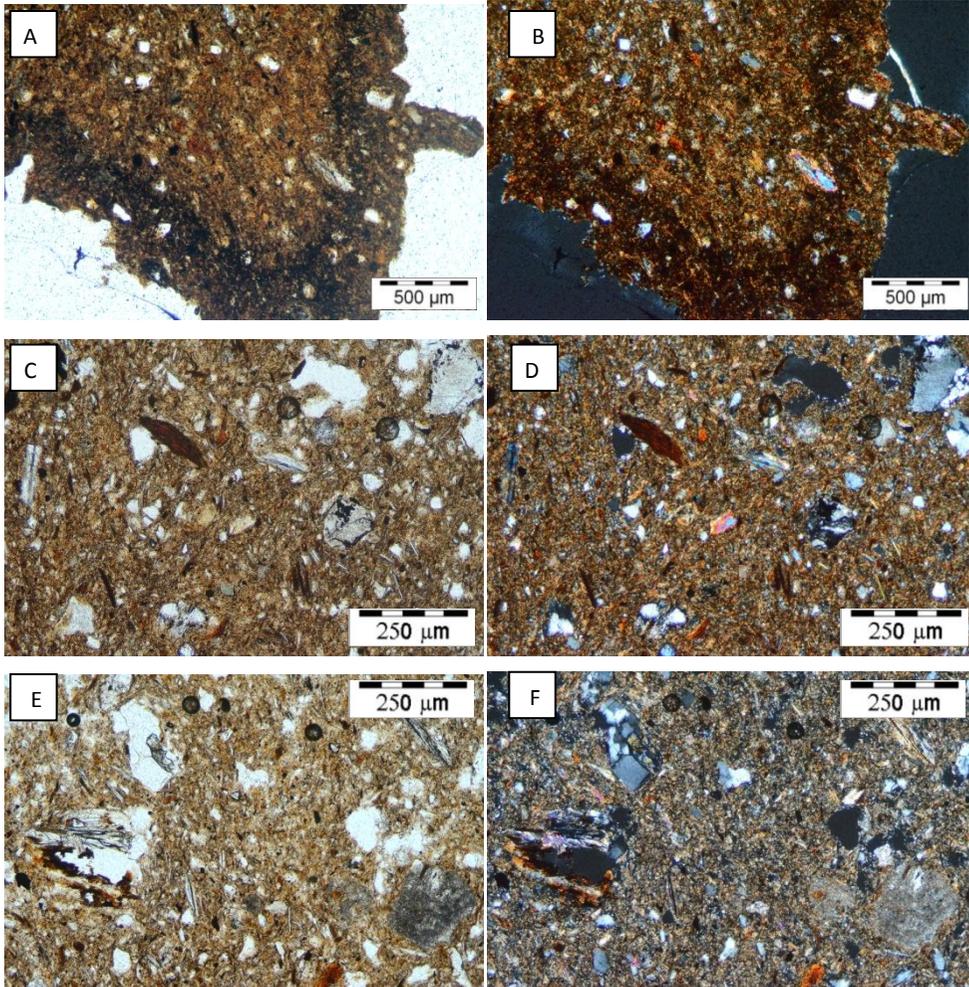


Figura 141. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra ZEH. **A** –ZEH un polarizador, vista general, se observa la textura y la formación de un borde más oscuro de aproximadamente 300 µm de profundidad en todo el borde. **B** –ZEH en nícoles cruzados. **C** –ZEH un polarizador, detalle del aspecto de los filosilicatos y cuarzos, evidenciando la heterogeneidad en el tamaño de grano, la porosidad irregular y abundante. **D** –ZEH en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos y cuarzos, y presencia de bordes de reacción de carbonatos en la porosidad. **E** –ZEH un polarizador, grano de micaesquisto y antiguo carbonato alterado, de gran tamaño. **F** –ZEH en nícoles cruzados, color de interferencia de los granos de filosilicato, cuarzo, micaesquisto y carbonato degradado

Ecce-Homo de La Zubia (ZEH)

Se desmarca bastante de las demás esculturas por su aspecto: la matriz, aparentemente escasa, es de color pardo-amarillento y el desgrasante presenta un tamaño muy heterogéneo, cubriendo un rango desde los 5 a los 500 μm (figs. 141.A y 141.B). Está compuesto por cuarzo metamórfico de forma angular (figs. 141.C y 141.D). También se reconocen abundantes fragmentos de micaesquistos y gneis, mucho más abundantes que en el resto de muestras, y constituyen, junto a los carbonatos y algunos filosilicatos, los granos de mayor tamaño (figs. 141.C y 141.E).

Los filosilicatos no son muy abundantes, aproximadamente un 10% según XRD (tabla 29), son de tamaño muy variado, y presentan colores de interferencia de primer y segundo orden, lo que indica una transformación escasa en general. Esto corrobora los datos obtenidos con XRD, que indican una escasa formación de minerales de neoformación.

La presencia de carbonatos es muy acusada, un 30% según XRD, de un tamaño comprendido entre 100-250 μm , y no presentan aquí su típico color de interferencia (figs. 141.E y 141.F), tendiendo a tonalidades amarillentas. En general, toda la superficie del carbonato presenta reacción, siendo más acusada en los bordes de

grano. Esta diferencia entre el exterior y el interior del grano es mucho más perceptible en los carbonatos más pequeños.

También destaca la cantidad de óxidos-hidróxidos de hierro (figs. 141.C y 141.E), más abundantes que en el resto de muestras, donde la formación de hematites propiamente dicha se encuentra en cantidad de traza, según XRD. No obstante, los datos de XRF (tabla 29) indican un contenido en hierro de un 6,7%, cantidad similar, por ejemplo, a la que contiene el yacimiento de Diezma roja 1, situado en el grupo de yacimientos con mayor contenido en hierro de los estudiados en la provincia.

Se han localizado algunos cristales de zircón aislados.

La matriz, de color pardo-amarillento, presenta una vitrificación de un 10% según XRD, y por el aspecto de la superficie parece aportar una trabazón adecuada de los granos. En el borde de la muestra se ha producido una aureola de tono más oscuro (figs. 141.A y 141.B), de unos 300 μm de espesor; vista en detalle sugiere una mayor acumulación de materia fundida y menor presencia de granos cristalinos. Si observamos la figura 141.B se puede percibir con más claridad la materia fundida que parece concentrarse en una línea más definida a una profundidad de 300 μm , quedando la matriz de nuevo algo más clara hacia el exterior, como ocurría en los casos de CAM-EH y CAM-VS (figs. 138.A y 139.E).

La porosidad es de grandes dimensiones, tiene en general una morfología irregular, angulosa y está en muchos casos asociada a la descomposición de carbonatos (figs.141.C y 141.E).

C.2.2.3.2. Talleres barristas granadinos

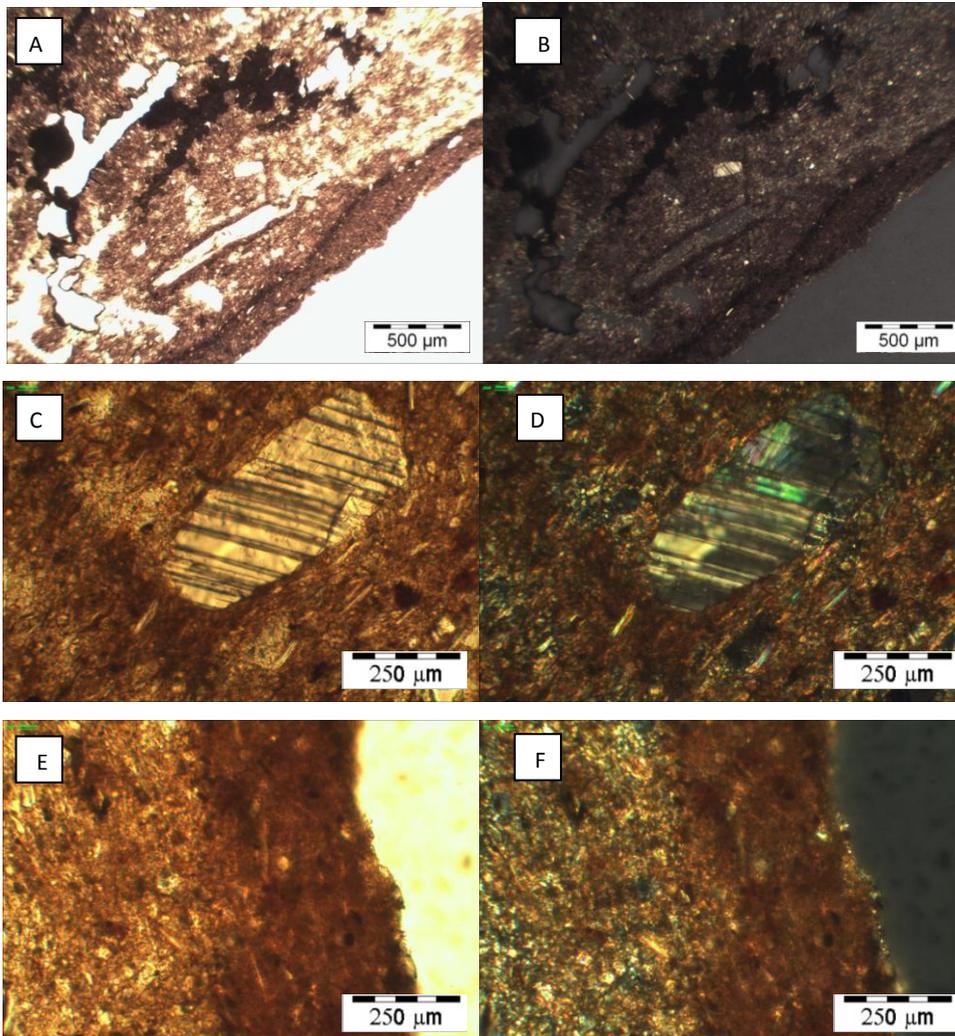


Figura 142. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra BHE. **A** –BHE un polarizador, vista general, se observa la textura, con una disgregación evidente de la terracota, y diferencias muy acusadas de vitrificación. **B** –BHE en nícoles cruzados. **C** –BHE un polarizador, detalle de la presencia de una plagioclasa de gran tamaño, aspecto de los filosilicatos y orientación de los mismos. **D** –BHE en nícoles cruzados, color de interferencia de la plagioclasa y los filosilicatos. **E** –BHE un polarizador, grano de antiguo carbonato alterado y borde externo más compacto. **F** –BHE en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado y diferencia en la composición del borde externo

Huída a Egipto (BHE)

La muestra de esta escultura tenía un estado de falta de cohesión muy acusado, lo que no permitió obtener una lámina delgada lo suficientemente compacta para soportar el proceso de pulido. El estado de unión de granos excesivamente débil se reflejaba igualmente, como veíamos en la Ficha de conservación BHE1/2 (apartado C.2.1.3.2.), en su estado de conservación.

La matriz, de un color pardo-amarillento, no presenta una clara diferenciación con el desgrasante, encontrando granos bien definidos solamente en tamaños entre 60 y 600 μm (figs. 142.E y 142.F), y presentándose los granos de tamaño inferior a 50 μm (figs. 142.C y 142.D) menos diferenciados de la matriz. Se observan acumulaciones de filosilicatos y cuarzos en forma de pliegues, y una aureola más oscura bordeando toda la muestra.

El desgrasante está formado principalmente por cuarzo metamórfico (figs. 142.C y 142.D), tiene forma subredondeada y un tamaño general alrededor de los 10 μm , aunque se observan granos aislados entre 50 y 100 μm (figs. 142.A y 142.B) y escasas plagioclasa y óxi-hidróxidos de hierro de tamaño superior a los 300 μm .

Los filosilicatos son muy abundantes, encontrándose en estado cristalino hasta en un 20% según XRD (tabla 29). Su tamaño ronda los 50-100 μm y su color de interferencia suele ser de segundo orden,

aunque los de menor tamaño tienden al primer orden (figs. 142.C, 142.D, 142.E y 142.F).

La presencia de carbonatos es muy abundante (entre un 10% y un 20% según XRD) y se encuentran repartidos por toda la muestra como acumulaciones de forma irregular y normalmente de tamaños bastante grandes, comprendidos entre los 200 y 300 μm (figs. 142.C y 142.D). Presenta su color de interferencia habitual en la mayoría de los casos, lo cual indica, también, que su transformación ha sido escasa.

Aunque por XRD no se hayan cuantificado cantidades demasiado elevadas de hematites, se pueden observar por POM abundantes oxi-hidróxidos de hierro en tamaños cercanos a los 100 μm (fig. 142.C).

En las figuras 142. C y 142.D se observa una plagioclasa de forma alargada, con la típica macla polisintética de la albita (figs. 142. C y 142.D).

La matriz es de color pardo-amarillento, con acumulaciones de arcillas más oscuras en contraste con otras zonas de acumulación de filosilicatos y desgrasantes, formando pliegues. Esta concentración de material arcilloso se hace especialmente intensa en algunas zonas que llegan a 1 mm de largo y 500 μm de espesor y que adquieren al microscopio una tonalidad marrón oscura (figs. 142.A y 142.B) de unas dimensiones considerables. La misma intensidad y densidad de material se encuentra formando un halo continuo en todo el borde de la muestra, aproximadamente hasta

100 μm de profundidad desde la superficie (figs. 142.A y 142.B), separando una zona externa más compacta y densa de la zona interna, disgregada y poco cohesionada. Estos fuertes contrastes en la compacidad de la muestra y las acumulaciones de material arcilloso en zonas tan diferenciadas, dificultan la medición de material fundido, que por medio de XRD era del 10 al 15% (tabla 29).

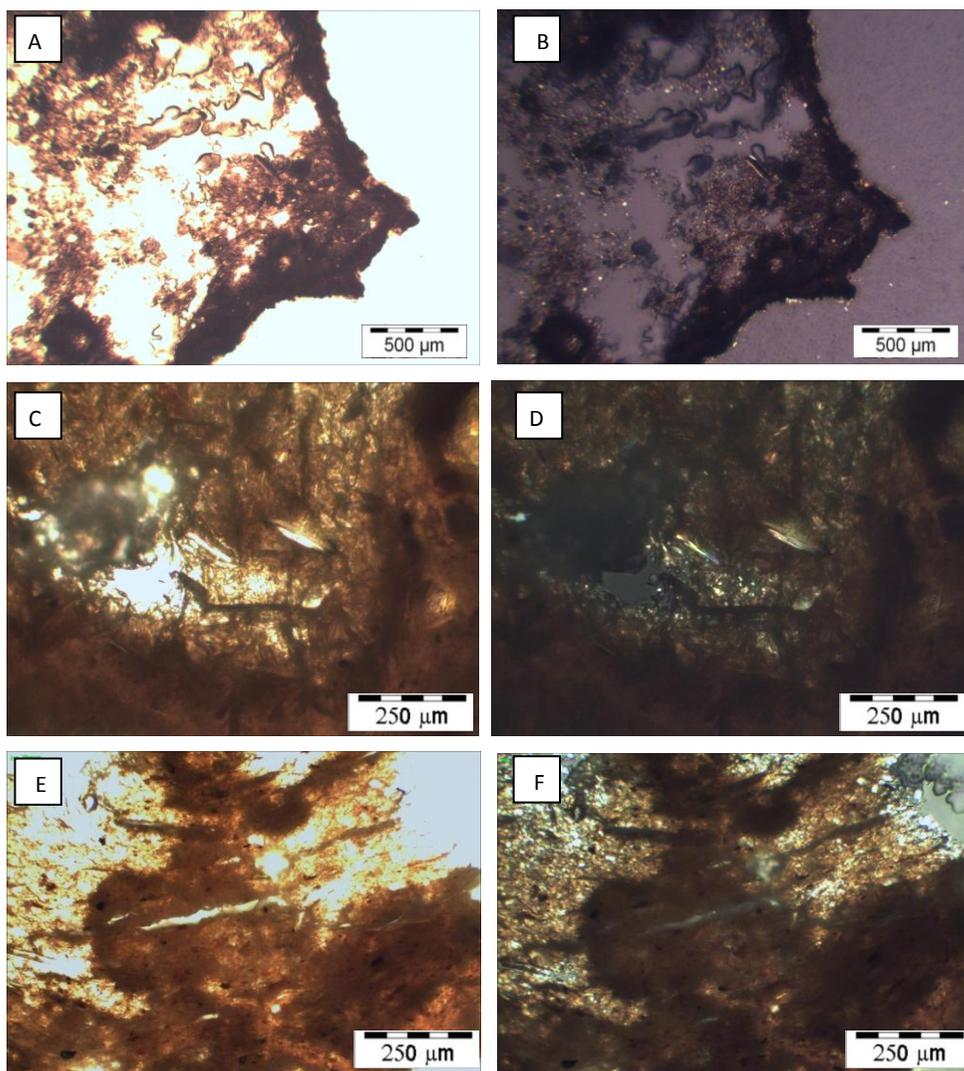


Figura 143. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra BS. **A** –BS un polarizador, vista general, se observa la textura con una gran falta de compactación, abundante pérdida de material y la formación de un borde más denso en todo el perímetro. **B** –BS en nícoles cruzados, se observan granos de desgrasante de 10-20 μm. **C** –BS un polarizador, aspecto de los filosilicatos y un grano de carbonato yuxtapuesto. **D** –BS en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos y del grano de carbonato. **E** –BS un polarizador, detalle de zona más densa, causada por la acumulación de material arcilloso, que por la diferencia de densidad ha desarrollado una fisura por contracción. **F** –BS en nícoles cruzados, color de interferencia del desgrasante que conforma la zona menos densa de la muestra

Sacramentos (BS)

Como ocurrió con la muestra de la obra anterior, esta terracota se encontraba igualmente en un estado de falta de cohesión muy acusado, lo que no permitió obtener una lámina delgada lo suficientemente compacta.

La matriz es de un color pardo-rojizo, pero los granos, incluso de 5-10 μm , destacan con la matriz al estar ésta poco vitrificada (figs. 143.B y 143.D), aunque se aprecia una matriz más oscura que sugiere una incipiente fusión en algunas zonas localizadas (figs. 143.E y 143.F) y formando una aureola más oscura que bordea toda la muestra.

El desgrasante, constituido principalmente por cuarzo metamórfico, tiene forma subangular y un tamaño general de 10-30 μm , aunque debido a la escasa cohesión de la muestra no se puede aportar información más específica. De hecho, se observan escasos granos de cuarzo, cuando los datos arrojados por XRD informan de una proporción del 35%.

Los filosilicatos son abundantes, en un 15% según XRD (tabla 29). Su tamaño ronda los 50 μm , aunque hay algunos de 10 μm . Su color de interferencia es de segundo orden principalmente, lo que indica una baja temperatura de cocción (figs. 143.C y 143.D). No obstante, en los filosilicatos de menor tamaño (10 μm), mucho más escasos en

proporción, sí se han observado colores de interferencia de primer orden.

Respecto a los carbonatos, se observan igualmente algunas zonas donde los granos de antiguos carbonatos se han degradado dejando poros con bordes de reacción de entre 10 y 50 μm , que justificarían la baja concentración de gehlenita (5% según XRD) identificada en esta muestra. También se aprecian algunos granos en tamaños comprendidos entre los 200 y 300 μm (figs. 143.B y 143.C), con un color de interferencia grisáceo, lo cual indica que los granos mayores de carbonato han sufrido una escasa transformación por efecto del calor. Según XRD su proporción llega a ser de un 30%.(tabla 29).

La matriz es de color pardo-rojizo, con acumulaciones de material arcilloso de color más oscuro (figs. 143.C y 143.E), en contraste con otras zonas de acumulación de filosilicatos y desgrasante, formando pliegues. Esta concentración de material arcilloso se hace especialmente intensa en un halo continuo que se observa en todo el borde de la muestra, de aproximadamente 50 μm de espesor (figs. 143.A y 143.B). Si observamos, de nuevo, los datos aportados por XRD, la proporción de material fundido es de un 15%, proporción muy elevada que no se refleja en la compacidad general de la escultura, pero que se puede explicar debido a las acumulaciones de materia más vítrea en el borde externo y en los pliegues internos.

La porosidad no se puede evaluar correctamente a partir de esta muestra debido, como se ha comentado en un principio, a la escasa compacidad de la muestra. Se puede destacar la formación

*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre obra real*

de fisuras por contracción en las zonas más densas (figs. 143.E y 143.F) y la degradación interna de los granos de carbonato de tamaño inferior a 50 μm .

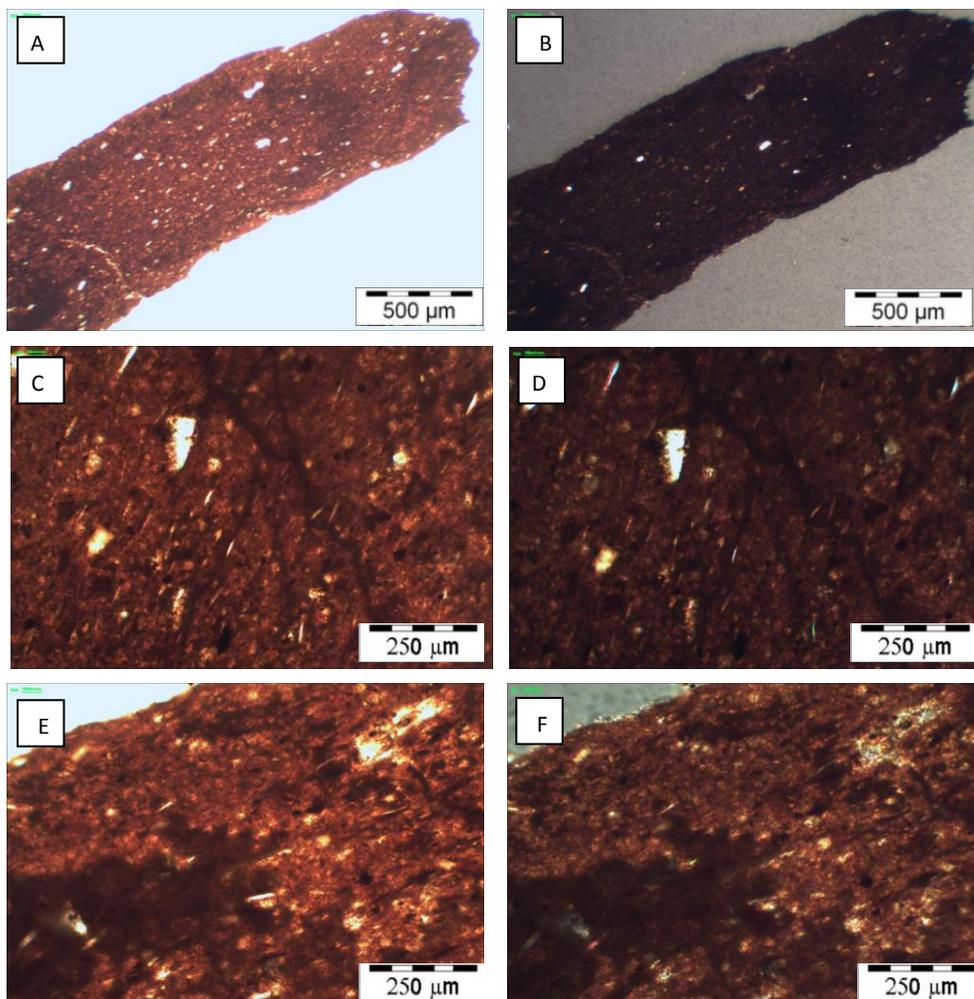


Figura 144. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra ISM. **A** –ISM un polarizador, vista general, se observa la textura, con desgrasante de grandes dimensiones y una aureola de tono algo más pardo. **B** –ISM en nícoles cruzados. **C** –ISM un polarizador, detalle del aspecto del cuarzo y filossilicatos orientados respecto a la dirección del amasado. **D** –ISM en nícoles cruzados, color de interferencia del cuarzo y filossilicatos. **E** –ISM un polarizador, zona de acumulación de arcillas y grano de antiguo carbonato alterado. **F** –ISM en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado

San Miguel del taller Sotomayor (ISM)

Tiene una matriz rojiza muy oscura y muy vitrificada, en la que cuesta distinguir claramente los granos de desgrasante (figs. 144.C y 144.E), mucho más escaso que en el resto de muestras.

El desgrasante es muy homogéneo en tamaño y bastante pequeño, de aproximadamente 10-20 μm (fig. 144.C), aunque hay algunos escasos granos de tamaño algo superior, entre 50 y 100 μm (figs. 144.A y 144.C). Está compuesto sobre todo por cuarzo metamórfico de forma angular (figs. 144.C y 144.D), de tamaño principalmente pequeño y sólo algunos granos de tamaños mayores. Mientras que por XRD se detecta entre un 30-35% de cuarzo, mediante observación directa es menos perceptible.

Respecto a los filosilicatos, su tamaño es siempre inferior a 20 μm (figs. 144. E y 144.F) y presentan un color de interferencia de primer orden (fig. 144.F), prácticamente amarillo blanquecino, lo que sugiere un elevado grado de transformación por efecto de la temperatura de cocción. Solamente algunos filosilicatos aislados y de tamaños mayores tienen colores de interferencia de segundo orden. Existe una evidente orientación de los granos debido al efecto del modelado de la pieza.

Los carbonatos identificados por POM presentan un tamaño de 50-80 μm y un color de interferencia grisáceo (fig. 144.E y 144.F), lo que

indica un escaso nivel de transformación. Estas apreciaciones corroboran los datos obtenidos por XRD, que informan de un 30-35% de carbonatos.

La matriz es vítrea, de color pardo-rojizo intenso, y la cantidad de fundido muy abundante, llegando a un 20% según XRD (tabla 29), el valor más alto de todas las muestras estudiadas, junto a PdC1. Se observa que estos datos de vitrificación tan altos no coinciden con la también elevada cantidad de carbonatos presentes en la muestra, por lo que se deberá comprobar mediante HRSEM si la cantidad de calcita se debe a recristalización secundaria de la misma en los poros.

Como en las muestras anteriores, se ha formado una corona de material arcilloso más compacto y oscuro en todo el perímetro de la muestra, en este caso con una profundidad de 50-100 μm de la superficie (figs. 144.A y 144.B), además de producirse concentraciones de material arcilloso también en forma de grumos en el interior (figs. 144.E y 144.F) de unas dimensiones aproximadas de 200 μm de largo y 60 μm de espesor. También encontramos algunos pliegues de arcilla fina repartidas por toda la muestra (fig. 144.C y 144.D)

Al igual que sucedía con la muestra BN, se intuye que la obra tiene una textura y composición semejante a los yacimientos Diezma roja 1 y 2, tanto en XRD (tablas 14 y 29) como en imágenes por POM (figs. 84.A a 84.D y 85.A a 85.D), aunque su proporción de carbonatos es mucho mayor, y no ha sufrido los problemas de formación de fisuras por secado y cocción. Atendiendo a estas similitudes, y

principalmente visto el grado de vitrificación, transformación de carbonatos y estado de los filosilicatos, se puede indicar que la temperatura de cocción de esta pieza se encuentra alrededor de los 850 °C, y que la composición inicial de la arcilla sería similar a la de estos yacimientos (tablas 8 y 14).

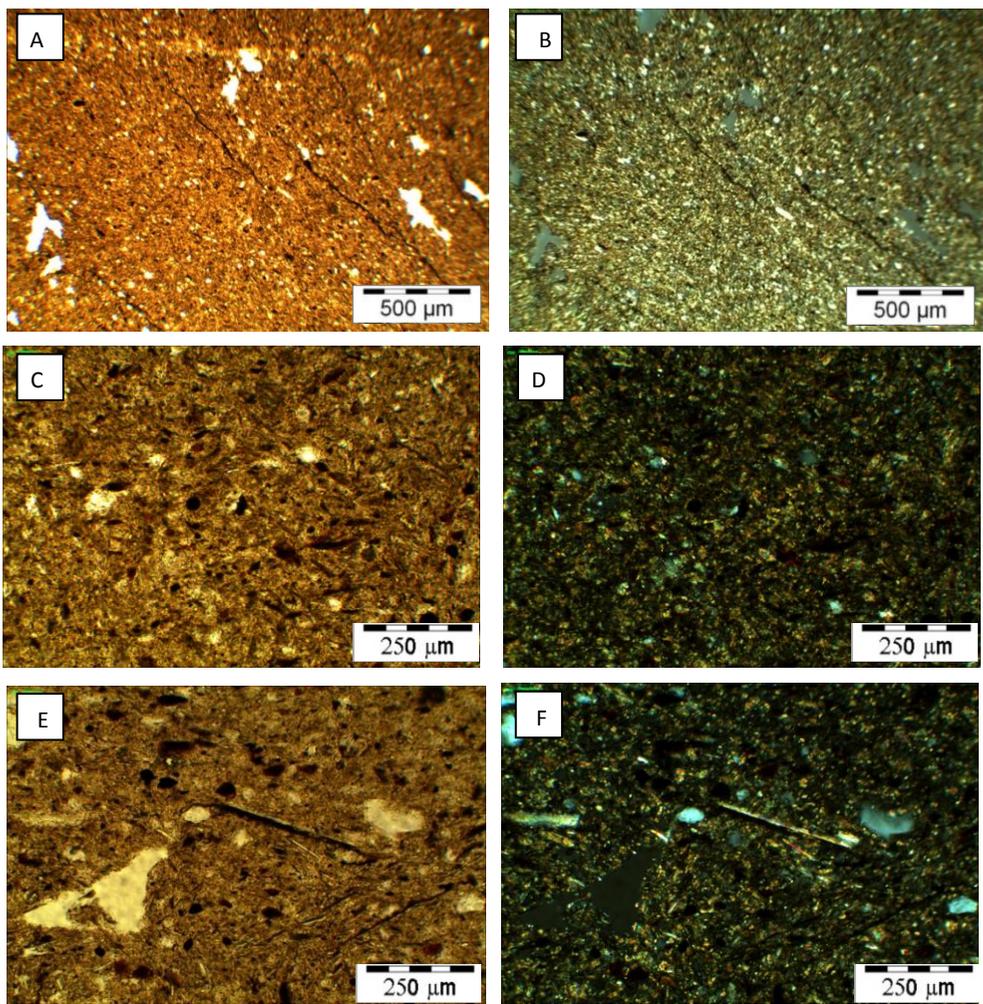


Figura 145. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra ZAF. **A** –ZAF un polarizador, vista general, se observa la textura, con clara diferenciación entre granos y matriz; matriz escasa con formación de fisuras. **B** –ZAF en nícoles cruzados. **C** –ZAF un polarizador, detalle del aspecto de los fillosilicatos y los oxi-hidróxidos, pequeño tamaño del desgrasante. **D** –ZAF en nícoles cruzados, color de interferencia de los fillosilicatos y del desgrasante. **E** –ZAF un polarizador, aspecto irregular de la porosidad, tamaño y disposición de los fillosilicatos y del desgrasante. **F** –ZAF en nícoles cruzados, color de interferencia de los fillosilicatos y granos de cuarzo

Ánima Femenina de la Zubia (ZAF)

Pese a pertenecer al mismo grupo que ZAM, tiene una textura completamente diferente, mucho más próxima a las piezas CAM-EH y CAM-VS. Su proporción de matriz parece más escasa, de color más amarillento, y mantiene la característica de encontrarse menos vitrificada, destacando más los granos, y contener mayor proporción de desgrasante. Además, en este caso los filosilicatos están mucho menos alterados por la cocción.

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma de angular a subredondeada (figs. 145.E y 145.F), de tamaños comprendidos entre los 40 y 100 μm , aunque cubre todo el rango entre las 5 y las 150 μm , siendo su tamaño de grano muy heterogéneo. Los análisis por XRD confirman la proporción de cuarzo, más elevada que en el resto de piezas, siendo su concentración del 60% (tabla 29). También con la función desgrasante encontramos fragmentos de micaesquisto, aunque en proporción escasa, de tamaños cercanos a las 100-150 μm .

La presencia de filosilicatos es escasa (5% según XRD), si bien sus colores de interferencia de segundo orden los hacen fácilmente perceptibles al microscopio (figs. 145.D y 145.F). Esto es indicativo de un grado de transformación mucho más bajo que en la muestra ZAM. El tamaño de estos cristales es también bastante heterogéneo, como sucede con el cuarzo, aunque se agrupa en un rango más reducido, entre los 50 y 100 μm . Existe una evidente orientación de

los minerales laminares debido al efecto del modelado de la pieza (figs. 145.C y 145.D).

Respecto a los carbonatos, sus proporciones según XRD son bastante elevadas, entre un 10 y un 20% según XRD, si bien por POM no son claramente perceptibles más que los de tamaños más grandes, de 10-20 μm . Teniendo en cuenta el grado de transformación de la matriz en la pieza ZAM, lo más probable es que estos carbonatos tengan un tamaño muy pequeño, repartidos homogéneamente por la matriz.

Se han identificado oxi-hidróxidos de 10-20 μm de tamaño, y algunos de incluso 50 μm , repartidos por toda la masa (figs. 145.C y 145.D), o asociados a los filosilicatos (figs. 145.E y 145.F).

La matriz es de color ocre-amarillento, clara, poco vítrea, aunque según XRD la cantidad de fundido es similar a la de ZAM, de un 10 a un 15% (tabla 29).

Los poros son de grandes dimensiones, entre 40 y 250 μm en muchos casos, y de forma muy irregular (figs. 145.A y 145.E).

Se trata de una arcilla bien amasada, con una distribución homogénea de fases minerales, aunque se observen fisuras rellenas de material arcilloso, de color más oscuro. Estas fisuras, de unos 5 μm de ancho, se han encontrado en toda la muestra y son parecidas al entramado de fisuras que encontrábamos en ZAM.

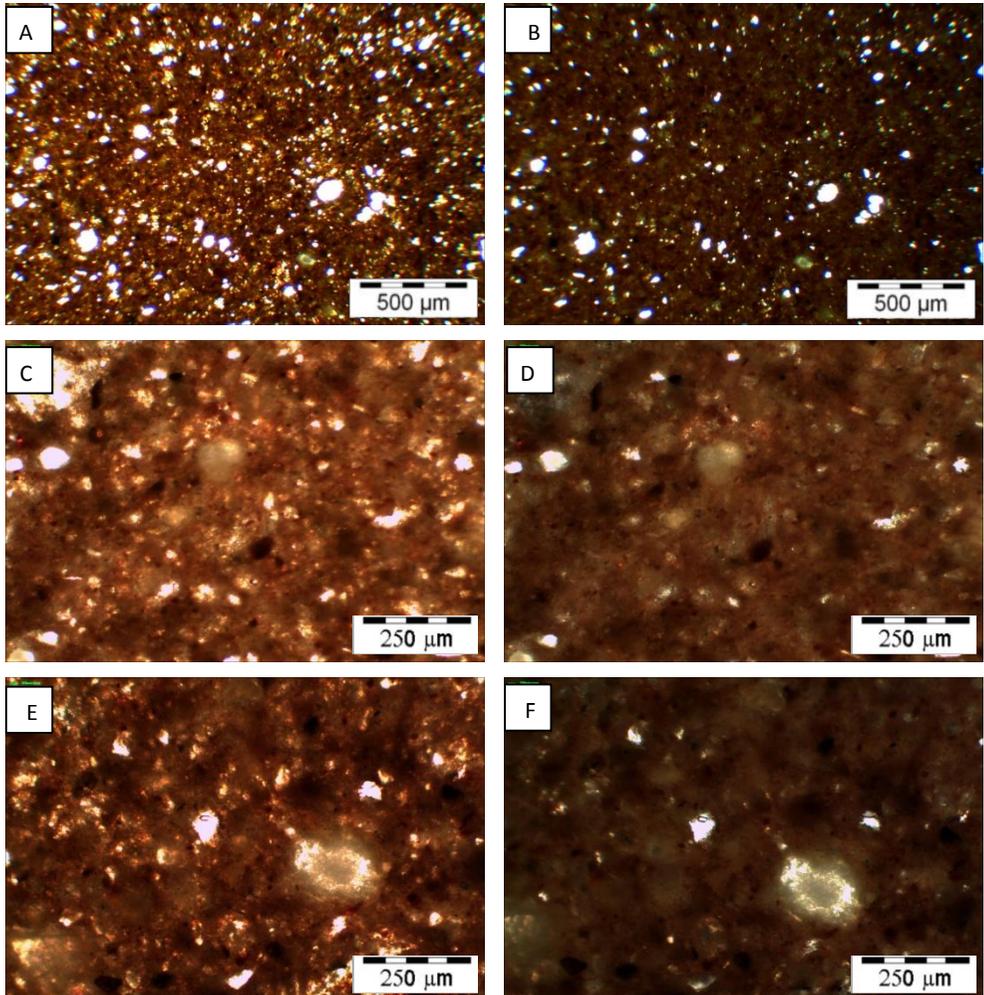


Figura 146. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra ZAM. **A** – ZAM un polarizador, vista general, se observa la textura, la densidad de matriz y la heterogeneidad en el tamaño de grano. **B** –ZAM en nícoles cruzados. **C** –ZAM un polarizador, detalle del aspecto de los filosilicatos y el desgrasante. **D** –ZAM en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos y densidad de la matriz. **E** –ZAM un polarizador, grano de antiguo carbonato alterado, granos de cuarzo y aspecto de la matriz. **F** –ZAM en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado y cuarzo

Ánima Masculina de La Zubia (ZAM)

Como sucedía con la muestra anterior, esta terracota tiene una matriz rojiza muy oscura, muy vitrificada, aunque en este caso la definición de los granos y su distinción de la matriz es mucho más clara. También es más abundante la cantidad de desgrasante y porosidad, lo que le aporta un aspecto general algo diferente (figs. 146.A y 146.B).

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico subredondeado, con tamaños comprendidos principalmente entre 40 y 100 μm , aunque cubre todo el rango entre los 5 y las 150 μm , siendo su tamaño de grano muy heterogéneo. Ya visualmente se aprecia que la cantidad de cuarzo es más abundante que en resto de muestras, y los análisis por XRD nos confirman esta apreciación, siendo su porcentaje del 60 % (tabla 29). También con esta función de desgrasante encontramos fragmentos de micaesquisto, aunque en proporción escasa y con tamaños cercanos a los 150 μm .

La presencia de filosilicatos es escasa (5% según XRD) y su color de interferencia de primer orden indica un grado elevado de transformación por la temperatura de cocción. Su tamaño también es bastante heterogéneo, como sucede con el cuarzo, aunque se agrupa en un rango más reducido, entre 50 y 100 μm . Existe una

evidente orientación de los filosilicatos debido al efecto del modelado de la pieza (figs. 146.C y 146.D).

Respecto a los carbonatos, observando las proporciones de fases minerales neoformadas a partir de ellos en los datos de XRD, (20% entre gehlenita y dióxido, tabla 29), se explica el hecho de que la matriz contenga amplias zonas de color pardo (figs. 146.C y 146.D), seguramente conformadas por estos carbonatos transformados. También podemos observar granos muy alterados, con aureolas de bordes de reacción (figs. 146.E y 146.F).

Aunque por XRD no se han identificado apenas hematites, la proporción de Fe_2O_3 en la terracota es de casi un 6% según XRF (tabla 27), lo cual se observa por POM en forma de pequeños granos de oxi-hidróxidos de 10-20 μm de tamaño, y algunos incluso de 50 μm , repartidos por toda la masa (figs. 146.C, 146.D, 146.E y 146.F).

La matriz es vítrea y la cantidad de fundido abundante, un 10% según XRD (tabla 29). Es una masa donde la distribución de las fases minerales es homogénea y regular.

La porosidad es abundante, de forma redondeada y tamaño aproximado de 10-20 μm (figs. 146.A y 146.B).

C.2.2.3.3. Artistas externos

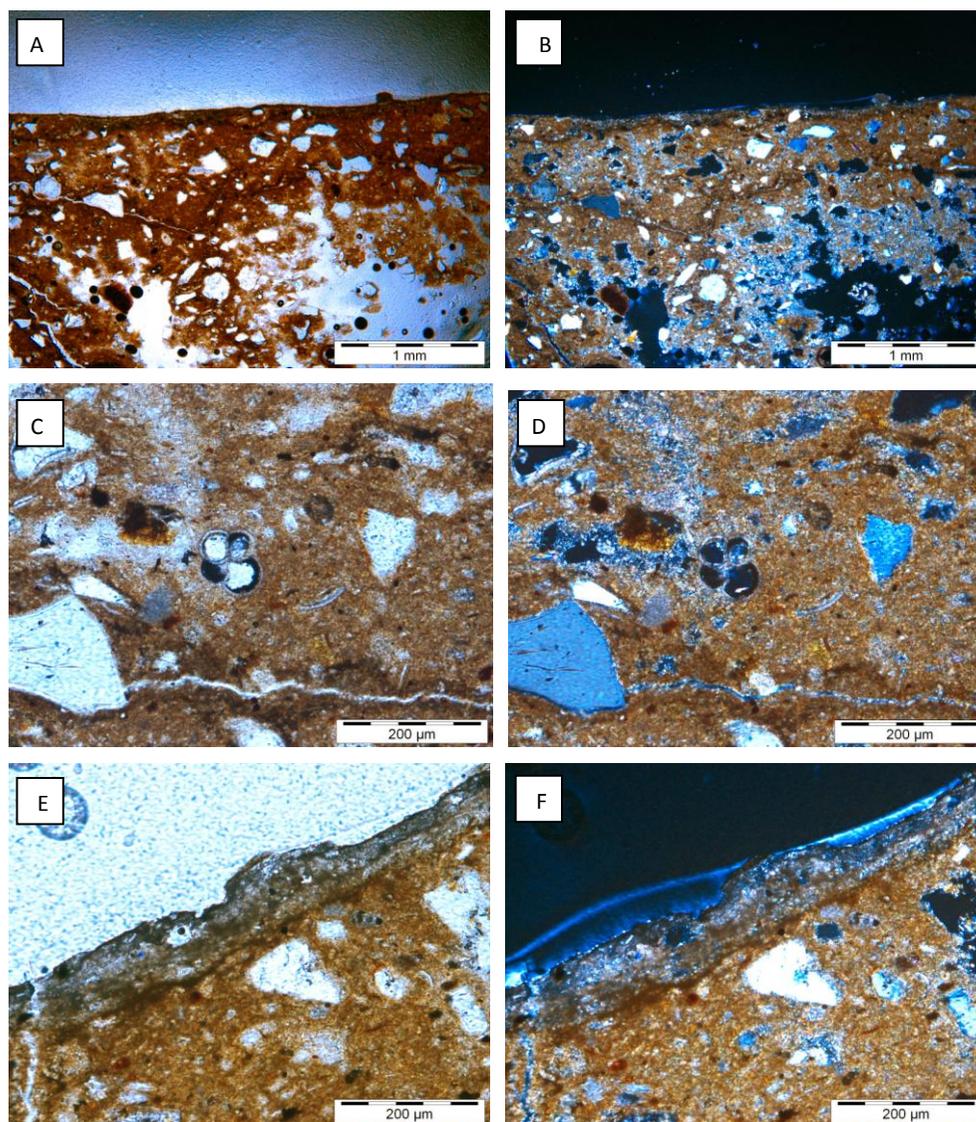


Figura 147. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra JM. **A** –JM un polarizador, vista general, se observa la textura. **B** –JM en nícoles cruzados. **C** –JM un polarizador, apariencia de los granos de cuarzo, fantasma de microfósiles, presencia de fisuras y, en la zona izquierda, por encima del cuarzo, filossilicato de 50 µm de tamaño. **D** –JM en nícoles cruzados, color de interferencia de los minerales. **E** –JM un polarizador, detalle del borde de la muestra, con acumulación de material arcilloso. **F** –JM en nícoles cruzados, color de interferencia de las fases minerales

Relieve mural Francisco Baños (JM)

La muestra de JM entra en el grupo de las de menor consistencia y mayor heterogeneidad de grano, presentando características muy diferentes respecto al resto de muestras. Su matriz es de color ocre-amarillento y poco vitrificada, y su tamaño de grano en desgrasantes es muy heterogéneo. Cubre un rango desde los 10 hasta los 500 μm , compuesto principalmente por cuarzo (figs.147.A y 147.B), además de abundantes micaesquistos, carbonatos y gneises, y son poco abundantes los óxidos de hierro.

Destaca el mayor porcentaje de cuarzo de todas las estudiadas, un 75% según XRD (tabla 29). Se trata de cuarzo metamórfico, su forma es principalmente angular y su tamaño más habitual es entre 200 y 500 μm (figs. 147.A y 147.B), aunque también se encuentran granos de tamaños inferiores, hasta los 10 μm . Alrededor de algunos de los granos se observan lo que parecen ser bordes de reacción (figs. 147.C y 147.D), lo que podría sugerir la formación de gehlenita u otro silicato de neoformación, si bien ésta no ha sido detectada por XRD. Los gneises y micaesquistos son menos abundantes, y también suelen encontrarse con tamaños mayores, igual que sucede con el cuarzo.

Los filosilicatos son escasos, de hecho, el análisis por XRD cuantifica en menos de un 5% estos minerales (tabla 29), y visualmente son escasamente perceptibles. Sus colores de interferencia son

amarillentos-blanquecinos de primer orden, lo que indica una transformación de los mismos (figs. 147.C y 147.D, zona izquierda). Tienen escasa ordenación respecto al amasado y su tamaño ronda los 20-50 μm .

Los carbonatos son abundantes, un 15% según XRD, cantidad que se debe a la presencia de microfósiles y de granos de carbonatos. Los microfósiles han sido identificados como globigerinas y bivalvos, son muy abundantes y están homogéneamente distribuidos en la matriz de la muestra. Respecto a los granos de carbonato, su tamaño suele ser grande (100-200 μm) y muestran su color habitual de interferencia, gris rosado con irisaciones, aunque se percibe una textura degradada en los granos más pequeños (figs. 147.C y 147.D, entre la globigerina y el cuarzo de la izquierda). En otros casos se encuentran solamente poros con el borde de reacción del carbonato, muy marcado.

Otro detalle a tener en cuenta es que las fisuras presentes parecen encontrarse rellenas de pequeños cristales de calcita, lo cual puede ser indicativo de que estas piezas, claramente ricas en carbonatos y con riesgo de formación de caliches, fueron sumergidas en agua tras su cocción, como veíamos en el apartado A.2.2.2.7., y como se observa, por ejemplo, en las imágenes de POM del yacimiento de Fargue (apartado C.1.5.3., figs. 86.A a 86.F). Esta práctica, que evita el deterioro por caliche, deja estas acumulaciones en el borde de poros y fisuras al recristalizar el carbonato de calcio por precipitación de la calcita.

La matriz es de color amarillento y presenta muy poca vitrificación, siendo, de hecho, es la terracota que menos material fundido contiene según XRD (5%, tabla 29). Esta vitrificación resulta claramente insuficiente si observamos el estado de descohesión de la muestra, que en este caso no ha provocado realmente muchas alteraciones, como podemos ver en la Ficha de conservación (JM/2). Esto se debe principalmente a su conformación como altorrelieve, ya que las tensiones que debe soportar son mucho menores.

La muestra de terracota presenta en todo el borde un halo más oscuro, que también es visible en toda la longitud de las fisuras internas (figs. 147.A, 147.B, 147.E y 147.F) que parece componerse de una acumulación de material arcilloso más fino.

La porosidad es muy abundante, irregular, variada en cuanto a dimensiones, compuesta también por fisuras (figura 147.C, 147.D, 147.E y 147.F). Estas fisuras podrían haberse provocado durante la elaboración de la lámina delgada, pero la presencia de carbonato de calcio recristalizado en su interior indica que dichas fisuras son, más bien, resultado del proceso de elaboración de la pieza (figs. 147.A y 147.B).

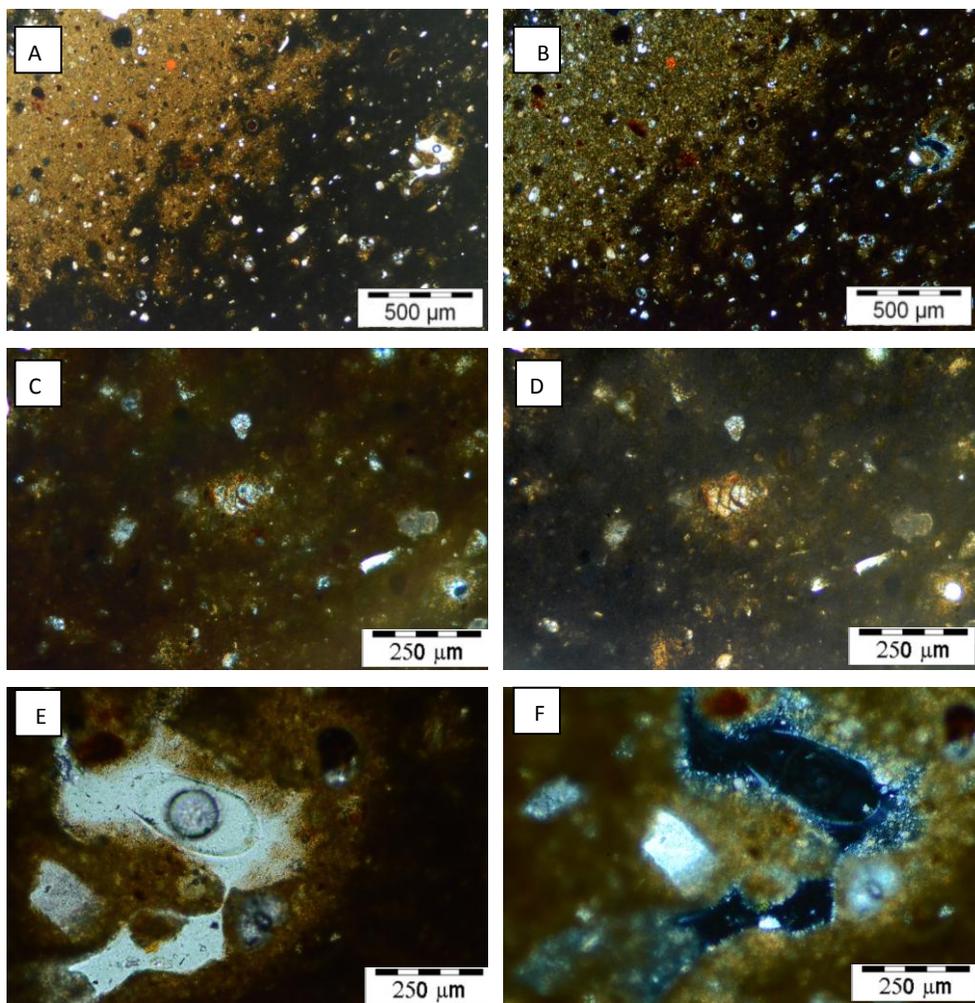


Figura 148. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra MUSJ. **A** – MUSJ un polarizador, vista general, se observa la textura, la división entre zonas más y menos densas y el aspecto de la porosidad. **B** –MUSJ en nícoles cruzados. **C** –MUSJ un polarizador, presencia de microfósiles, aspecto de los carbonatos y del desgasante. **D** –MUSJ en nícoles cruzados, color de interferencia del desgasante. **E** –MUSJ un polarizador, grano de cuarzo y aspecto de la porosidad. **F** –MUSJ en nícoles cruzados, color de interferencia del grano de cuarzo y recristalización del carbonato de calcio por precipitación de calcita dentro del poro

San José de Duque-Cornejo (MUSJ)

Esta terracota presenta dos zonas en la matriz claramente determinadas: una de color ocre-amarillento donde los granos de desgrasante se encuentran muy bien diferenciados incluso a tamaños muy pequeños ($5\ \mu\text{m}$), y otra de color pardo-verdoso, muy densa, donde los granos de pequeño tamaño son indiferenciables y sólo aquellos mayores de $50\ \mu\text{m}$ se reconocen (figs. 148.A y 148.B).

El desgrasante se compone principalmente de cuarzo metamórfico, con forma de angular a subredondeada (figs. 148.A y 148.B). Su tamaño de grano es muy heterogéneo, cubriendo un rango desde 5 a $200\ \mu\text{m}$, si bien el tamaño más abundante se encuentra entre 50 y $200\ \mu\text{m}$ (figs. 148.E y 148.F). Su proporción no es muy elevada, según XRD es de un 35% (tabla 29).

Los filosilicatos son muy escasos, de un 5% según XRD, y a través de POM son poco perceptibles, con un tamaño muy reducido (5 - $10\ \mu\text{m}$) y colores de interferencia de primer orden, lo que indica una avanzada transformación por la cocción.

Los carbonatos tienen una proporción muy elevada, de un 20% según XRD (tabla 29), y de hecho son apreciables tanto en forma de microfósiles como de granos. Los microfósiles, muy abundantes en toda la muestra, han sido identificados como globigerinas y foraminíferos plantónicos biseriados (figs. 148.C y 148.D); se

encuentra habitualmente su fantasma, y solamente en aquellos de mayor envergadura (tamaño superior a 100 μm) su estructura de carbonato transformada. Los granos de carbonato rondan un tamaño de 50 y 100 μm , mantienen su forma original pero se encuentran bastante degradados, aureolados con bordes de reacción, siendo su color de interferencia grisáceo (figs. 148.C y 148.D). Los granos más pequeños presentan una transformación mayor, quedando prácticamente un poro con el borde de reacción. Esta avanzada transformación en los granos pequeños explica la presencia de trazas de gehlenita y hasta un 15% de dióxido, según nos indica XRD.

Se pueden observar oxi-hidróxidos de hierro de tamaño heterogéneo (figs. 148.A y 148.B), en un rango de 50 a 100 μm , si bien la proporción de hematites, según XRD, es inferior al 5% (tabla 29) y el porcentaje de Fe_2O_3 estimado por XRF es de 4,3% (tabla 27).

La matriz es muy heterogénea, se distinguen claramente unas zonas con un color mucho más claro, ocre, y otras muy oscuras y vitrificadas, de tono pardo (figs. 148.A y 148.B). En general la concentración de materia amorfa es, según XRD, de un 15%, pero el hecho de que esta vitrificación se haya concentrado en una zona de la matriz implica que la compacidad del resto sea inferior, si bien no se han producido descohesiones, como sucedía en la obra anterior. Estas diferencias de densidad tampoco han dado lugar a fisuras ni tensiones.

La porosidad es irregular y de gran tamaño, debido principalmente a la degradación de los carbonatos en el interior de los microfósiles,

la formación de fisuras en el perímetro de algunos oxi-hidróxidos y la degradación de los carbonatos más pequeños. Destaca que en el interior de los poros se encuentre de nuevo la presencia de carbonato cálcico recristalizado (figs. 148.E y 148.F).

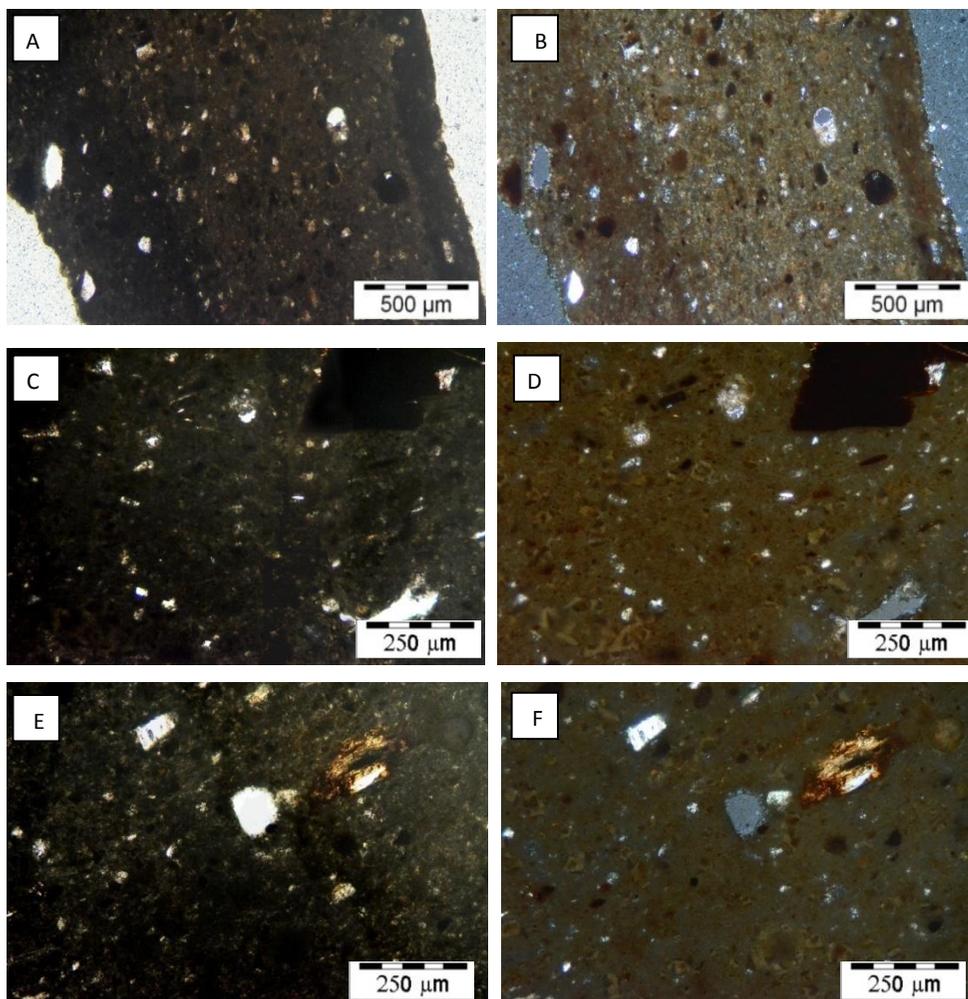


Figura 149. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra PdC. **A** – PdC un polarizador, vista general, se observa la textura, la condensación de materia arcillosa en el borde de la muestra y la heterogeneidad de tamaño de grano. **B** –PdC en nícoles cruzados. **C** –PdC un polarizador, detalle del aspecto vítreo de la matriz, orientación de los granos y cantidad y tamaño de los carbonatos y oxi-hidróxidos. **D** –PdC en nícoles cruzados, color de interferencia de los carbonatos. **E** –PdC un polarizador, aspecto de los filossilicatos y de los granos de cuarzo. **F** –PdC en nícoles cruzados, color de interferencia del filossilicato

Inmaculada y San José de Priego de Córdoba (PdC1 y PdC2)

Estas terracotas son muy similares entre sí y sustancialmente distintas de las demás tanto en composición, como ya vimos en XRF (tablas 28 y 29) y XRD (tabla 29), como en aspecto y textura. Su matriz es muy clara, ocre-blanquecina y al mismo tiempo muy densa y vitrificada. Se diferencian con facilidad los granos superiores a 20 μm .

El desgrasante, muy escaso, está compuesto principalmente de cuarzo subangular, de un tamaño homogéneo de alrededor de 100 μm .

En cuanto a los filosilicatos, se reconocen los de mayor tamaño, 250 μm , y con un color de interferencia de primer orden (figs. 149.E y 149.F).

Los carbonatos son abundantes, se encuentran en forma de granos muy alterados de color amarillento (fig. 149.D) o ya formando parte de la matriz, donde aún se distinguen vagamente sus perfiles (figs. 149.C a 149.F). Su textura es moteada debido al escape del CO_2 durante su descomposición (fig. 149.C). El tamaño de estos granos más conformados es superior a 100 μm . Este porcentaje de carbonatos debió ser muy elevado en la arcilla de origen, ya que según XRD se han identificado gehlenita, diópsido y wollastonita en

un 45-50% (tabla 29). Esto explica, igualmente, el 30% de CaO y el 2% de MgO que se detectaba por XRF (tabla 27).

Se han localizado abundantes granos de hematites y otros oxihidróxidos de tamaño y forma muy heterogénea por toda la muestra, cubriendo un rango de tamaños desde los 10 a los 300 μm (figs. 149.A a 149.D). Esto justifica el 5% en Fe_2O_3 cuantificado por XRF y el mismo porcentaje de hematites identificado por XRD.

La matriz es muy vítrea, muy densa, aunque de color crema, seguramente debido a la elevada cantidad de carbonatos de los que hemos hablado. De hecho, estas muestras se encuentran entre las que contienen más materia amorfa según XRD (15-20%), y sin embargo no han sufrido el desarrollo de fisuras por contracción. Sí presenta un borde externo más oscuro, al parecer por acumulación de arcillas en la matriz, que varía en intensidad de color y en grosor: las zonas donde esta corona es más oscura apenas miden 50 μm de espesor, mientras que en las zonas en que se encuentra más difuminada en tono, tiene un grosor de 200 μm medido desde la superficie de la muestra.

La porosidad es escasa pero los poros son de grandes dimensiones, irregulares en cuanto a morfología y se ha formado principalmente gracias a la descomposición de los carbonatos (figs. 149.A a 149.F).

C.2.2.3.4. Talleres barristas externos

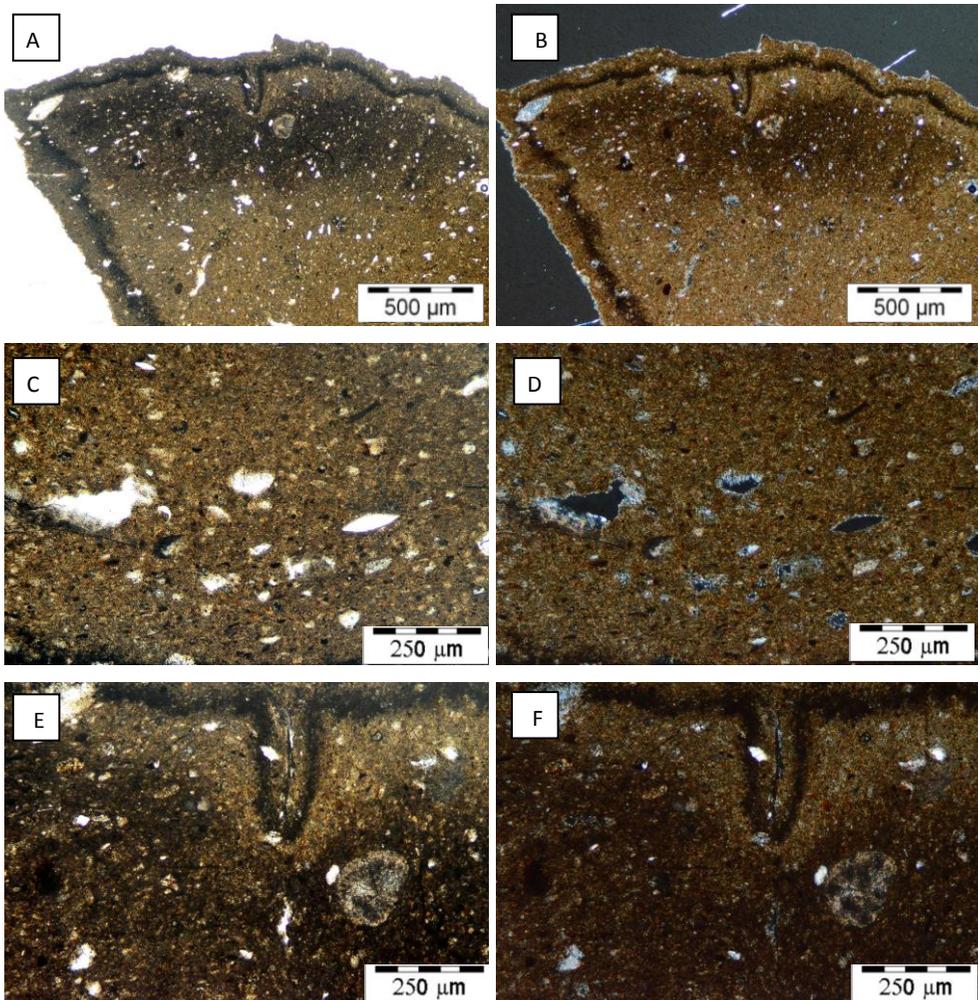


Figura 150. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra BO. **A** –BO un polarizador, vista general, se observa la textura, la ligera diferencia de tono en la matriz, la presencia de un halo de acumulación de material arcilloso a una profundidad de 50 µm de la superficie, y la presencia de algunos granos y poros de gran tamaño. **B** –BO en nícoles cruzados. **C** –BO un polarizador, detalle del aspecto de la porosidad, en muchos casos con borde de reacción y en otros producida por la pérdida de granos. También se observa la morfología de los filosilicatos y los carbonatos degradados. **D** –BO en nícoles cruzados, color de interferencia de los filosilicatos, carbonatos y bordes de reacción en los poros. **E** –BO un polarizador, grano de antiguo carbonato alterado, micaesquistos y aspecto de la matriz en sus dos tonalidades. **F** –BO en nícoles cruzados, color de interferencia del carbonato degradado, micaesquistos y cuarzos

Belén Ortigas (BO)

Esta terracota es en aspecto muy similar a CAM-EH y CAM-VS tanto en el color orce-beige de la matriz como en la abundancia de filosilicatos de un tamaño muy pequeño (2-4 μm), si bien esta muestra contiene también una proporción mucho menor de desgrasante y en un tamaño de 100 μm (figs. 150.C y 150.D), y algunos granos aislados de hasta 300 μm (figs. 150.A y 150.B).

El desgrasante está compuesto principalmente por cuarzo metamórfico de forma angular con un tamaño en torno a 100 μm , aunque es bastante escaso en comparación con el resto de las terracotas estudiadas. De hecho, si observamos los datos de XRD, su proporción es la más baja de todas las piezas, un 15%. No presenta orientación que indique la dirección del modelado y está distribuido homogéneamente en la matriz de la muestra. Otro desgrasante encontrado son los fragmentos de micaesquistos de tamaños algo mayor que el cuarzo, alrededor de las 200 μm , si bien son escasos.

Los carbonatos son muy abundantes y de tamaño muy variado, cubriendo un rango desde los 4 a los 200 μm . Según XRD su proporción es muy elevada, hasta un 60% entre calcita y dolomita, lo que convierte a su arcilla de origen en una marga. Los carbonatos de pequeño tamaño son muy abundantes, diferenciándose los pequeños granos de la matriz con facilidad.

Algo más escasos son los granos de 50-100 μm , si bien también son muy bien diferenciables, con un color de interferencia gris irisado, lo que indica su escasa descomposición por calor. Encontramos, por último, algunos microfósiles de grandes dimensiones (200 μm , figs. 150.E y 150.F) y poros que se han formado tras la pérdida de carbonatos de estas dimensiones (figs. 150.C y 150.D).

Los filosilicatos de tamaños pequeños son también muy abundantes, aunque aparecen también cristales de 200-300 μm (figs. 150.A y 150.B). Su color de interferencia es de segundo orden (figs. 150.D y 150.F), lo que indica, igual que sucedía con los carbonatos, un escaso grado de transformación. Esto corrobora los datos de XRD, que no han detectado la presencia de fases minerales neoformadas, implicando un grado de cocción de esta terracota muy bajo.

La matriz, poco vítrea, es de color claro, y la porosidad es abundante, de forma irregular, de grandes dimensiones (100-250 μm) y distribuida homogéneamente por la muestra. Se ha formado una aureola de material más vítreo en el borde externo de la muestra (fig. 150.A, 150.B, 150.C y 150.D), posiblemente por una acumulación de material arcilloso cerca de la superficie, debido al modelado de la obra. Esta aureola tiene un grosor de 50 μm .

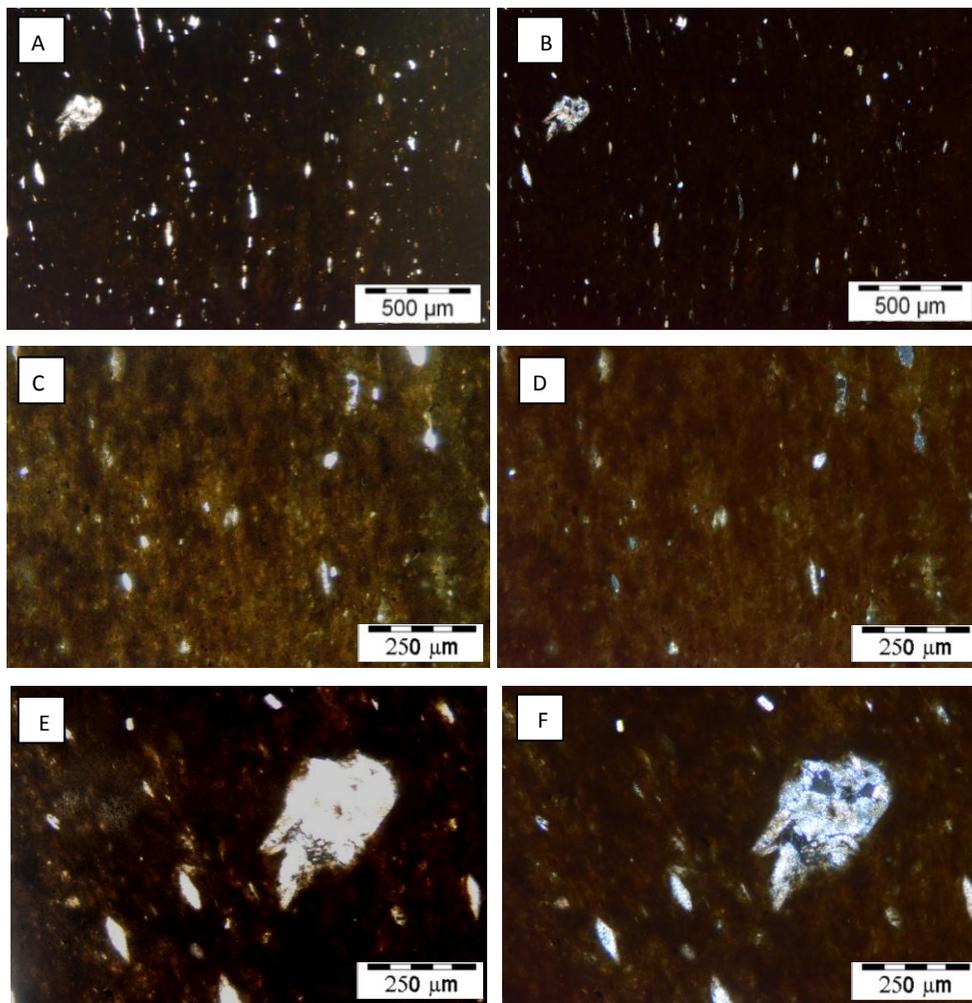


Figura 151. Imágenes de microscopía óptica de polarización de la obra JN. **A** –JN un polarizador, vista general, se observa la textura, la escasez de granos de mayor tamaño y la presencia de una porosidad abundante, estando tanto el desgrasante como la porosidad orientada a la dirección del moldeo. **B** –JN en nícoles cruzados. **C** –JN un polarizador, detalle del aspecto del desgrasante, la porosidad, los carbonatos degradados y la fusión de los oxi-hidróxidos de hierro en la matriz. **D** –JN en nícoles cruzados, color de interferencia del desgrasante y los carbonatos. **E** –JN un polarizador, presencia de algunos carbonatos de diversos tamaños, claramente orientados. **F** –JN en nícoles cruzados, color de interferencia de los carbonatos, con elevada birrefringencia

Belén Jaén (JN)

Esta terracota tiene una matriz pardo-amarillenta muy oscura, muy vitrificada, es en la que más cuesta distinguir claramente entre la matriz y los granos de desgrasante (figs. 151.D y 151.F), que parece ser mucho más escaso que en el resto de muestras, de tamaño entre 40-100 μm tamaño. .

El desgrasante está compuesto sobre todo por cuarzo metamórfico de forma subangular (figs. 151.E y 151.F), de tamaño principalmente muy pequeño, 40 μm . Efectivamente, por XRD se cuantifica un 25% de cuarzo (tabla 29), una proporción muy reducida.

Respecto a los filosilicatos, no se han podido apenas apreciar visualmente, y de hecho por XRD ni siquiera han sido identificados, lo que indica que, efectivamente, deben encontrarse fundidos con la matriz.

Los carbonatos se observan claramente en tamaños aproximados de 100 μm (si bien algunos granos llegan a los 300 μm , fig. 151.E), aunque su degradación es muy elevada: se encuentran habitualmente poros con bordes de reacción que indican la desaparición de un carbonato (figs. 151.C y 151.D), si bien también encontramos granos aún conformados, con un color de interferencia gris-amarillento, con su textura interna muy alterada (figs. 151.E y 151.F). Este elevado grado de alteración, junto a la

desaparición de los filosilicatos en su forma cristalina y la observación de zonas de la matriz más claras, corroboran los datos de XRD, que nos indican una concentración en fases minerales neoformadas en un 30%.

La matriz es muy vítrea y la cantidad de fundido muy abundante, de un 20% según XRD (tabla 29), siendo esta vitrificación homogénea y regular, si bien se aprecian algunos pliegues algo más oscurecidos.

La porosidad, debida principalmente a los carbonatos degradados, tiene este mismo tamaño homogéneo alrededor de los 100 μm (figs. 151.C y 151.D), es alargada y está orientada en dirección al modelado.

Vistas todas estas características, se intuye que la obra que nos ocupa tiene una textura y composición muy similar a la muestra BN, y también a los yacimientos Diezma roja 1 y 2, tanto en XRD (tablas 14 y 29) como en imágenes de POM (figs. 84.C a 84.F y 85.B a 85.F), aunque no ha sufrido los problemas de formación de fisuras por secado y cocción, ni el desarrollo de un corazón negro. Atendiendo a estas similitudes, y principalmente visto el grado de vitrificación, transformación de carbonatos y estado de los filosilicatos, se puede indicar que la temperatura de cocción de esta pieza se encuentra alrededor de los 900 o 950 $^{\circ}\text{C}$, y que la composición inicial de la arcilla sería muy similar a la de Diezma roja (tablas 8 y 14).

C.2.2.4. Microscopía electrónica de barrido de alta resolución con microanálisis de energía dispersiva de rayos X

METODOLOGÍA

El estudio de la microtextura de las muestras de terracota de obra real y el análisis químico puntual se realizó mediante el mismo equipo y condiciones descritas en el apartado C.1.5.4. para las probetas.

C.2.2.4.1. Artistas granadinos

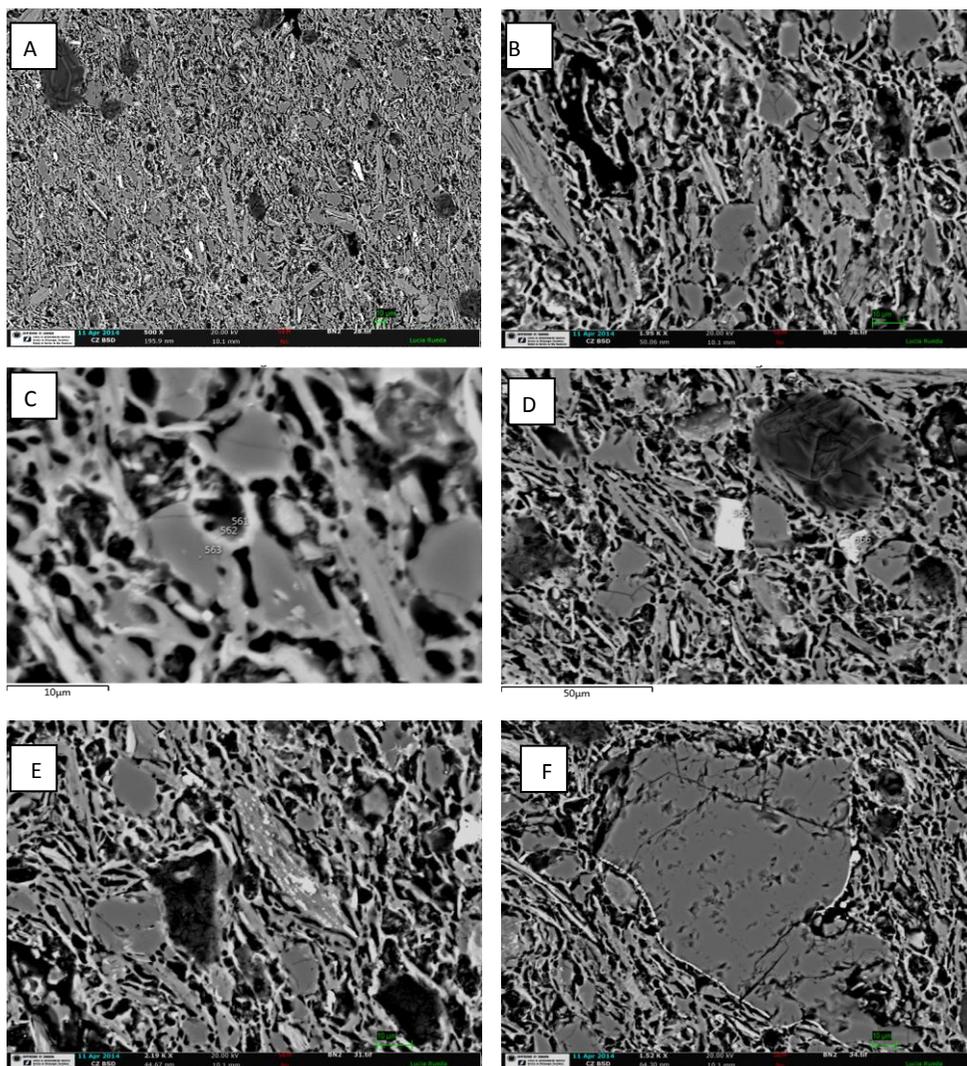


Figura 152. Imágenes de HRSEM de la obra San José, Nacimiento (BN2). **A** – BN2 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos, la abundancia de dolomita y la ordenación de los granos. **B** – BN2 detalle de la elevada fusión de los filossilicatos y los bordes de reacción de los cuarzos, transformados en gehlenita. **C** – BN2 detalle de un antiguo grano de dolomita totalmente transformado en diópsido y la formación de gehlenita en el borde de grano entre los cuarzos que lo rodean. **D** – BN2 diferencia de reacción entre las dolomitas de mayor y menor tamaño. **E** – BN2 ilmenita englobada en filossilicato y aspecto de un antiguo grano de dolomita. **F** – BN2 grano de cuarzo con borde de reacción externo de gehlenita

San José, Nacimiento (BN2)

En esta terracota se aprecian abundantes puentes de fusión entre granos, una elevada cantidad de fundido (15%) y un grado de transformación de filosilicatos, cuarzo y carbonatos muy acusada (fig. 152.A). Si bien la porosidad primaria de mayor tamaño sigue manteniendo formas irregulares, el efecto suavizado de sus bordes de poro es evidente, siendo patente la formación de una porosidad secundaria en el interior de los filosilicatos y carbonatos (figs. 152.B y 152.C).

Los filosilicatos de tamaño inferior a 30 μm han sufrido procesos de transformación muy acusados, encontrándose completamente fundidos desarrollando la típica estructura celular en el interior de los cristales (fig. 152.C). Solamente aquellos de mayores dimensiones se mantienen en forma cristalina aunque no en los bordes de los mismos (fig. 152.B), identificándose apenas un 5-10% según XRD (tabla 29).

Los granos de cuarzo también muestran de manera acusada la formación de bordes de reacción de gehlenita principalmente (fig. 152.B).

Dentro de los carbonatos, la dolomita era claramente abundante en la arcilla original (fig. 152.A) y se encuentra muy transformada por el efecto del calor. Aunque, según su tamaño, han reaccionado de

forma diferente: los granos de dolomita de tamaño más pequeño (inferior a 5 μm) se encuentran en muchos casos totalmente transformados en diópsido (fig. 152.C), mientras que los mayores de 10 μm , y hasta su tamaño máximo de 80 μm , tienen un borde de reacción formando diópsido, manteniendo aún su morfología original más o menos intacta (fig. 152.E).

La calcita también debía ser abundante en la arcilla original. En efecto, por XRD se cuantificó un 15% de gehlenita y por toda la superficie se observan zonas de aspecto esponjoso, de bordes difusos, que se corresponden con antiguos granos de calcita y que se han identificado por EDX como gehlenita (fig. 152.C).

Las menas metálicas están constituidas por ilmenita en su mayoría, tanto en forma de granos que rondan tamaños entre 10 y 30 μm , como englobados entre las láminas de los filosilicatos (fig. 152.E); también se han localizado granos de hematites de tamaños aproximados de 20 μm , dispersos en la matriz y ocasionalmente asociados a gehlenita (fig. 152.F).

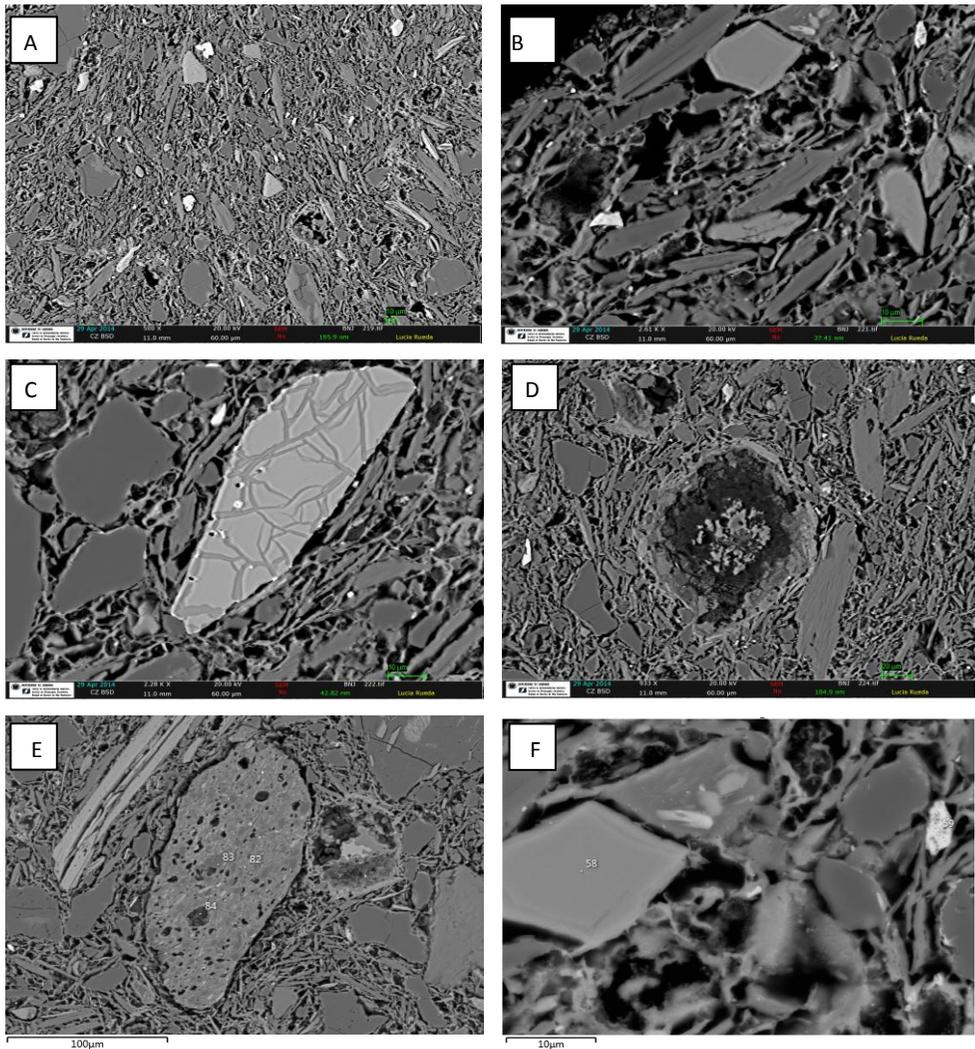


Figura 153. Imágenes de HRSEM de la obra *Niño Jesús* (BNJ). **A** – B850 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – BNJ detalle de la fusión de los filossilicatos. **C** – BNJ cristal de hercinita, aspecto de los granos de cuarzo con bordes de reacción de gehlenita. **D** – BNJ detalle de la transformación de los granos de dolomita en diópsido. **E** – BNJ grano de feldespato muy alterado, con inclusiones de ilmenita. **F** – BNJ grano totalmente transformado en gehlenita

Niño Jesús (BNJ)

La muestra BNJ presenta una gran trabazón de la masa por fusión de los filosilicatos, dando lugar a abundantes puentes de unión entre granos (fig. 153.A), lo que le aporta el 10% de fundido que se ha cuantificado por XRD (tabla 29). La fusión de los filosilicatos provoca una porosidad secundaria de forma redondeada, bastante abundante; aún se mantiene la morfología de la porosidad primaria en torno a los granos de desgrasante de mayor tamaño (fig. 153.B).

Los filosilicatos de tamaño superior a los 30 μm presentan la parte interna aún intacta, no fundida (fig. 153.D), lo que justifica los datos obtenidos por XRD, que indican un 10% de filosilicatos. No obstante, su borde externo, al igual que el de los granos de cuarzo, presenta una reacción acusada con la matriz y sobre todo con los carbonatos, que en esta muestra parecen haber sido muy abundantes. Por otro lado, los granos de cuarzo de 10 μm o inferiores han sufrido en algunos casos su transformación en gehlenita (fig. 153.E).

Los carbonatos están compuestos tanto por calcita como por dolomita, según nos indican los datos de EDX, y su estado de transformación es muy elevado, lo cual explica el 10% de gehlenita y el 10% de dióxido cuantificado por XRD (tabla 29). Especialmente interesante es la transformación sufrida por la dolomita, muy similar a la que veíamos en el yacimientos Diezma gris 2 a 950 °C de cocción

(figs. 98.F y 98.H). Ésta se caracteriza por la formación de un núcleo rico en calcio, rodeado por una aureola más oscura compuesta principalmente por Mg, difundido hacia el borde de neoformación de dióxido (fig. 153.D); cuando se ha formado gehlenita en el borde de grano, se produce la difusión de Ca hacia el borde de grano. Este tipo de transformación es mucho más acusado en granos de dolomita de tamaño entre 50 y 100 μm , encontrándose las de tamaño superior en un proceso menos avanzado.

Los antiguos granos de calcita han evolucionando a una textura altamente degradada, desarrollándose en su interior poros por el escape de CO_2 , formando una textura esponjosa (fig. 153.F). Los bordes de grano en contacto con cuarzo y filosilicatos han reaccionado, identificándose por EDX gehlenita.

Las menas metálicas están constituidas por ilmenita, estando asociada principalmente a filosilicatos, si bien también se han encontrado como granos aislados de un tamaño entre 15 y 50 μm . También se han reconocido pequeños cristales ricos en hierro (presumiblemente hematites, cuantificados en un 5% por XRD), que se concentran en el interior de los filosilicatos dispuestos paralelamente a los planos basales, o en pequeños agregados en la matriz, con un tamaño muy pequeño, aproximadamente de 2-5 μm (fig. 153.C).

Se han identificado algunas fases minerales no observadas por POM, como son la hercinita (fig. 153.C) en granos de grandes dimensiones, llegando a los 70 μm , además de la presencia de zircones de alrededor de 20 μm . También se han encontrado granos con un

tamaño sobre 20 μm de feldespato bastante alterado con inclusiones de ilmenita (fig. 153.E), así como sucedía en el yacimiento Diezma gris 1 (figs. 96.A y 96.B).

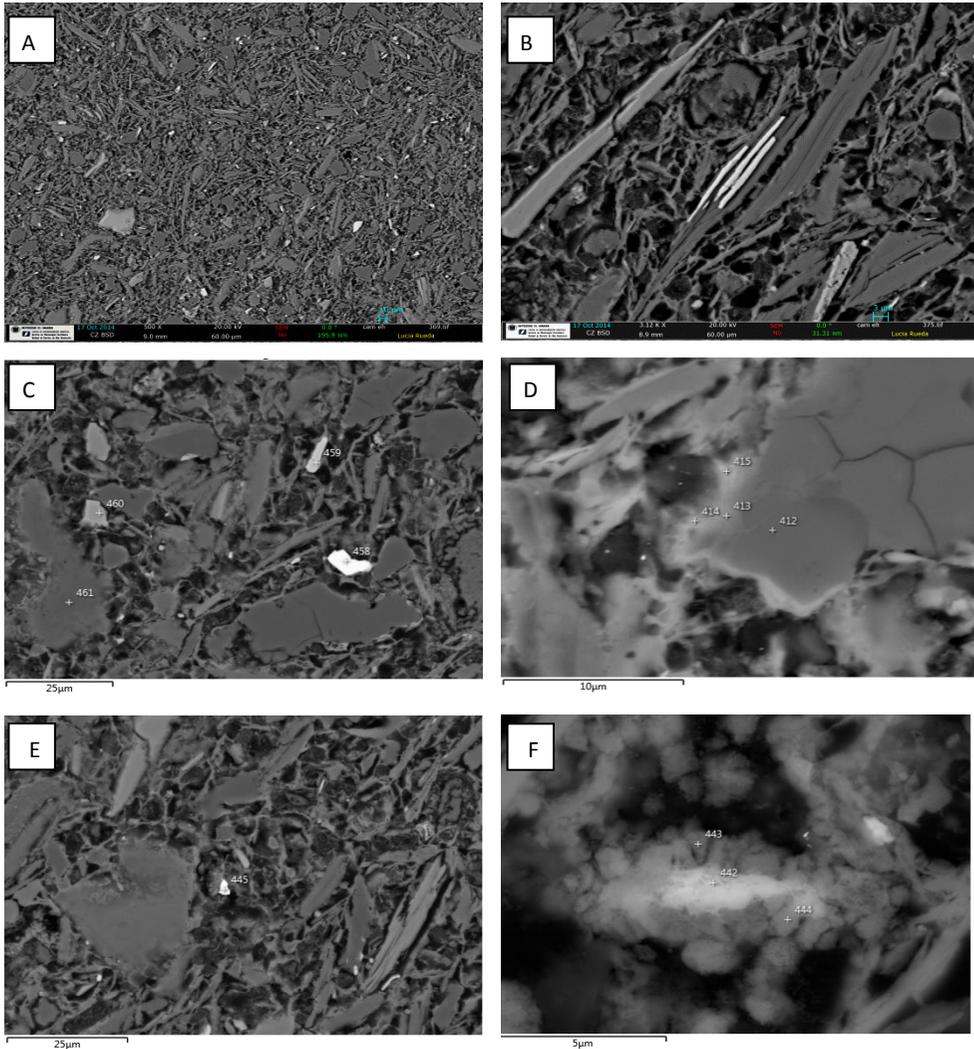


Figura 154. Imágenes de HRSEM de la obra *Ecce-Homo* (CAM-EH). **A** – CAM-EH imagen general, donde se observa la porosidad, tamaño de grano y puentes de unión entre granos. **B** – CAM-EH morfología de los filossilicatos e inclusiones de ilmenita en sus planos basales. **C** – CAM-EH granos de apatito (458), hematitas (459) y rutilo (460) y bordes de reacción de cuarzo en gehlenita ante la abundante presencia de carbonatos en el entorno. **D** – CAM-EH grano de cuarzo de pequeño tamaño con borde de reacción de gehlenita y wollastonita. **E** – CAM-EH abundancia de antiguos granos de dolomita transformados en diópsido y presencia de granos de oro, en la imagen de 3 μm . **F** – CAM-EH grano de anhidrita con ilmenita

Ecce-Homo de los Hermanos García (CAM-EH)

En esta terracota los puentes de unión son muy abundantes, creando una masa muy bien cohesionada y, aunque se mantiene la porosidad primaria (fig. 154.A), ésta se encuentra ya en parte transformada por la fusión de la matriz, restándole angulosidad. Se ha formado porosidad secundaria de forma abundante (fig. 154.B), principalmente en el interior de los filosilicatos y en los carbonatos, muy degradados.

Las transformaciones más patentes son las de los filosilicatos, si bien por XRD aún se identifican como tales hasta en un 10%, y el cuarzo en relación con la calcita y la dolomita, formando gehlenita (figs.154.C y 154.D) y diópsido. Los antiguos granos de dolomita son muy abundantes (fig. 154.E), y aquellos de tamaño inferior a 10 μm se encuentran totalmente transformados en diópsido, lo que explica la elevada cantidad que se identifica de esta fase mineral por XRD (20% según la tabla 29). Se han identificado por EDX de forma recurrente elementos como el potasio y el cloro en los cristales de dolomita, en proporciones muy bajas, elementos químicos que había sido ya identificado por XRF (tablas 27 y 28).

En algunos casos se ha identificado la formación también de wollastonita por reacción del cuarzo con la calcita (fig. 154.D), aunque éste silicato de calcio no ha sido identificado por XRD.

Las menas metálicas están constituidas por ilmenita en un tamaño entre 10 y 25 μm con trazas de manganeso, y rutilo y hematites de tamaño algo inferior, entre 8 y 10 μm (fig. 154.C). La ilmenita también se ha encontrado en el interior de los filosilicatos, dispuesta paralelamente a los planos basales (fig. 154.B).

Se han encontrado cristales de zircón, la mayoría de ellos con un tamaño de 5 μm . También se han detectado granos de apatito de 12-50 μm de tamaño, y barita de tamaño similar.

Una fase mineral que se ha localizado de forma bastante recurrente ha sido la anhidrita (fig. 154.F), muy deteriorada, de un tamaño aproximado de 20 μm , que se encuentra en muchos casos asociada a la ilmenita, e incluso a la barita. Si bien esta fase no ha sido identificada por XRD, sí que se han cuantificado proporciones muy elevadas de azufre por XRF, concretamente 5300 ppm (tabla 29).

El mineral más significativo encontrado en esta muestra es el oro. Si bien su tamaño suele ser pequeño, entre 3 y 5 μm (fig. 154.E), se han llegado a encontrar granos de hasta 15 μm y es bastante abundante en toda la muestra.

Comentábamos en el apartado de POM que esta muestra compartía características con el yacimiento Diezma gris 3 y posiblemente con Víznar, y observando las imágenes de HRSEM de estos dos, podemos aproximar que su textura es más parecida a la de las muestras de Víznar cocidas a 950 °C (figs. 113.B, 113.D, 113.F y 113.H), por lo que podemos indicar que la temperatura de cocción de la terracota CAM-EH ronda, posiblemente, los 950 °C. Por otro lado, aunque por su composición y por la identificación de

elementos traza son muy similares, la aparición de una mayor cantidad de dolomita, anhidrita y, sobre todo, oro apunta que la procedencia de la arcilla no es la misma.

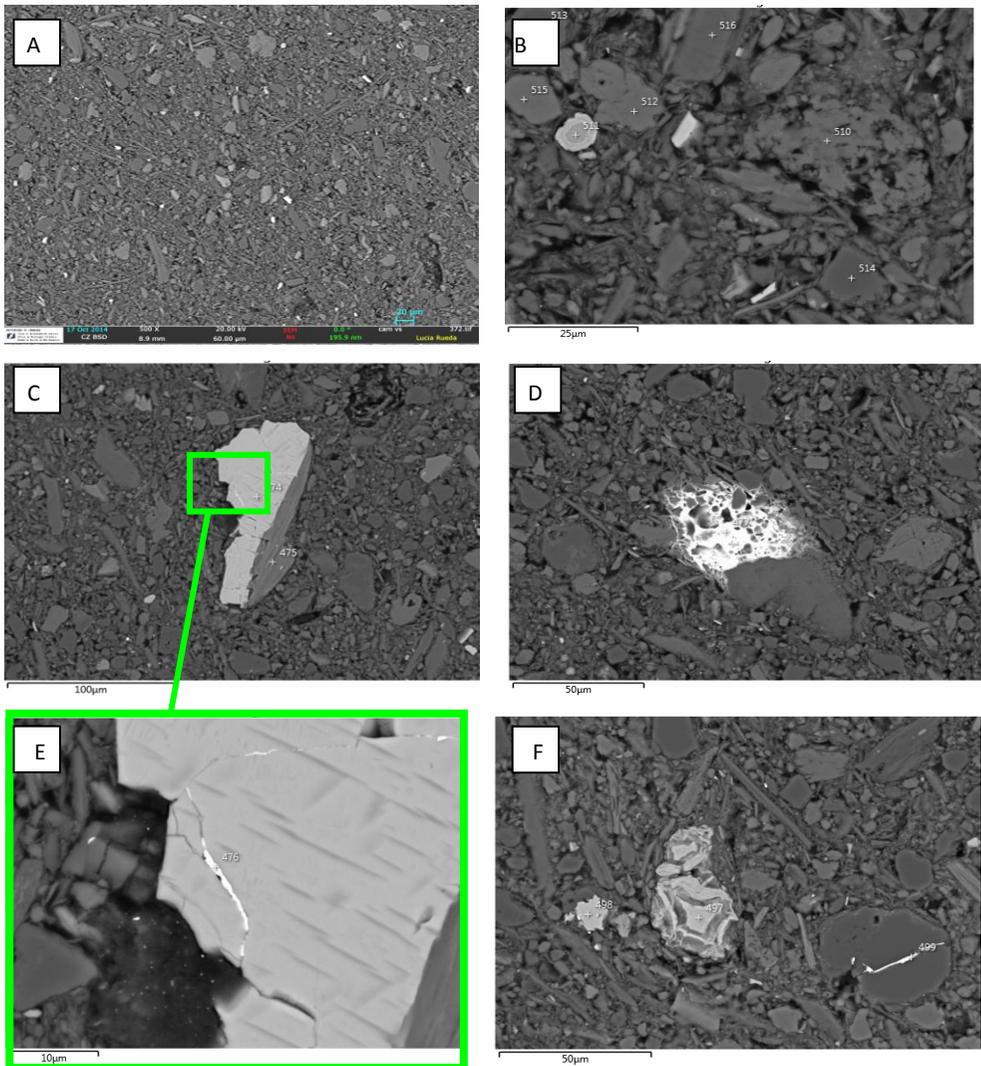


Figura 155. Imágenes de HRSEM de la obra *Virgen del Carmen con San Simón Stock* (CAM-VS). **A** –CAM-VS imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – CAM-VS detalle de la fusión de los filosilicatos, aspecto de la calcita (510, 512 y 515), un grano de hematites (511), y granos de antiguas dolomitas (513 y 514). **C** – CAM-VS asociación de ilmenita en un filosilicato, con una veta de oro en su interior, aspecto de una antigua dolomita y pequeños granos de hematites y rutilo. **D** –CAM-VS galena asociada a un filosilicato. **E** –CAM-VS detalle de 155.C: veta de oro en la ilmenita. **F** – CAM-VS granos de hematites (en el centro), ilmenita (izquierda) y veta de oro en un grano de cuarzo (derecha)

Virgen del Carmen con San Simón Stock, Diego de Mora (CAM-VS)

La textura de esta muestra parecía muy similar a la anterior mediante la observación por POM, y sin embargo, a mayores aumentos se aprecian claras diferencias. El grado de unión entre granos es algo más escaso y la porosidad es principalmente primaria, de aspecto irregular (fig. 155.A). Sin embargo, por XRD la proporción de material fundido es similar a CAM-EH (15%).

Los filosilicatos, incluso los de menor tamaño, tienen un aspecto más cristalino (fig. 155.B) y la porosidad secundaria se ha desarrollado principalmente en los carbonatos. Los de menor tamaño (inferior a 10 μm) presentan un aspecto esponjoso, altamente degradado, los de tamaño intermedio mantienen su forma externa prácticamente intacta, aunque presentan en su interior poros redondos y regulares de tamaño muy pequeño, debido a la expulsión de CO_2 , y los de tamaño más grande apenas han desarrollado esta porosidad secundaria (figs. 155.B, nº 510, 512, 513 y 514, y 155.C, zona inferior izquierda). Estas apreciaciones corroboran los valores obtenidos por XRD, que cuantificaban los carbonatos en un 30% entre calcita y dolomita (tabla 29).

Las menas metálicas están formadas por ilmenita que se encuentra tanto en forma de grano (fig. 155.F) como asociada a los filosilicatos (fig. 155.C), presenta trazas de manganeso y tiene un tamaño comprendido entre 5 y 13 μm , aunque se encuentran granos de

hasta 150 μm de forma aislada. Se ha identificado también galena (fig. 155.D) de hasta 50 μm , y granos aislados de hematites entre 5 y 20 μm , abundantes y repartidos por toda la muestra.

Se han identificado algunas fases minerales que no se habían observado por POM, tales como zircón, muy abundante en tamaños entre 5 y 20 μm , apatito también abundante entre 10 y 25 μm de tamaño, y barita con una cristalización acicular en un tamaño de 5 μm .

Igualmente en esta muestra se ha identificado oro, aunque en este caso, además de granos de aproximadamente 5 μm , suele encontrarse como vetas en otros minerales como la ilmenita (figs. 155.C y 155.E), el cuarzo (fig. 155.F) e incluso dolomita. En todas las identificaciones por EDX se ha encontrado cobre asociado a él.

Observando la composición y características de esta muestra, además de los datos de XRF de las tablas 27 y 28 y de XRD de la tabla 29 y la presencia de elementos traza como el oro, podríamos asumir que su grado de transformación por la temperatura es menor que el de CAM-EH, pero también se percibe que su composición es realmente muy similar, de modo que es posible que la arcilla de origen sí fuera la misma, pero que el grado de cocción de esta pieza fuese menor que la de CAM-EH. Este efecto lo hemos visto claramente en las piezas ZAF y ZAM en el apartado C.2.2.3.2., dos obras del mismo taller y época que forman una pareja, y sin embargo el nivel de cocción es claramente diferente, cambiando sus características texturales.

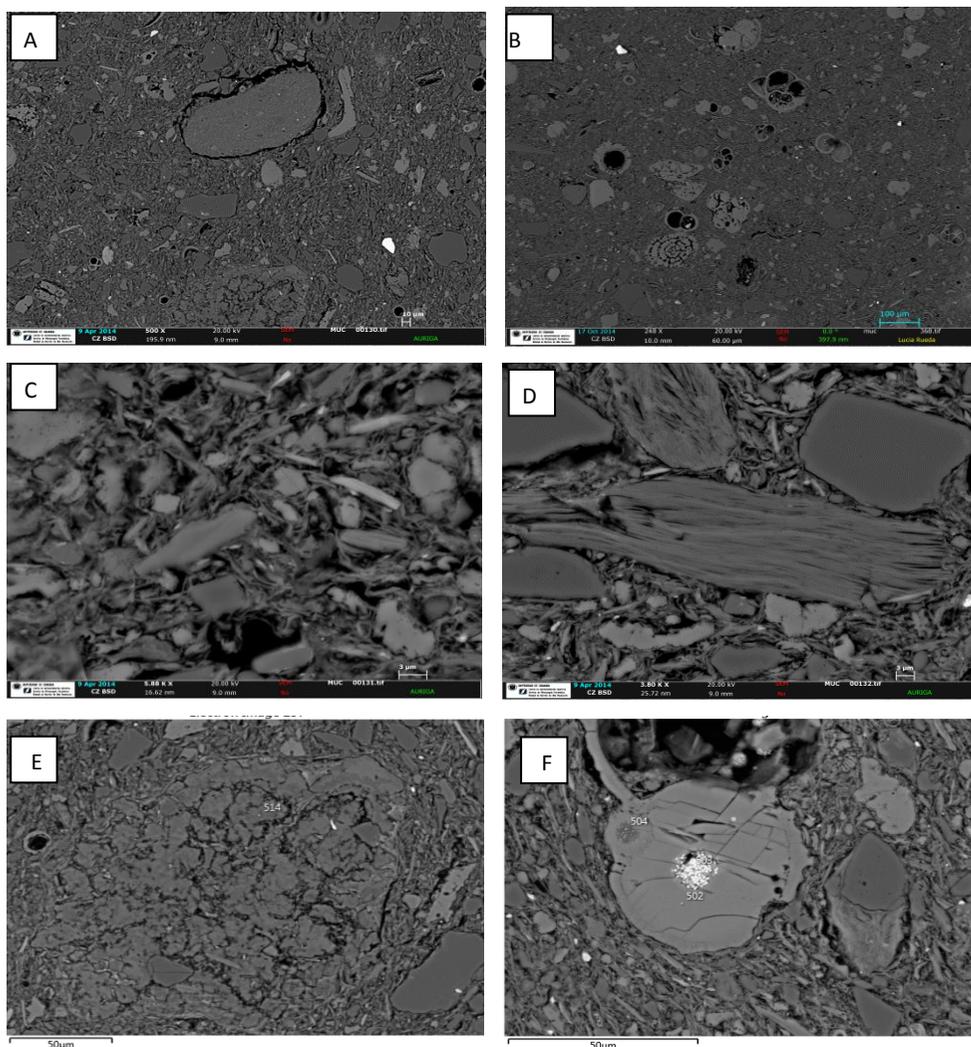


Figura 156. Imágenes de HRSEM de la obra *Cristo Caído* (MUC). **A** – MUC imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – MUC abundancia de microfósiles, identificados principalmente como globigerinas y foraminíferos. **C** – MUC detalle de la formación de puentes de unión entre granos, principalmente por la fusión de los filosilicatos de menor tamaño; también se observa la acusada formación de porosidad secundaria de los carbonatos (superior izquierda) y los bordes e reacción alrededor de los granos de cuarzo, formando gehlenita (inferior centro). **D** – MUC detalle del aspecto de los filosilicatos de mayor tamaño (50 µm), borde de reacción en torno a los granos de cuarzo y porosidad secundaria dentro de los granos de calcita. **E** – MUC aspecto de los carbonatos de mayor tamaño (150 µm). **F** – MUC microfósil de composición calcítica transformado en gehlenita, reteniendo hierro en su interior

Cristo Caído de José de Mora (MUC)

El soporte de esta escultura presenta principalmente un tamaño de grano muy heterogéneo, como ya veíamos en POM (figs. 148.A a 148.F), que ha dado lugar a una reactividad de los granos muy diferenciada: mientras que los granos grandes de desgrasante permanecen menos alterados (figs. 156.A, 156.D, 156.E), los de menor tamaño han sufrido una transformación muy acusada, dando lugar a una fusión de la matriz más elevada (15-20% según XRD, tabla 29) y la creación de puentes de unión entre los granos que aporta trabazón a la masa (fig. 156.C).

La porosidad primaria, aunque sigue manteniendo una morfología bastante irregular y acusada, muestra bordes redondeados debido a la fusión de estos granos más pequeños y se ha formado porosidad secundaria principalmente dentro de los filosilicatos de tamaño menor de 3 μm y en los granos de carbonato (fig. 156.C) de estas mismas dimensiones.

Los filosilicatos, de tamaño muy heterogéneo, se encuentran con un grado de fusión muy escaso (figs. 156.C y 156.D), principalmente los de tamaños superiores a 50 μm , mientras que los de tamaño inferior a 3 μm están más alterados. Esto explica la identificación en concentraciones elevadas de filosilicatos según XRD, que llegan a un 15% (tabla 29).

La presencia de microfósiles es muy acusada, su tamaño general es bastante grande (superior a 50 μm , llegando hasta los 150 μm), y aún se percibe su morfología. Están poco alterados en su mayoría (fig. 156.B). Se han identificado en general como globigerinas, bivalvos y foraminíferos, y en muchos de ellos se ha identificado en su interior hierro (fig. 156.F). De ahí que se haya inhibido la formación de hematites¹⁷⁶, y que la presencia de calcita sea especialmente elevada (20-25% según XRD). También encontramos, granos de calcita de grandes dimensiones, y si bien los de menor tamaño presentan cierto grado de transformación, los superiores a 150 μm se encuentran poco degradados por la temperatura de cocción (figs. 156.E y 156.F).

Se ha de destacar que, aunque por XRD no se ha identificado gehlenita, se observan delgados bordes de reacción en los granos de cuarzo (fig. 156.C) y algunos de los microfósiles también han sido identificados como gehlenita por EDX (fig. 156.F).

Las menas metálicas se han identificado como ilmenita, en la mayoría de los casos con trazas de manganeso, de dimensiones homogéneas entre los 20 y 50 μm , y algunos granos de oxi-hidróxidos de hierro asociados a los filosilicatos.

Se han registrado algunas fases minerales no reconocidas por XRD ni POM, como por ejemplo zircones, bastante abundantes y de tamaños cercanos a los 30 μm . Algo más escasa es la presencia de barita, que suele alcanzar los 30 μm , y del mismo modo se ha identificado apatito entre los 25 y 60 μm , a veces como granos y a

¹⁷⁶ CULTRONE et alii 2001

*Determinación de la propuesta y su aplicación. Probetas y obra real.
Estudios del protocolo de actuación sobre obra real*

veces asociado a los filosilicatos. También se han encontrado granos de anhidrita muy alterada de dimensiones bastante grandes, 100 μm .

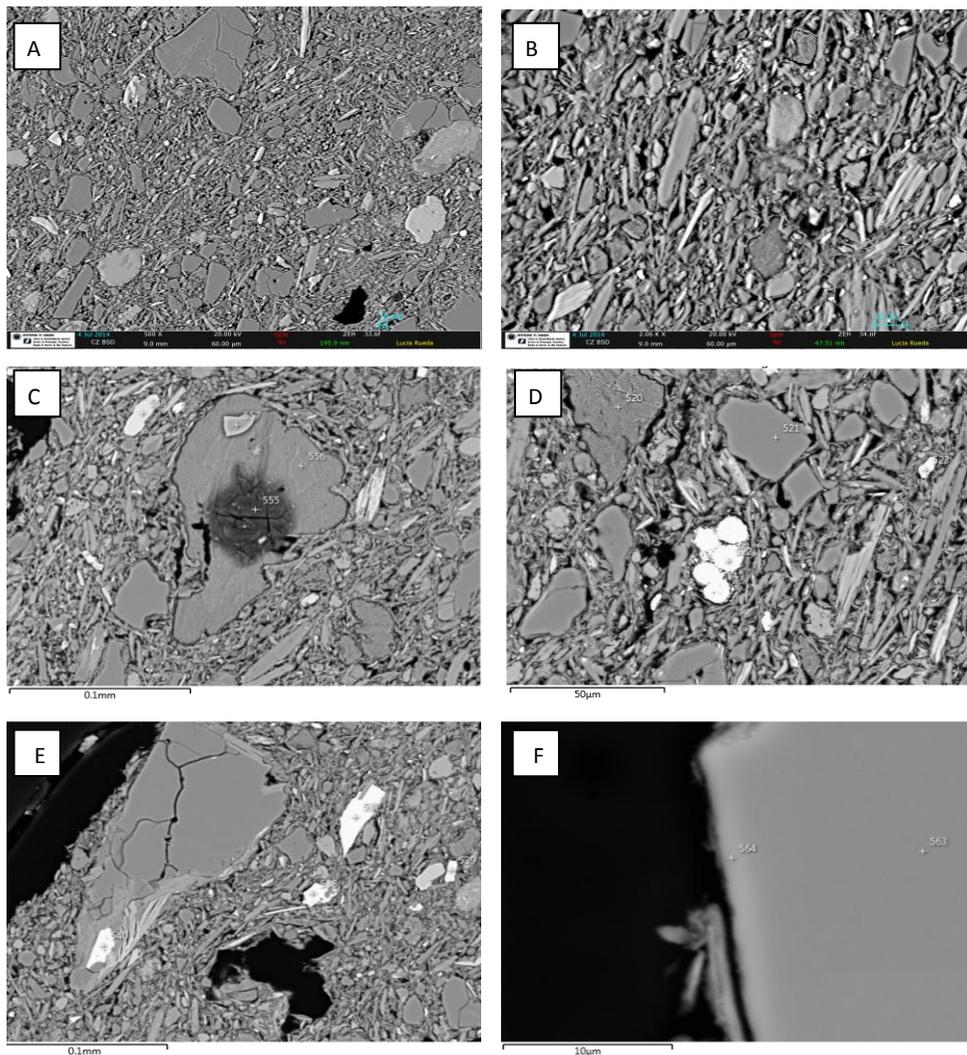


Figura 157. Imágenes de HRSEM de la obra *Ecce-Homo* (ZEH). **A** – ZEH imagen general, donde se observa la heterogeneidad de grano, la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – ZEH detalle del aspecto de los carbonatos, grado de fusión de los filosilicatos y orientación de los mismos, y formación de bordes de reacción compuestos por gehlenita. **C** – ZEH grano de antigua dolomita en proceso de transformación donde se aprecia la acumulación de magnesio en el interior y calcio en el exterior del grano; también se observa un grano de apatito en la zona superior izquierda de la imagen (558). **D** – ZEH aspecto de los carbonato (520) y las plagioclasas (521); grano de hierro en el centro. **E** – ZEH tamaño máximo de grano, en este caso un cuarzo, con una inclusión de ilmenita (540); a su derecha se observan otra ilmenita de mayor tamaño (537), un grano de apatito (538) y en el extremo derecho de la imagen, un rutilo (539). **F** – ZEH detalle sobre la escasa formación de bordes de reacción en el cuarzo, si bien se ha analizado por EDX el inicio de formación de gehlenita

Ecce-Homo la Zubia (ZEH)

Aquí los puentes de fusión entre granos no parecen ser muy abundantes, cuantificándose la materia amorfa, de hecho, en un 10% según XRD (tabla 29), si bien es una proporción más que suficiente para asegurar la trabazón de los granos (fig. 157.B). Los filosilicatos de tamaño inferior a 20 μm presentan un grado de fusión elevado (figs. 157.B y 157.D), lo cual justifica que por XRD se haya cuantificado apenas un 10% de filosilicatos.

La porosidad es principalmente primaria, heterogénea en tamaño y de morfología irregular, poco transformada por efecto de la temperatura de cocción (figs. 157.A y 157.B) y en ocasiones se han localizado fisuras intergranulares, aunque de poca envergadura (fig. 157.D). Solamente se ha podido apreciar la formación de una porosidad secundaria en el interior de los carbonatos debido a la descomposición del propio carbonato (fig. 157.E).

En general, los carbonatos de dimensiones mayores de 10 μm , que son la mayoría, se encuentran en un bajo grado de transformación, manteniendo aún su morfología; si bien en el interior, principalmente en la calcita, se observa ya una textura esponjosa debido al escape de CO_2 durante la cocción (fig. 157.D). Los granos de dimensiones superiores a los 50 μm muestran un grado de transformación menor, y de hecho han sido cuantificados por XRD en un 30% (tabla 29), y los de tamaño inferior se encuentran muy alteradas, formando parte

de la materia fundida (fig. 157. B). La dolomita, por otra parte, es principalmente de tamaño grande, llegando a 200-300 μm en algunos casos (fig. 157.E). En su transformación se observa un núcleo rico de magnesio y una aureola externa compuesta por calcita (fig. 157.C), producida por la difusión de Ca hacia el borde de neoformación de gehlenita.

Aunque por XRD no se ha cuantificado la presencia de fases neoformadas, más que trazas que podrían identificarse como dióxido, sí que se ha detectado por EDX el inicio de formación de gehlenita en los bordes de grano entre filosilicatos y cuarzo con los carbonatos (figs. 157.D y 157.F).

Las menas metálicas son abundantes, y se componen principalmente de ilmenita con trazas de vanadio, en tamaños muy variables entre 40 y 150 μm , bien como granos o bien asociada a filosilicatos (fig.157.E). También encontramos rutilo, bastante más escaso, igualmente de tamaño heterogéneo entre 10 y 150 μm , y de hematites con trazas de manganeso, de iguales dimensiones.

Mediante EDX también se ha identificado apatito (figs. 157.C y 157.E) en dimensiones muy variables entre 10 y 200 μm .

C.2.2.4.2. Talleres barristas granadinos

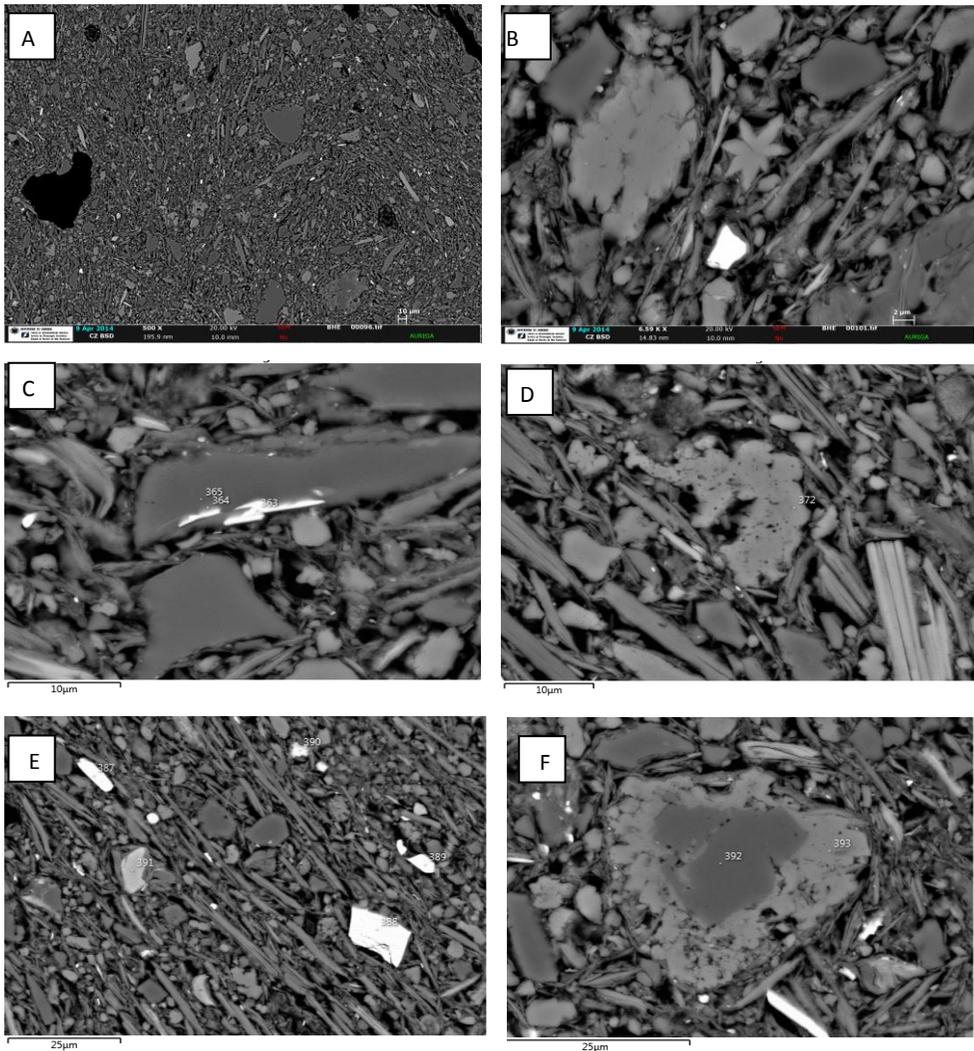


Figura 158. Imágenes de HRSEM de la obra *Huída a Egipto* (BHE). **A** – BHE imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – BHE escasa fusión de los filossilicatos, aspecto de los carbonatos y presencia de microfósiles, identificados como algas. **C** – BHE ilmenita en un grano de cuarzo, morfología de los granos de cuarzo, sin borde de reacción. **D** – BHE detalle del aspecto cristalino de los filossilicatos, y formación de porosidad secundaria en algunos carbonatos. **E** – BHE orientación de los filossilicatos, granos de ilmenita (387, 389, 390), hematitas (388) y apatito (391). **F** – BHE proceso de transformación de una dolomita, concentrando el magnesio en el interior del grano y el calcio en el exterior

Huída a Egipto (BHE)

Esta muestra presenta una elevada falta de cohesión general, como ya veíamos en las imágenes de POM (figs. 150.A a 150.F), y a mayores aumentos podemos identificar más claramente las causas: la cantidad de fundido es muy escaso y los puentes de unión entre granos no aportan la trabazón suficiente a la terracota (fig. 158. E). Incluso los filosilicatos de tamaño más pequeño presentan un aspecto intacto (figs. 158.B, 158.C y 158.D) y tan sólo los carbonatos muestran algo más de descomposición (fig. 158.D, zona superior).

La porosidad es primaria, de formas angulosas e irregulares tanto en los poros de mayor tamaño (fig. 158.A) como en los de menor tamaño (fig. 158.D) y apenas se observa la formación de una porosidad secundaria en el interior de los carbonatos, sobre todo en los de tamaño inferior a 3 μm (fig. 158.D).

La proporción de filosilicatos y plagioclasas de aspecto cristalino es muy elevada visualmente, y no solamente en aquellos de tamaños más grandes, como sucedía en las muestras anteriores, sino incluso en aquellos de dimensiones reducidas (3-5 μm). En la figura 158.D se observa perfectamente la presencia de pequeños granos de filosilicatos más pequeños incluso de 2 μm , que rodean granos de carbonatos y cuarzos sin presentar fusión parcial o trabazón alguna, e incluso los granos de cuarzo no presentan borde de reacción. Este es el mismo caso de los carbonatos de tamaño superior a los 10 μm ,

que aunque han sufrido el desarrollo de una porosidad secundaria por el escape de CO₂ durante su transformación, mantienen su forma externa. En esta misma imagen sí observamos que los carbonatos de dimensiones más reducidas (zona superior de la figura) se han descompuesto más, adquiriendo un aspecto esponjoso. Este comportamiento varía ligeramente de unas zonas a otras de la muestra, encontrando acumulaciones de filosilicatos y carbonatos de grano fino que han formado grumos más densos.

Se han localizado algunos microfósiles, si bien son muy escasos, identificados como algas (fig. 158.B), e igualmente se han encontrado algunas dolomitas (fig. 158.F), con un proceso de transformación parcial, en el que se ha comenzado a acumular el magnesio en el interior, formándose una aureola rica en calcio en el exterior.

Las menas metálicas están principalmente compuestas por ilmenita, a veces como granos independientes (fig. 158.E) de 15 µm aproximadamente, o bien asociados a filosilicatos (fig. 158.C). También hay algunos granos de hematites (fig. 158.E), aunque muy escasos.

Se han identificado por EDX otras fases minerales, como zircón, hercinita y apatito de pequeño tamaño (5-20 µm), y también anhidrita, aunque muy escasa y de dimensiones homogéneas, alrededor de los 20 µm.

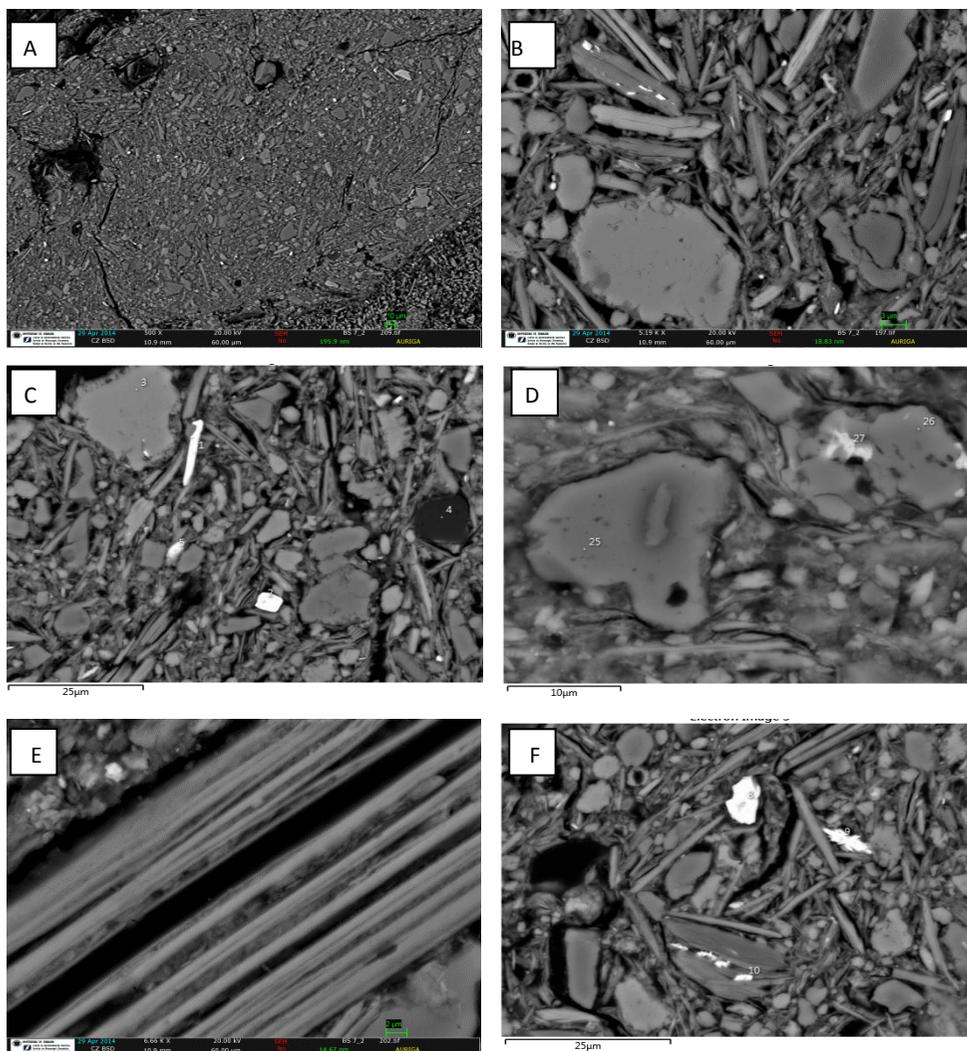


Figura 159. Imágenes de HRSEM de la obra *Sacramentos* (BS 7-2). **A** – BS 7-2 imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos, formación abundante de fisuras y pérdida de granos, vitrificación zonada de la matriz. **B** – BS 7-2 detalle de la escasa fusión de los filosilicatos, la formación de fisuras siguiendo sus planos basales, morfología de los carbonatos y filosilicatos. **C** – BS 7-2 granos de ilmenita (1 y 5), apatito (2), calcita (3) y dolomita (4). **D** – BS 7-2 grado de fusión de las zonas más densas, morfología de las dolomitas (25), y la inclusión de ilmenita (27) en un grano de cuarzo (26). **E** – BS 7-2 detalle del aspecto de un filosilicato de gran tamaño. **F** – BS 7-2 identificación de granos de hematites (8), barita (9), e inclusión de ilmenita en un filosilicato (10)

Sacramentos (BS7-2)

Esta terracota es una de las que sufrían problemas de descohesión importantes, zonas diferenciadas de mayor o menor fusión de la matriz y formación de fisuras y grietas (fig. 159.A). Todo esto lo podemos observar también por HRSEM, y de hecho se pueden diferenciar aquellas zonas donde la matriz está más fundida (159.D) de las que los puentes de unión entre granos son muy escasos (159.B).

La porosidad es principalmente primaria, y mantiene en general su forma irregular (fig. 159.B); en el interior de algunos carbonatos se ha iniciado el desarrollo de una porosidad secundaria.

En general, se puede afirmar que el estado de los filosilicatos es bastante cristalino en todos sus tamaños en las zonas de menor cohesión (figs. 159.B, 159.C, 159.E y 159.F), si bien en zonas localizadas de mayor vitrificación, los de tamaño inferior a 10 μm han experimentado cierto grado de fusión (fig. 159.D). Esto puede explicar por qué sólo se ha detectado un 15% de filosilicatos según XRD (tabla 29).

Los carbonatos son muy abundantes en esta muestra, de tamaños comprendidos principalmente entre 5 y 20 μm (figs. 159.B y 159.C), aunque también encontramos algún grano aislado de dolomita (fig. 159.D), también comprendidas en estas dimensiones. Su grado de

transformación no es muy elevado en los granos de mayor tamaño, presentando principalmente un borde de reacción más granuloso. No obstante, los carbonatos de tamaños inferiores a 3 μm sí se encuentran ya descompuestos, siendo este efecto más acusado, de nuevo, en aquellas zonas de mayor fusión.

Las menas metálicas están constituidas por ilmenita con trazas de manganeso, que encontramos tanto como granos de 6 a 10 μm , como asociada a cuarzo (fig. 159.D) y filosilicatos (159.F). También se han identificado algunos granos de rutilo de aproximadamente 6 μm y hematites muy escasos (fig. 159.F) en pequeños granos de 8 μm .

Otras fases minerales identificadas por EDX han sido apatito, repartido por toda la muestra en granos de 6 μm , y barita (fig. 159.F) de forma acicular.

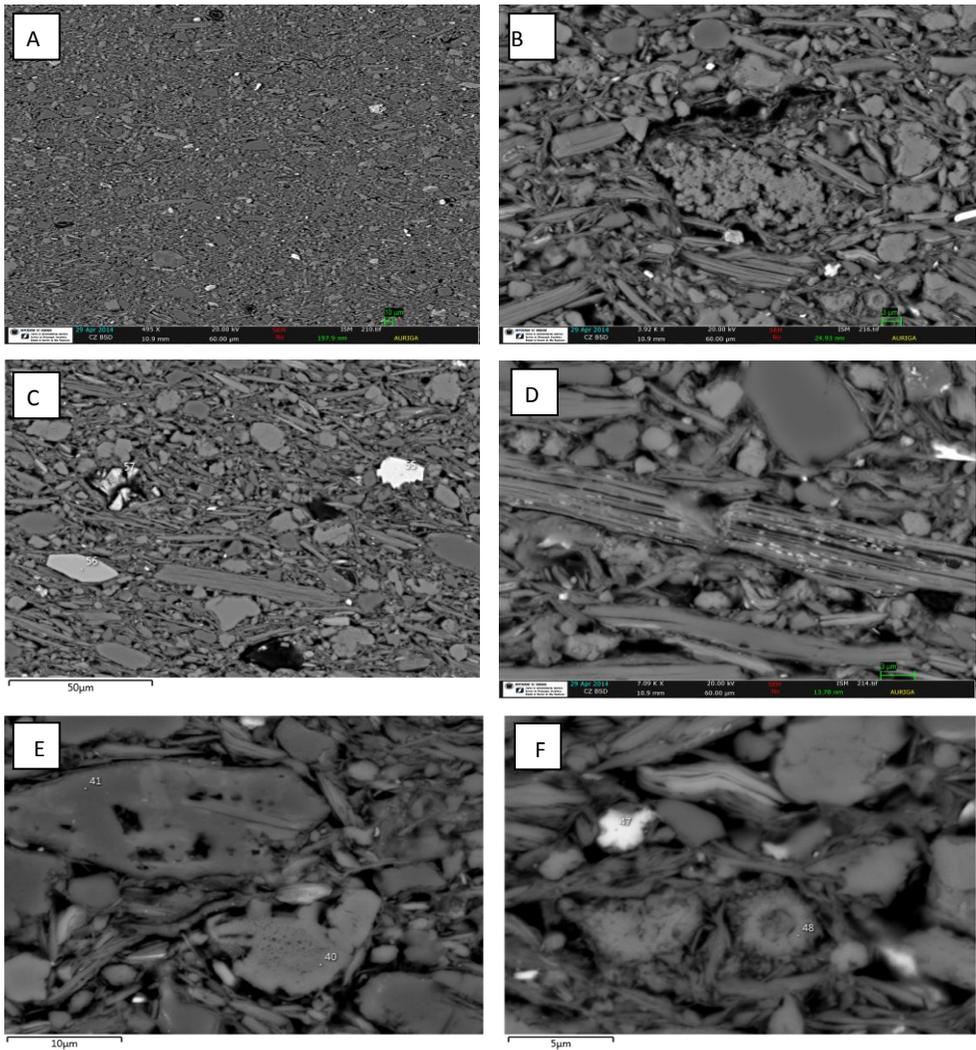


Figura 160. Imágenes de HRSEM de la obra *San Miguel de Sotomayor* (ISM). **A** –ISM imagen general, donde se observa la heterogeneidad del grano, la porosidad escasa y los puentes de unión entre granos. **B** –ISM detalle de la fusión de los filosilicatos de menor tamaño, aspecto de los carbonatos y pequeños granos de ilmenita, abundante en toda la muestra. **C** – ISM granos de antiguas dolomitas en tono oscuro, ilmenita de tamaño intermedio, 20 μm (55), rutilo (56) y hematites (57). **D** – ISM filosilicato de gran tamaño con hematites interestratificada, y aspecto más fundido de los filosilicatos que la engloban. **E** – ISM formación de porosidad secundaria en la calcita (40). **F** – ISM estado de degradación más acusado de las calcitas más pequeñas, transformadas en gehlenita, detalle de la cohesión de la terracota, y presencia de grano de hematites (47)

San Miguel taller de Sotomayor (ISM)

En esta escultura la unión entre granos por puentes de fusión no parece muy acusada, permaneciendo los filosilicatos con un aspecto bastante cristalino incluso a tamaños pequeños (figs. 160.B y 160.C). No obstante, la vitrificación es suficiente para mantener una buena trabazón entre los granos (fig. 160.A) y, de hecho, según XRD, la cantidad de materia fundida es de un 20%. Esto se corrobora al observar la muestra a mayores aumentos (figs. 160.D y 160.E), donde es apreciable que la vitrificación es homogénea y continua, y que los filosilicatos de tamaño menor a 20 μm ya están parcialmente fundidos, lo cual justifica que por XRD se haya cuantificado apenas un 10% de filosilicatos.

No obstante, la porosidad es primaria, con una morfología irregular y poco transformada por efecto de la temperatura de cocción (figs. 160.B, 160.C, 160.D, 160.E y 160.F), si bien en el interior de los carbonatos, principalmente, se ha formado abundante porosidad secundaria de forma pequeña y redondeada, causada por la descomposición del propio carbonato (fig.160.E).

En la figura 160.B podemos ver que los carbonatos de tamaño inferior a 10 μm han perdido su morfología típica y se encuentran muy degradados, con una textura esponjosa, y de hecho algunos de ellos se encuentran totalmente transformados en gehlenita (fig. 160.F). No obstante, los de tamaños superiores presentan un grado de transformación menor e, igualmente, han sido cuantificados por XRD en un 30-35% (tabla 29), si bien la dolomita es mucho más escasa que la calcita.

Las menas metálicas son especialmente abundantes en esta terracota, y se componen, como las demás muestras que se han estudiado, de ilmenita, en tamaños de 3 a 20 μm , rutilo de 3 a 5 μm , y de hematites con trazas de manganeso, en un tamaño homogéneo de 10 a 15 μm . Esta última se encuentra a menudo en los planos basales de los filosilicatos (fig. 160.D) además de en granos (figs. 160.C y 160.F).

Mediante EDX se han identificado otras fases minerales no observadas por POM, como la barita (fig. 160.C), que se encuentra en la muestra de forma recurrente en dimensiones de 6 μm , y zircones aproximadamente de 100 μm .

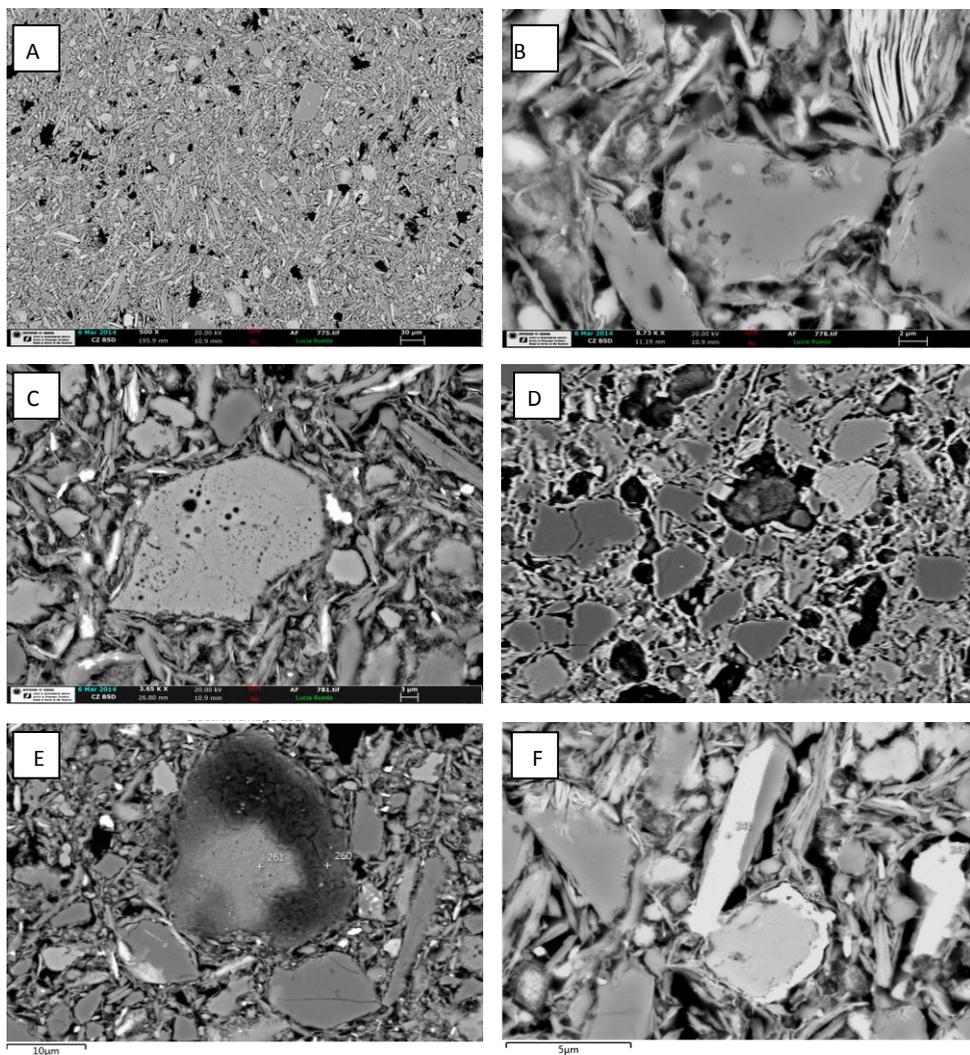


Figura 161. Imágenes de HRSEM de la obra *Ánima Femenina* (ZAF). **A** –ZAF imagen general, donde se observa la porosidad, abundante y homogénea y los puentes de unión entre granos. **B** – ZAF detalle del grado de fusión de la matriz, el aspecto de los filosilicatos deshidroxilados y abundancia de carbonatos en la matriz. **C** – ZAF formación de porosidad secundaria en el interior de un antiguo grano de calcita, sin borde de reacción. **D** –ZAF detalle de una zona especialmente rica en calcio, que ha provocado la formación más abundante de gehlenita en torno a los granos de cuarzo. **E** – ZAF uno de los escasos granos de antiguas dolomitas, que presenta una zona más clara, menos alterada y otra zona más oscura compuesta por gehlenita según EDX. **F** – ZAF grano de ilmenita combinada con un filosilicato (241), junto a una gehlenita que retiene hierro en su estructura (242) y un grano de titanita (243)

Ánima Femenina de La Zubia (ZAF)

En esta obra los puentes de fusión entre granos no aparentan ser muy abundantes, reduciéndose la vitrificación a los filosilicatos de tamaño más pequeño y cuantificándose la materia amorfa, de hecho, en un 10% según XRD (tabla 29), aunque es una proporción más que suficiente para asegurar la solidez de la masa (fig. 161.A). Los filosilicatos de tamaño inferior a 20 μm están bastante fundidos (figs. 161.B, 161.C y 161.F), y al ser éste el tamaño más habitual, se justifica que por XRD se haya cuantificado apenas un 5% de filosilicatos, ya que sólo los de grandes dimensiones siguen manteniendo su estructura intacta (fig. 161.B).

La porosidad es abundante, de forma irregular y tamaño bastante homogéneo, repartida por toda la muestra (fig. 161.A). Se aprecia la formación de una porosidad secundaria en el interior de los carbonatos debido a la descomposición de los mismos (figs. 161.C y 161.E). Se identifica principalmente calcita, que muestra un nivel de transformación bastante avanzado a tamaños inferiores a 10 μm , con una textura esponjosa y degradada, y con un incipiente borde de reacción (161.B). En los granos de calcita de mayor tamaño, se mantiene su forma externa, pero en el interior se observan abundantes poros redondeados (fig. 161.C). La dolomita, muy escasa, también da muestra de transformación por el calor (fig. 161.E) y, de hecho, aunque por XRD no se identifique, mediante EDX se ha apreciado la formación de gehlenita en su zona

externa. También se ha detectado esta fase de neoformación en el borde de grano de algunos cristales de cuarzo, localizados en una zona rica en carbonatos (fig. 161.D).

Es destacable la abundante presencia plagioclasas de tipo anortítico, que han retenido en su borde de grano gran cantidad de calcita. Éstas han sido identificadas por XRD en un 15% (tabla 29) y parte de ellas eran ricas en calcita (fig. 136).

Las menas metálicas se componen, como en el resto de muestras, principalmente de ilmenita, que en grano alcanza un tamaño de 20 μm ; mientras que asociada a filosilicatos suele tener unas dimensiones de 10 μm . Igualmente encontramos rutilo y hematites, bastante más escasos y en un tamaño muy pequeño, entre 2,5 y 10 μm . En esta terracota aparece por primera vez la titanita como fase mineral característica, si bien no es muy abundante, en tamaños alrededor de 10 μm .

Mediante EDX se han identificado de forma ocasional apatito de dimensiones muy pequeñas, 5 μm , y zircones de hasta 10 μm .

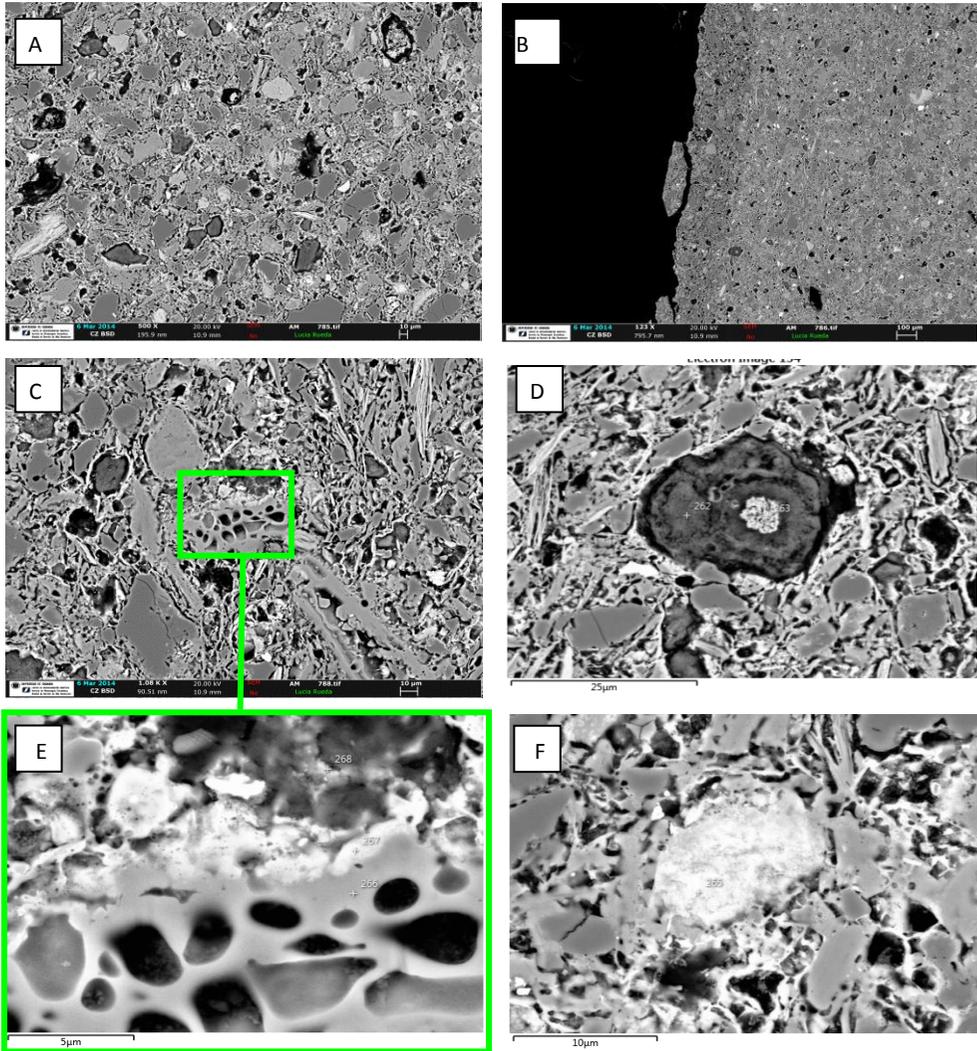


Figura 162. Imágenes de HRSEM de la obra *Ánima Masculina* (ZAM). **A** – ZAM imagen general, donde se observa la porosidad y puentes de unión entre granos. **B** – ZAM detalle de la formación de una superficie más cohesionada en el borde de la muestra. **C** – ZAM aspecto muy fundido de los filossilicatos, formación de fisuras en todo el perímetro de los antiguos granos de dolomita y formación de borde de reacción alrededor de los granos de cuarzo, compuesto por gehlenita. **D** – ZAM transformación total de un antiguo grano de dolomita en diópsido (262) a excepción del núcleo interno rico en calcita; se observa también la abundancia de gehlenita en el borde de reacción con el cuarzo. **E** – ZAM detalle de 162.C, formación de gehlenita y diópsido en el contacto entre dolomita y filossilicatos y porosidad secundaria de pequeño tamaño. **F** – ZAM hematitas con trazas de manganeso asociado a gehlenita

Ánima Masculina de La Zubia (ZAM)

Esta obra, que forma pareja con la anterior, presenta una mayor cantidad de puentes de fusión entre granos y un grado de vitrificación de la matriz más acusado, lo que ya se reflejaba tanto en XRD (15%) como en POM. Los filosilicatos se encuentran muy transformados por el efecto de la cocción, encontrándose completamente fundidos aquellos de tamaño menor de 10 μm , y presentando los de tamaño inferior a 20 μm parcialmente fundidos (fig. 162.D). Al ser éste el tamaño más habitual, se justifica que por XRD se haya cuantificado apenas un 5% de filosilicatos, ya que sólo los de grandes dimensiones siguen manteniendo su estructura intacta (fig. 162.A y 162.C).

La porosidad es principalmente secundaria, de morfología celular y muy abundante a mayores aumentos (fig. 162.E), si bien aquellos poros más grandes aún se mantienen, con los bordes suavizados por la vitrificación (162.A).

Los carbonatos se encuentran muy transformados, sin identificarse ya por XRD, y presentan en su mayoría una textura esponjosa y degradada, hasta casi desaparecer el grano y mostrándose únicamente el borde de reacción con la matriz (fig. 162. C y 162.E). Estos bordes de reacción se componen por gehlenita y diópsido en menor grado, cuantificados por XRD en un 15% y 5%, respectivamente (tabla 29).

Es destacable que ya a esta temperatura todas las plagioclasas son de composición anortítica, como se identificaba por XRD (fig. 137) y como ahora corroboran los análisis por EDX.

Las menas metálicas son las mismas identificadas en ZAF, aunque en este caso se observa de manera abundante la asociación de la gehlenita con el hierro (fig. 162.F), y se han identificado también algunos granos de hercinita de aproximadamente 20 μm .

Mediante EDX se han identificado también apatito, de forma aislada y dimensiones muy pequeñas, 5 μm , y zircones de hasta 10 μm .

C.2.2.4.3. Artistas externos

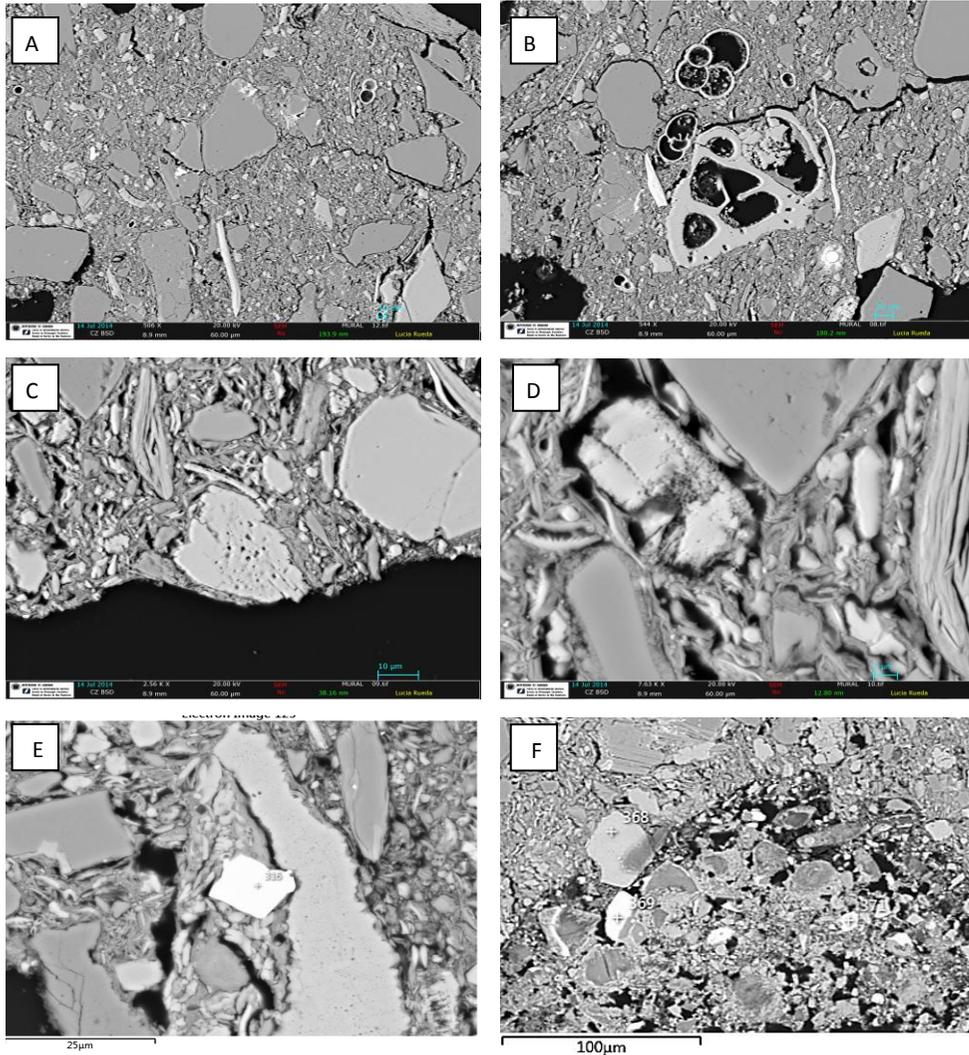


Figura 163. Imágenes de HRSEM de la obra Mural de Francisco Baños (JM). **A** – JM imagen general, donde se observa la heterogeneidad del tamaño de grano y la formación de fisuras. **B** – JM detalle de la presencia de microfósiles (globigerinas y foraminíferos) y formación de porosidad secundaria dentro de una plagioclasa (abajo a la derecha). **C** – JM identificación de un bivalvo y aspecto de filossilicatos de tamaño de 10 μm , con planos basales muy marcados, si bien sufren la formación de abundante porosidad secundaria. **D** – JM degradación de un carbonato de pequeño tamaño y formación de aureolas de reacción alrededor de los de filossilicatos, cuarzos y carbonatos, identificadas principalmente como gehlenita. **E** – JM identificación de un grano de zircón (316) y formación de porosidad secundaria en un carbonato de gran tamaño. **F** – JM- identificación de un grano de apatito de grandes dimensiones (368), y formación de wollastonita alrededor de los granos de cuarzo en contacto con una zona rica en carbonatos (369 y 371)

Mural Francisco Baños (JM)

Esta pieza muestra un grado de fusión entre granos muy deficiente, provocando su descohesión. La heterogeneidad de su tamaño de grano (fig. 163.A), el exceso de cuarzo, la baja cantidad de filosilicatos y la aparentemente baja temperatura de cocción han provocado esta falta de trabazón en la terracota. La porosidad es de tipo primario, variable en tamaño y abundante y no muestra una gran transformación debido a la cocción (figs. 163.A, 163.C, 163.D y 163.F).

Incluso los filosilicatos más pequeños (inferiores a 2 μm), no han sufrido una fusión total, manteniendo su forma externa (fig. 163.D) y creando muy poca cantidad de fundido (un 5% según XRD, tabla 29) que resulta claramente insuficiente para aportar la consistencia necesaria a la pieza. Los filosilicatos de mayor tamaño (50 μm) no son muy abundantes, muestran un aspecto bastante cristalino, y su borde sí ha reaccionado con la matriz de su alrededor, formándose en ellos porosidad secundaria (fig. 163.D). Esto explica que por XRD se cuantifique menos de un 5% de filosilicatos.

Los carbonatos son también relativamente escasos, un 15% según XRD, y están compuestos en su mayoría por microfósiles, identificados como globigerinas, foraminíferos y fragmentos de bivalvos (figs. 163.B y 163.C). Se aprecia que su reacción al calor no ha sido muy acusada, ya que mantiene su morfología externa

intacta, aunque sí es cierto que aquellos carbonatos de tamaño inferior a 20 μm muestran una porosidad secundaria, abundante, redondeada y de pequeño tamaño, que indica el comienzo de su transformación (fig. 163.C).

Si bien mediante XRD no se han cuantificado apenas fases neoformadas, mediante EDX se ha podido detectar la formación principalmente de gehlenita en los bordes de grano de filosilicatos y cuarzo (fig. 163.D), además de en algunos esqueletos de microfósiles que se encuentran totalmente transformados, capturando el hierro en su interior. También se ha localizado una zona concreta donde la abundancia de calcita en contacto con granos pequeños de cuarzo ha provocado la formación de wollastonita (fig. 163.F).

Las menas metálicas están formadas principalmente por oxihidróxidos de hierro, muy abundantes, en granos de tamaños comprendidos entre 3 y 25 μm si bien también se encuentran en los filosilicatos. También se ha observado la presencia de abundante rutilo con trazas de vanadio de un tamaño muy heterogéneo entre de 5 y 30 μm , y, de forma aislada, titanita e ilmenita.

Se han identificado granos de apatito comprendido entre 10 y 25 μm , llegando incluso a los 70 μm (fig. 163.F), zircones alrededor de los 15-50 μm de tamaño (fig. 163.E) y algunos granos de barita de 25-50 μm , aproximadamente. También se han localizado abundantes granos de epidota repartidos por toda la muestra, si bien en tamaños muy pequeños.

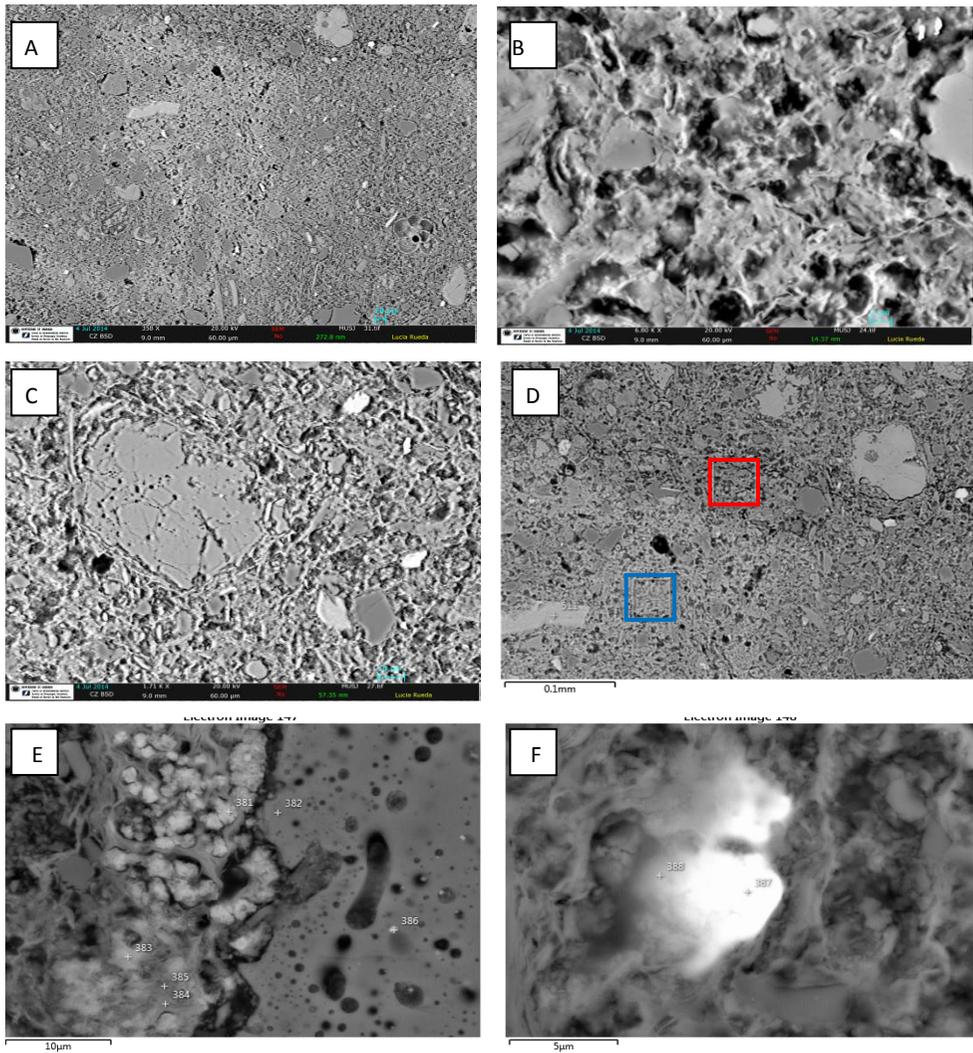


Figura 164. Imágenes de HRSEM de la obra *San José con el Niño* (MUSJ). **A** –MUSJ vista general, en la que se aprecia la porosidad regular, repartida por toda la muestra, la abundante cantidad de fundido y la diferenciación entre zonas de matriz más y menos fundida, y un foraminífero. **B** – MUSJ detalle del grado de fusión de la matriz y la abundante formación de puentes de fusión entre granos. **C** – MUSJ formación de porosidad secundaria en un carbonato, granos de ilmenita y rutilo y apreciación del borde de reacción de gehlenita alrededor de un grano de cuarzo. **D** –MUSJ se ha realizado un análisis puntual por EDX en las zonas reseñadas, y la diferencia de tonalidad y grado de fusión es debida al mayor contenido en filossilicatos (zona marcada en azul) respecto al contenido en carbonatos (marcada en rojo). **E** –Detalle a mayores aumentos de la degradación de un filossilicato con abundante porosidad secundaria, formando en su borde de contacto con un carbonato, abundante gehlenita que atrapa en su interior hierro. **F** –MUSJ grano de apatito en un filossilicato

San José de Duque-Cornejo (MUSJ)

Esta muestra presentaba en POM dos zonas de vitrificación muy diferenciadas en color y densidad, que se han podido caracterizar mediante HRSEM-EDX. En realidad la cantidad de fundido y la formación de puentes entre granos es similar en ambas zonas, que se observan como más claras y más oscuras (fig. 164.A y 164.D), siendo la cantidad de fundido muy elevada en ambas (15% según XRD, tabla 29), mediante EDX se ha identificado que las diferencias en la textura se debe a la mayor cantidad de filosilicatos en las zonas algo más vitrificadas (fig. 164.D, cuadrado azul) y al mayor contenido en carbonatos de las zonas ligeramente menos vitrificadas (fig. 164.D, cuadrado rojo).

Se hace mucho más patente la presencia de plagioclasas de composición anortítica que la de filosilicatos en sí, ya que estos últimos, que suelen ser de tamaño muy pequeño en general (10 μm), se encuentran muy fundidos y apenas se presentan con aspecto cristalino (5% según XRD, tabla 29). Por otro lado, las plagioclasas son más abundantes (10% según XRD), de tamaños mucho mayores (50-100 μm) y perfectamente identificables, a menudo asociadas a hematites. Según EDX, la cantidad de calcio en las plagioclasas es tan alto que podemos afirmar que se trata de anortita, caso que sólo se ha hecho patente en esta terracota.

Esta muestra contiene, en general, una cantidad en carbonatos muy superior al resto de muestras estudiadas hasta ahora, lo que se constataba por XRF (tabla 27) con un 27% de calcio, y por XRD (tabla 29) con un 20% de carbonato cálcico. En contraposición, también presenta cantidades muy elevadas en diópsido (15% según XRD). Esto indica que la temperatura de cocción fue elevada, debido a las fases de gehlenita, anortita, diópsido y fundido.

Existe igualmente en esta terracota una cantidad muy elevada de microfósiles, identificados de forma general como globigerinas, ammonítidos, formainíferos y spongodiscus (fig. 164.A), y muchos de ellos se han transformado en gehlenita en su totalidad, aunque por XRD no se identificó esta fase mineral. Del mismo modo, se ha constatado la presencia de gehlenita en los bordes de grano de algunos filosilicatos muy alterados (fig. 164.E) en su contacto con los carbonatos.

Las menas metálicas no son muy abundantes, correspondiéndose con los datos de XRF (tabla 27) que informaban de una cantidad de hierro muy baja (4%) al igual que de titanio (0,6%) y están compuestas principalmente por ilmenita en granos pequeños, 10 μm (fig. 164.C), con trazas de vanadio y magnesio, rutilo en tamaños superiores, entre 20 y 60 μm (fig. 164.C), y oxi-hidróxidos de hierro a menudo atrapados en la gehlenita (fig. 164.E).

Mediante XRF se había identificado unas cantidades muy elevadas de azufre (1520 ppm, tabla 29), lo cual se explica parcialmente debido a la presencia acusada de barita de tamaños aproximados de 17 μm . También se ha identificado mediante EDX apatito, muy

abundante y de grandes dimensiones, cubriendo un rango de tamaño desde 5 a 50 μm (fig. 164.F).

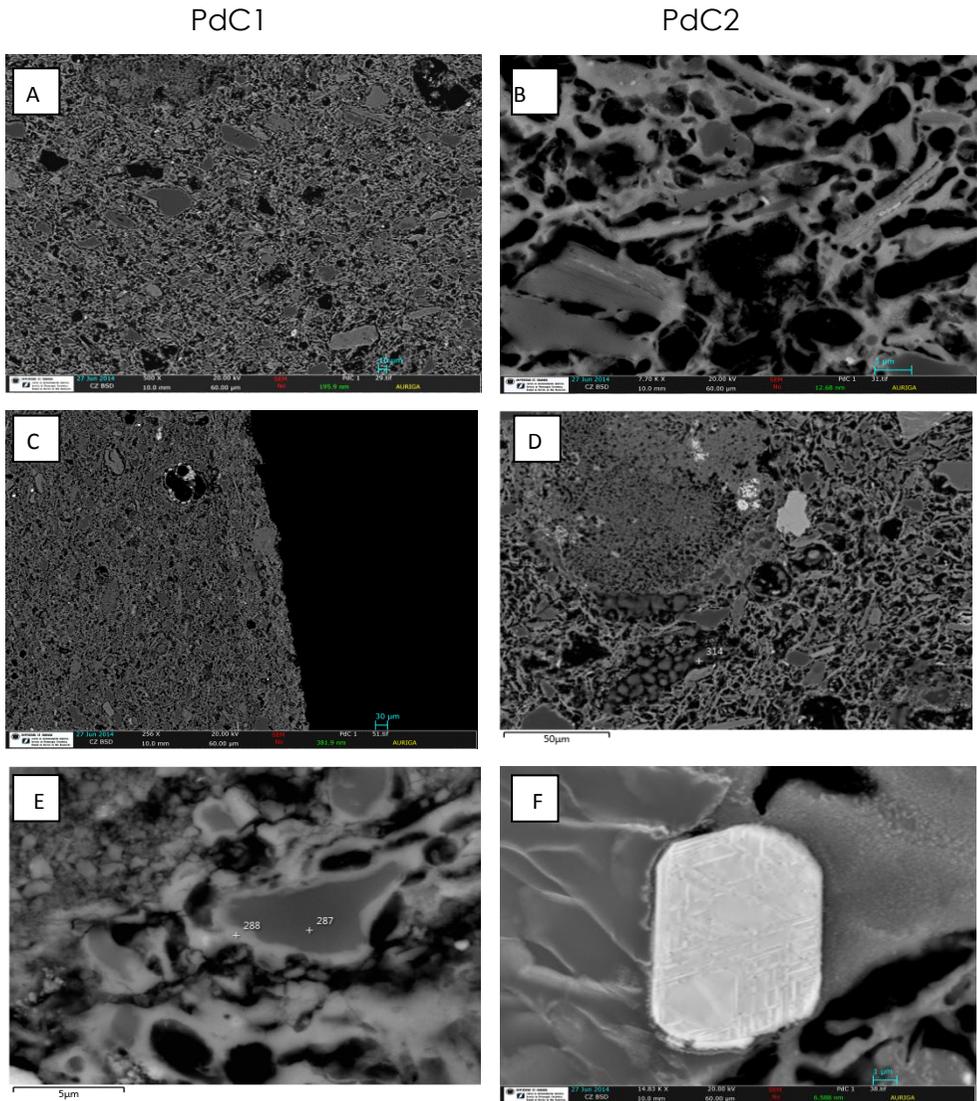


Figura 165. Imágenes de HRSEM de las obras *Virgen Inmaculada* (PdC1) y *San José* (PdC 2). **A** – PdC1 vista general de la muestra, donde se observa la porosidad de tamaños entre 5 y 20 μm y la abundancia de puentes de fusión entre granos. **B** – PdC2 Detalle de la cantidad de material fundido, tamaño medio de los granos de cuarzo (6 μm) y aspecto de los filosilicatos con desarrollo de porosidad secundaria. **C** – PdC1 composición ligeramente distinta en el borde de grano y fantasma de globigerina, reteniendo hematitas en su estructura, completamente transformada en gehlenita. **D** – PdC2 Aspecto general de los antiguos granos de carbonato de mayor tamaño, transformados en gehlenita, y presencia de hematitas retenido en el interior de uno de ellos; también observamos un grano de apatito. **E** – PdC1 formación de un borde de reacción alrededor de los granos de cuarzo en contacto con los carbonatos, formando gehlenita y wollastonita. **F** – PdC2 cristal de cromita

Inmaculada y San José de Priego de Córdoba (PdC1 y PdC2)

Estas dos terracotas, al contrario de lo que sucedía con las Ánimas masculina y femenina de la Zubia (ZAF y ZAM) son muy similares en textura y grado de transformación, por lo que se han estudiado en conjunto.

Éstas son las dos piezas que presentan mayor cantidad de material fundido, identificado tanto por los datos de XRD (que indican un 20%, tabla 29), como visualmente en las imágenes de HRSEM. La densidad general de la muestra es muy elevada, presentando una gran cantidad de puentes de fusión entre granos. La porosidad es de tipo secundario, transformando incluso la porosidad primaria de mayor tamaño (fig. 165.A, 165.B), de 20 μm . La textura y fusión de la matriz no ha provocado fisuras por contracción, y tan sólo se observa un ligero cambio de composición en el borde de la muestra por el aumento de la cantidad de carbonatos en esa zona (fig. 165.C). Se ha formado mucha porosidad secundaria en el interior de los filosilicatos y los carbonatos (figs. 165.D y 165.E).

Los filosilicatos se encuentran totalmente fundidos, sin identificarse ya por XRD (tabla 29) (fig. 165.B), mientras las plagioclasas se reconocen fácilmente, siendo cuantificadas hasta en un 10%. Éstas tienen una composición principalmente anortítica, si bien también encontramos algunos k-feldespatos de hasta 75 μm , identificados por EDX.

Los carbonatos, que debían ser muy abundantes en la arcilla cruda según se deduce por los datos de XRF, que indican un 28% de calcio (tabla 27), y se encuentran completamente transformados en cantidades muy elevadas de diópsido y gehlenita, constituyendo un 35-40% de la composición total. Esto se observa mediante HRSEM con la formación de una matriz compuesta principalmente por gehlenita, además de por fantasmas de microfósiles (globigerinas, fig. 165.C) y granos, siempre en tamaño superior a 100 μm , muy alterados de textura esponjosa que han perdido mucha cohesión (fig. 165.D). También se identifica de manera abundante la formación de wollastonita alrededor de algunos granos de cuarzo de 5 μm de tamaño (fig. 165.E).

La proporción de cuarzo en sí es más reducida que en el resto de terracotas y de tamaño muy pequeño en general (fig. 165.E), dato que ya se nos apuntaba por XRD, que indicaba una presencia de un 20% (tabla 29), y lo que sí encontramos es la presencia de microfósiles silíceos, posiblemente radiolarios y diatomeas, muy abundantes en ambas muestras, que parecen encontrarse en diferentes estados de transformación por el calor (fig. 166).

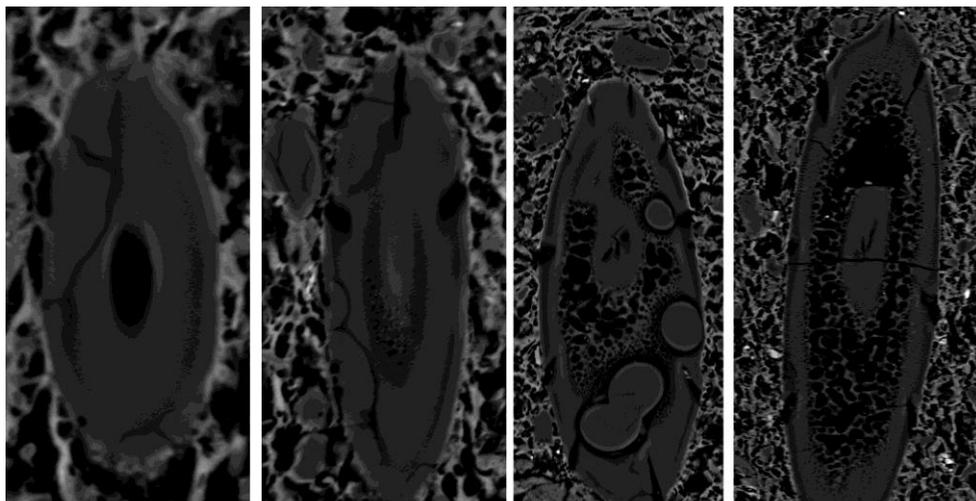


Figura 166. HRSEM de las piezas PdC1 y PdC2, diferente estadio de transformación de posibles microfósiles radiolarios.

Las menas metálicas están compuestas, como en el resto de terracotas, por ilmenita (muy escasa) de 30 μm , oxi-hidróxidos de hierro habitualmente atrapados en la gehlenita y rutilo bastante abundante de tamaños entre 6 y 10 μm , aunque puede llegar a 50 μm . Pero encontramos en estas piezas también granos ricos en níquel de 6 μm de dimensión sin poder identificar la fase mineral, bastante abundantes, como se apuntaba ya por los datos de XRF (tabla 29), que cuantificaban 230 ppm de Ni.

Se han identificado por EDX una serie de fases minerales no detectadas por XRD, como el apatito en tamaños de 60 a 100 μm , e incluso de 5 μm si se asocian a granos de cuarzo, zircón en tamaños entre 3 y 25 μm y anhidrita de 50 μm . También se han reconocido otras fases minerales mucho más particulares de estas piezas, como son la celestina, si bien escasa, en un tamaño homogéneo de 4 μm , granos de cromita bastante abundantes, en un tamaño de 10 μm .

C.2.2.4.4. Talleres barristas externos

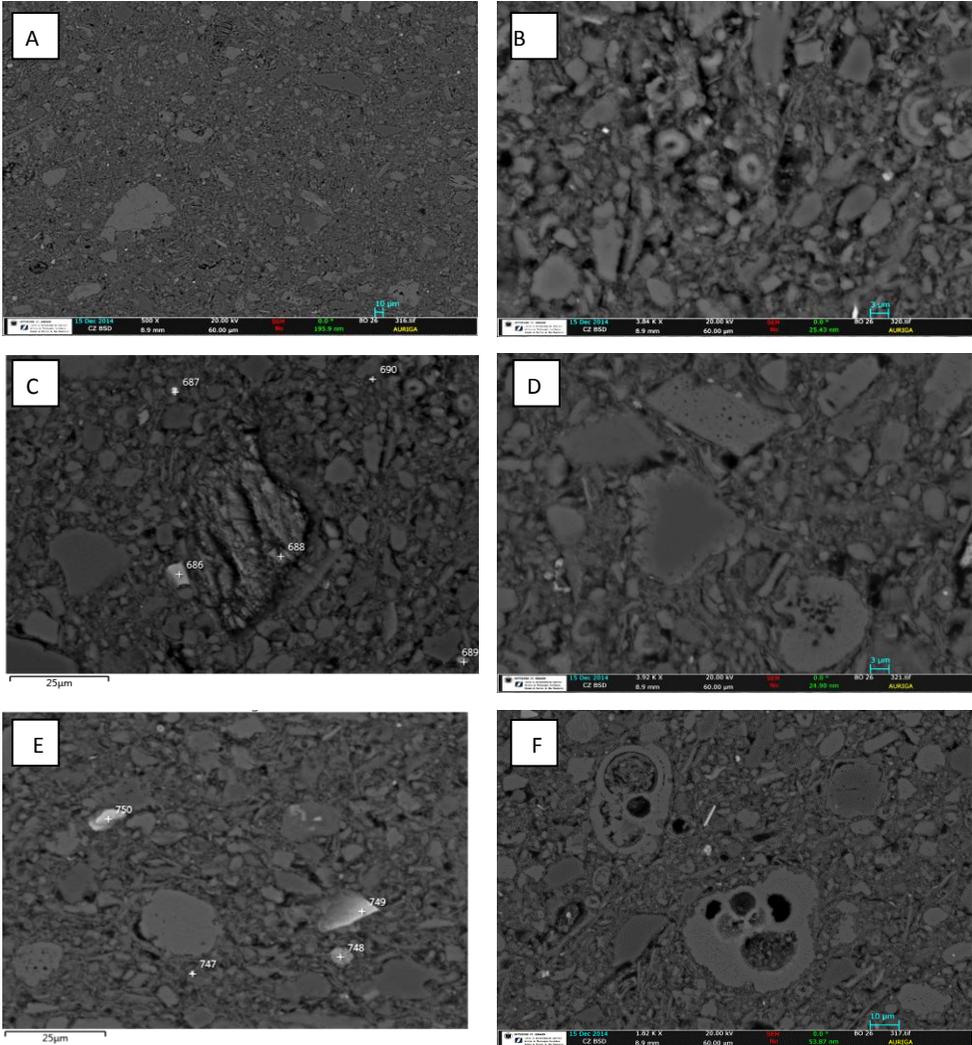


Figura 167. Imágenes de HRSEM de una pieza de la obra Belén Ortigas (BO). **A** – BO imagen general, donde se observa la porosidad escasa, homogénea y pequeña, y puentes de unión entre granos. **B** – BO detalle de la escasa formación de puentes de fusión entre granos y presencia de microfósiles, identificados como cocolitofóridos. **C** – BO grano de anhidrita en el centro, grano de ilmenita de forma angular y pequeños granos de apatito y barita. **D** – BO aspecto de degradación de calcita, con desarrollo de porosidad secundaria en su interior, y dolomita, con la formación de un borde externo más rico en calcio. **E** – BO granos de barita (747), hematites (748) e ilmenita (749 y 759). **F** – detalle de los microfósiles encontrados, globigerinas, y la formación de porosidad secundaria en los granos de carbonato

Belén Ortigas (BO)

La textura de esta muestra parecía similar a las piezas CAM-EH y CAM-VS mediante la observación por POM; sin embargo, a mayores aumentos se aprecian más similitudes con esta última que, como ya comentábamos, se encontraba en un grado de cocción inferior al de CAM-EH. El grado de unión entre granos es escaso y la porosidad es principalmente primaria, de aspecto irregular (figs. 167.A y 167.B), lo cual se confirma con los datos de XRD, que informan de un 10% de material fundido.

Los filosilicatos son en general de tamaño bastante pequeño (inferior a 30 μm), e incluso los de menor tamaño tienen un aspecto cristalino (fig. 167.B).

La porosidad secundaria se ha producido principalmente en los granos de carbonato (fig. 167.D y 167.F), que mantienen su forma externa prácticamente intacta, aunque presentan en su interior poros redondos y de tamaño muy pequeño, debido a la expulsión de CO_2 . La dolomita parece haber iniciado la formación de un borde de reacción, que más bien consiste en el proceso de acumulación de magnesio en el interior de grano y de calcio en el exterior, efecto que hemos visto abundantemente en las muestras anteriores, en un estadio mucho más avanzado (fig. 167.D). También se han identificado microfósiles calcáreos como globigerinas (fig. 167.F) y posibles coccolitofóridos (figs. 167.B y 167.C), muy abundantes

y repartidos por toda la muestra, que no presentan en apariencia un elevado grado de degradación por efecto del calor. Estas apreciaciones corroboran los valores obtenidos por XRD, que cuantificaban los carbonatos en un 60% entre calcita y dolomita (tabla 29).

Las menas metálicas están formadas principalmente por ilmenita que se encuentra de manera recurrente en forma de grano en tamaño heterogéneo entre 5 y 30 μm (figs. 167.C y 167.E), y rutilo, habitualmente con trazas de vanadio, en tamaños similares. También se ha identificado, aunque escasamente, hematites en tamaños inferiores a 10 μm (fig. 167.E)

Se han identificado algunas fases minerales que no se habían observado por POM, tales como zircón entre 5 y 50 μm , bastante abundante, apatito en tamaños entre 10 y 25 μm (figs. 167.C y 167.E), pequeños granos de barita de 5-6 μm (figs. 167.C y 167.E), a veces también asociados a filosilicatos, y abundantes granos de anhidrita de tamaño aproximado de 30 μm (fig. 167.C).

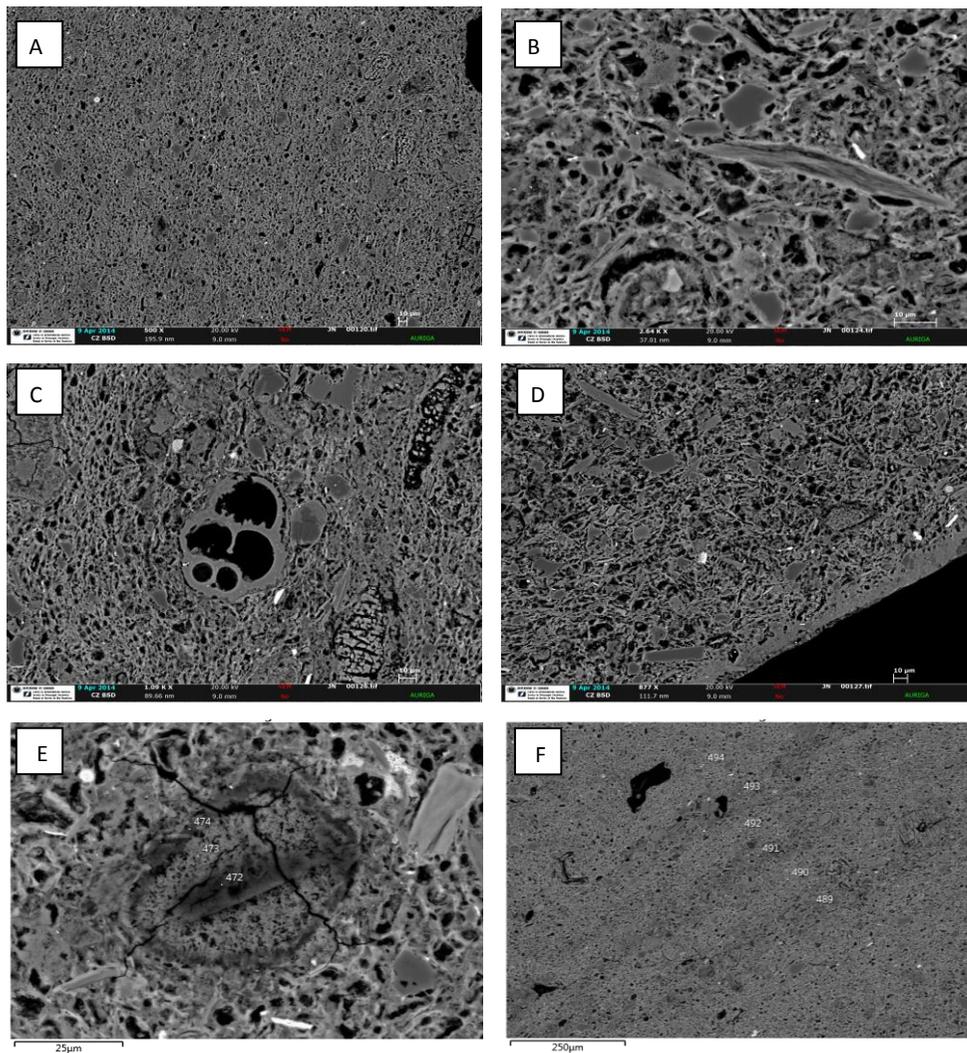


Figura 168. Imágenes de HRSEM de una pieza de la obra *Belén de Jaén* (JN). **A** – JN imagen general, donde se observa la porosidad pequeña y homogénea, abundante y la elevada compacidad de la muestra sin que se hayan formado fisuras. **B** – JN detalle de la abundante formación de fundido, morfología de los filosilicatos y formación de bordes de reacción en el cuarzo, identificados como gehlenita. **C** – JN detalle de los microfósiles, que han reaccionado para formar gehlenita, y la presencia de granos de anhidrita. **D** – JN formación de una costra de mayor fusión en la superficie de la pieza, de material más fundido; también se observan granos de zircón de tamaño pequeño, 10 μm . **E** – JN aspecto de los antiguos granos de dolomita, que presentan un núcleo rico en magnesio, una interfase mucho más porosa donde predomina la presencia de calcita, y una aureola externa transformada en diópsido. **F** – JN análisis de los pliegues de tonalidades diferentes, identificadas las zonas más oscuras como acumulaciones de carbonatos, y las más claras como acumulaciones de filosilicatos

Belén Jaén (JN)

Esta pieza es, al igual que sucedía con BN, muy compacta, presenta abundantes puentes de fusión entre granos que han transformado la porosidad primaria aportándole bordes redondeados y suavizados por la fusión. La porosidad primaria transformada es abundante, de tamaño regular y pequeño entre 3 y 10 μm principalmente, como podemos ver en las figuras 168.A y 168.B, si bien se reconoce una porosidad más grande entre 60 y 120 μm . Por otro lado, es patente la formación de una porosidad secundaria en el interior de los filosilicatos y carbonatos. Efectivamente, por XRD se identificaba un 20% de fundido (tabla 29).

Los filosilicatos de menor tamaño (3-5 μm) han sufrido una fusión total (figs. 168.B y 168.E), y los de tamaño superior también han sufrido procesos de transformación muy acusados (fig. 168.B).

Los granos de cuarzo también dejan patente la formación de bordes de reacción compuestos por gehlenita principalmente (fig. 168.B), que se cuantificaba en un 15% según XRD.

Respecto a los carbonatos, la dolomita era claramente abundante en la arcilla original (fig. 168.E), y se encuentra muy transformada por el efecto del calor, hasta aportar un 15% de dióxido, según XRD (tabla 29), si bien según su tamaño han reaccionado de forma diferente: la dolomita de tamaño inferior a 25 μm se encuentra en

muchos casos totalmente transformada en diópsido, aunque mantiene parcialmente su morfología externa, y la de tamaño superior muestra un borde de reacción de diópsido con trazas de cloro, una interfase rica en calcio y un núcleo rico en magnesio (fig. 168.E).

La calcita también debía ser muy abundante en la arcilla original, ya que por XRD se ha cuantificado un 15% de gehlenita, y por toda la superficie podemos observar zonas de aspecto esponjoso, de bordes difusos, que se corresponden con la calcita y que se han identificado por EDX como gehlenita (fig. 168.D); además, se han encontrado abundantes microfósiles, como globigerinas, que han sufrido la misma transformación. Parece haberse producido una acumulación de carbonatos en el borde externo de la muestra, formando una costra más densa (168.C).

Se debe aclarar que, vistos los datos aportados por POM, el elevado 15% de calcita identificado por XRD podría deberse a una recristalización secundaria por la inmersión de la pieza en agua tras su cocción, ya que el resto del análisis de las fases minerales de la muestra indican una temperatura de cocción elevada, que habría provocado sin lugar a dudas la degradación de la calcita en sí.

Las menas metálicas están constituidas en su mayoría por rutilo con trazas de vanadio, que se encuentran en la muestra en un tamaño aproximado de 25 μm .

Se han identificado mediante EDX otras fases minerales características, como zircón, si bien muy escasos, de aproximadamente 10-15 μm , y apatito en tamaños algo mayores de

25 μm . Finalmente, se han encontrado también algunos granos de dimensiones muy reducidas de oro, lo que enlaza esta pieza con CAM-EH y CAM-VS.

CONCLUSIONES

Las terracotas cocidas a más altas temperaturas son: BN, CAM-EH, JN, MUSJ, PdC y ZAM por la presencia abundante de fases neoformadas y por la cantidad de materia fundida de contienen, coincidiendo con los datos de XRD y POM. De todas ellas, las que presentan una mayor cantidad de fundido, si bien su proporción de neoformados no es más alta que el resto, son BN y PdC y se debe seguramente al pequeño tamaño de sus granos, y las elevadas proporciones de carbonatos que han acelerado a temperaturas más bajas la fusión¹⁷⁷. Las piezas cocidas a mayor temperatura parecen haber sido PdC1 y PdC2, las únicas que han formado wollastonita en cantidades importantes, si bien mediante EDX se ha identificado también esta fase mineral, aunque de forma escasa, en CAM-EH y JM.

Las terracotas cocidas a menor temperatura son BHE, BO, MUC, ZAF y ZEH por la cantidad de calcita, dolomita y filosilicatos incluso de pequeño tamaño que presentaban escasa transformación, si bien BS, ISM y MUSJ, que presentaban cantidades elevadas de calcita, se ha confirmado la hipótesis lanzada en POM de que han sido cocidas a mayor temperatura y que la aparición de calcita en los

¹⁷⁷ CULTRONE et alii (2001)

datos de XRD se debe a la recristalización de ésta en el interior de los poros tras su inmersión en agua.

Por otro lado, aquellas obras que parecían muy similares entre ellas por POM, como CAM-EH, CAM-VS, BO y ZAF, a mayores aumentos han demostrado que tienen características texturales diferentes, debido sobre todo al nivel de transformación por efecto del calor. Mientras que CAM-EH y ZAF contienen una mayor cantidad de puentes de fusión entre granos, CAM-VS y BO muestran una descohesión algo mayor. Se podría afirmar, no obstante, que las arcillas de CAM-EH y CAM-VS son de origen similar, pero han sido cocidas a temperaturas diferentes.

Este mismo efecto de diferencia de textura aunque las arcillas de origen sean similares lo encontramos en las piezas ZAF y ZAM, dos obras hechas por el mismo autor, que conforman una pareja y cuya mineralogía es muy similar y sin embargo presentan un nivel de transformación por acción del calor muy diferente.

Respecto a las fases minerales más características, todas las muestras tanto de talleres barristas granadinos como de artistas de la provincia son muy similares y destacan claramente aquellas externas a la provincia: MUSJ por la presencia de microfósiles calcáreos (ammonítidos y spongodiscus) y reducida cantidad de menas metálicas, que alejan compositivamente esta pieza de las de la provincia granadina (fig. 126, XRF); PdC1 y PdC2 por la presencia de microfósiles silíceos (radiolarios) y fases minerales como el níquel y la cromita, igualmente muy diferenciado del resto según XRF (fig.

126); BO por su contenido en microfósiles calcáreos (cocolitofóridos), y JM por su contenido en epidota.

JN, por otra parte, es mucho más similar en composición a las terracotas granadinas, y de hecho su textura y grado de cocción son muy parecidos a BN2. Teniendo en cuenta que ambas piezas son de tamaño similar, procedentes de belenes elaborados a finales del siglo XVIII o principios del siglo XIX, la pregunta sería si, tal vez, su procedencia es la misma, y si en realidad JN es una pieza granadina. Estas dos piezas también tienen una granulometría más homogénea al resto de obras, igual que sucede con BNJ, obra de un artista del siglo XIX. ¿Se debe esto al tratado mecánico de la pasta, tal vez?

A este respecto, cabe destacar que solamente en JN CAM-EH y CAM-VS han aparecido granos de oro, lo cual se puede considerar, igualmente, una fase mineral muy particular que puede marcar la procedencia de la arcilla de origen de la zona próxima al río Darro, en Granada, donde es bien conocida la explotación del oro desde la época romana¹⁷⁸.

Las piezas más descohesionadas por granulometría heterogénea y falta de cocción han sido MUC, BHE, BS, BO y JM. El primero es un boceto, los tres siguientes son piezas de taller barrista de dimensiones muy reducidas, por lo que la necesidad de una elevada resistencia mecánica es menor, con lo que se reduce la calidad del material. Este mismo razonamiento se sigue para la obra JM, que al ser un relieve mural que iba a estar adosado a un muro con mortero, no

¹⁷⁸GARCÍA-PULIDO (2013, 2011 y 2008), ÁLVAREZ y ORIHUELA (2013)

precisaba de una elevada resistencia mecánica más específica o por sí misma.

Las piezas más cocidas, PdC, CAM-EH, BNJ, MUSJ, coinciden con que son obras de mayor envergadura (CAM-EH, MUSJ, ZAM) o volúmenes cuya estabilidad está más comprometida (PdC, de peanas muy estrechas y formas complejas), y de nuevo la calidad de la pieza acompaña a sus necesidades. La única obra que no ha seguido esta premisa podría considerarse ISM, pieza de composición compleja y comprometida por la forma de su peana, que sin embargo está cocida a baja temperatura y, de hecho, ha sufrido roturas y pérdidas por una deficiente resistencia mecánica. Si atendemos a la procedencia de las piezas, las cocidas en mejores condiciones son obras de escultores, mientras que esta pieza es obra de un taller barrista granadino, Sotomayor, como lo especifica su sello interior.

C.2.2.5. Ensayos Hídricos

METODOLOGÍA

La caracterización de las propiedades hídricas de las terracotas se ha llevado a cabo utilizando la misma metodología e instrumental descrito para las Probetas Pequeñas elaboradas con arcillas de los yacimientos granadinos, en el apartado C.1.5.5. Del mismo modo, se han calculado los parámetros de absorción y transporte de agua a partir de los ensayos de absorción libre (A_b), absorción forzada (A_f), el estudio de la interconexión de poros (A_x) y el índice de secado (D_i).

El número de piezas a las que ha podido realizar este ensayo ha sido reducido, debido principalmente a las características exigidas a la muestra sobre la que aplicar el ensayo, principalmente la cantidad de muestra en fragmento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

C.2.2.5.1. Artistas granadinos

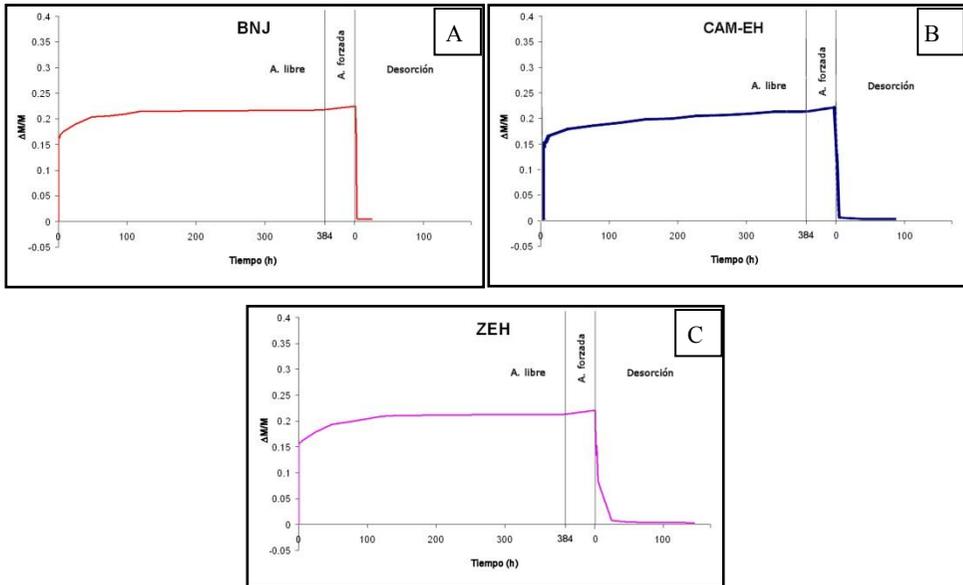


Figura 169. Diagramas de los ensayos hídricos de las muestras extraídas de esculturas de artistas granadinos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – Niño Jesús (BNJ). **B** – Ecce-Homo de Hermanos García (CAM-EH). **C** – Ecce-Homo de La Zubia (ZEH)

En la figura 169 se distingue la capacidad y rapidez de absorber el agua, el aumento más o menos acusado en la fase de absorción forzada y la velocidad y grado de desorción de estas tres muestras, con el nivel de agua retenida tras el secado de las muestras.

De forma general, el comportamiento de BNJ, CAM-EH y ZEH es el mismo: se produce la rápida absorción de una gran cantidad de agua en los primeros minutos del ensayo, que continúa aumentando paulatina pero escasamente hasta equilibrarse; se da otro aumento

moderado de peso durante la absorción forzada de agua y luego inicia el descenso por desorción del agua, que es igualmente más acusada en principio y más lenta hacia el final del ensayo.

Las tres muestras cumplen este patrón general, absorbiendo muy rápidamente entre un 16% (CAM-EH y ZEH) y un 17% (BNJ) en los primeros minutos, para seguir absorbiendo lentamente el agua hasta un 21% en un máximo de 300 horas. Las tres muestras llegan a un 22% en absorción forzada. Se diferencian algo más en la desorción: mientras que CAM-EH y BNJ muestran una desorción muy pronunciada, siendo su curva prácticamente vertical y eliminando la totalidad del agua absorbida en 1 hora (figs. 169.A y 169.B), ZEH tiene dos fases de secado diferenciadas: elimina la mitad del agua retenida en las 4 primeras horas, ralentizándose después su desorción hasta eliminar prácticamente la totalidad de agua absorbida a las 24 horas (fig. 169.C).

C.2.2.5.2. Talleres barristas granadinos

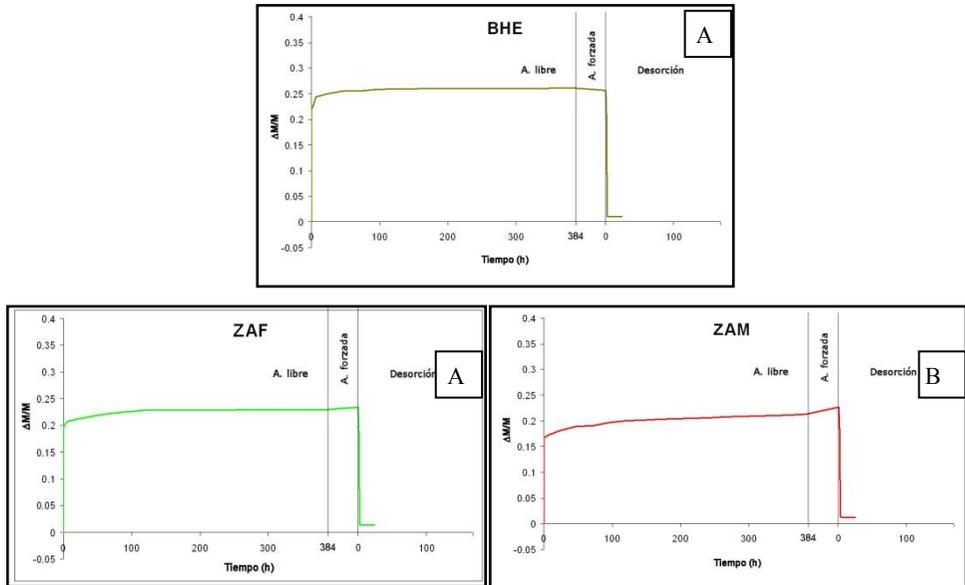


Figura 170. Diagramas de los ensayos hídricos de las muestras extraídas de esculturas de talleres barristas granadinos. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – *Huída a Egipto* (BHE). **B** – *Ánima Femenina* (ZAF). **C** – *Ánima Masculina* (ZAM)

Las esculturas realizadas por talleres barristas de la provincia de Granada presentan unos patrones algo diferentes: BHE absorbe prácticamente la totalidad del agua en los primeros minutos, estabilizándose enseguida en un 26% de su volumen en agua, aumentando apenas 0,5% más en la saturación forzada. La desorción es también muy rápida, eliminándose prácticamente la totalidad del agua en 1 hora (fig. 170.A).

ZAF absorbe también muy rápidamente la casi totalidad del agua en el primer día, que acaba siendo un 23%, e igualmente aumenta muy poco en la absorción forzada, 0,40% más. La desorción ocurre muy rápidamente (fig. 170.B). Su compañera de conjunto, ZAM, absorbe menos en absorción libre, un 21%, pero su diferencia con la

absorción forzada es mayor, un 1,5% más. Su desorción es igualmente rápida (fig. 170.C).

C.2.2.5.3. Artistas externos

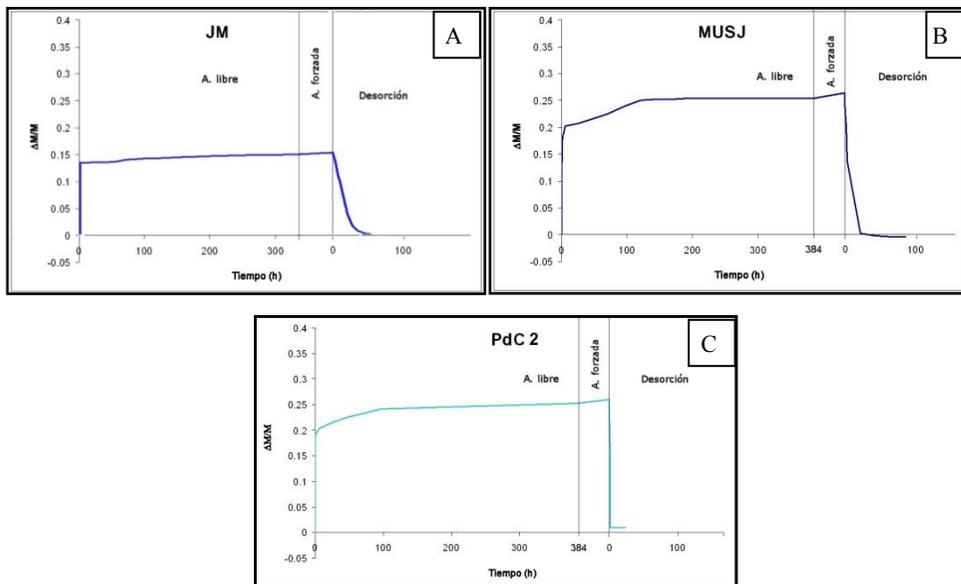


Figura 171. Diagramas de los ensayos hídricos de las muestras extraídas de esculturas de artistas externos a Granada. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): **A** – Mural de Francisco Baños (JM). **B** –San José de Duque Cornejo (MUSJ). **C** – San José de Priego de Córdoba (PdC2)

En las obras realizadas por escultores de fuera de Granada, las piezas MUSJ y PdC son más similares, absorben alrededor de un 25% de agua en absorción libre, y un 1% más tras la absorción forzada, aunque los patrones de desorción son diferentes. Mientras que PdC2 (fig. 171.C) muestra una desorción total y es muy rápida, MUSJ (fig. 171.B) presenta un secado en dos fases, eliminando la mitad del

agua absorbida en la primera hora, y el resto en las siguientes 24 horas.

Diferente es el patrón de la obra JM, que absorbe muy poca agua, apenas un 16%, y la diferencia entre la absorción libre y la forzada es prácticamente nula. La desorción, por otro lado, es más lenta que en el resto de terracotas, tardando dos días en perder toda el agua absorbida (fig. 171.A).

C.2.2.5.4. Talleres barristas externos

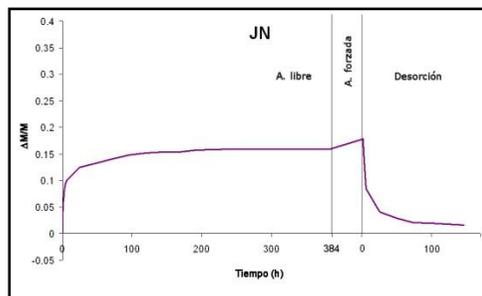


Figura 172. Diagrama de los ensayos hídricos de la muestra extraída de una escultura de talleres barristas externos a Granada. Variación de peso ($\Delta M/M$) versus tiempo (h): Nacimiento de Jaén (JN)

Esta pieza tiene un comportamiento bastante diferente respecto al resto de piezas, tanto en la cantidad de agua absorbida (16%), como en la gran diferencia entre la absorción libre y la forzada, que aumenta en un 2%, el máximo registrado en las obras que se han estudiado.

Tabla 30. RESULTADOS DE ENSAYOS HÍDRICOS – Obra real									
MUESTRA	Ab (%)	Af (%)	Ax (%)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_{sk} (g/cm ³)	S (%)	Di	Po (%)	
1	BNJ	21,66	22,56	3,95	1,68	2,65	90,63	1,04	38,47
	CAM-EH	21,68	22,55	4,00	1,71	2,78	90,59	1,04	38,52
	ZEH	21,19	22,14	4,40	1,70	2,73	87,77	0,96	37,66
2	BHE	26,10	26,47	1,44	1,58	2,71	96,74	1,03	41,77
	ZAF	22,98	23,39	1,75	1,66	2,71	93,21	1,04	38,79
	ZAM	21,26	22,74	6,95	1,67	2,70	83,65	1,04	38,00
3	JM	16,32	16,34	0,11	1,80	2,55	99,77	1,04	29,49
	MUSJ	25,45	26,38	3,66	1,53	2,58	81,79	0,95	40,51
	PdC2	25,30	26,01	2,80	1,62	2,81	86,83	1,03	42,20
4	JN	15,85	17,82	12,36	1,71	2,51	74,91	0,98	30,45

Leyenda: **Ab**– absorción libre; **Af** – absorción forzada; ρ_b – densidad aparente; ρ_{sk} – densidad real; **S** – Coeficiente de saturación; **Di** – Índice de desorción; **Po** – porosidad abierta; **1** – artistas granadinos; **2** – talleres barristas granadinos; **3** – artistas externos; **4** – talleres barristas externos; **BNJ** – Niño Jesús Dormido; **CAM-EH** – Ecce-Homo de Hermanos García; **ZEH** – Ecce-Homo de La Zubia; **BHE** – Huida a Egipto; **ZAF** – Ánima Femenina; **ZAM** – Ánima Masculina; **JM** – Mural de Francisco Baños; **MUSJ** – San José de Duque-Cornejo; **PdC2** – San José de Priego de Córdoba; **JN** – Nacimiento de Jaén

Atendiendo a los datos presentados en la tabla 30, las piezas que absorben más agua (Ab y Af) son BHE, MUSJ y PdC2, que llegan al 26%, las que absorben menos agua son JM y JN, entre el 16 y 17%, quedando el resto de piezas entre el 21 y 22%.

La absorción de agua está muy influenciada tanto por el tamaño de poro como por la porosidad abierta (Po). En efecto, una vez más las muestras más porosas son BHE, MUSJ y PdC2 con valores superiores al 40%, mientras que JM y JN tienen los valores más bajos, 30%, quedando el resto de muestras en un valor cercano al 37%.

El grado de interconexión de poros (Ax), está relacionado con la tortuosidad del sistema poroso, y en este caso, la pieza con mejor interconexión de poros es JM, en la cual toda su porosidad está bien interconectada. Aquellas piezas donde el acceso a los poros es más

difícil (por ejemplo aquellas con porosidad en estructura celular), son JN con un valor elevado, 12%, seguido por ZAM con un 7%. El resto de terracotas se encuentra en un rango más corto, entre el 3 y el 4% de Ax, aproximadamente, superando CAM-EH y ZEH ese valor ligeramente, y encontrándose en el valor más bajo de ese rango PdC2 con un 2,8%.

Relacionado estrechamente con Ax está el coeficiente de saturación (S), y en este caso la muestra que más fácilmente se satura de agua es JM con un 99%, y aquella con el menor grado de saturación es JN, con un 75%. El resto de muestras oscilan entre el 80 y 90% de S.

Respecto al secado de las muestras, todas las terracotas estudiadas presentan una desorción rápida y total, estando el índice de desorción (Di) cercano al 1%, y solamente ZEH, MUSJ y JN presenta un índice algo inferior, siendo por tanto mejor su eliminación de agua.

Dentro del análisis numérico de los resultados, se pueden relacionar los valores de la densidad real (ρ_{sk}) y aparente (ρ_b) con la densidad de las fases minerales detectadas por XRD y MOP.

Dentro de los valores de ρ_{sk} , todas las muestras se encuentran en un valor medio de 2,6 g/cm³ aproximadamente, siendo la muestra de menor densidad JN con 2,5 g/cm³, mientras que CAM-EH y PdC2 tienen una densidad de 2,8 g/cm³ debido a su mayor contenido en hematites, gehlenita, dióxido y wollastonita ($\rho_{hem} = 4,0$

$\rho_{\text{geh}} = 3,0 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{di}} = 3,4 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{woll}} = 2,8-3,1 \text{ g/cm}^3$. JN varía del resto de muestras por su escaso contenido en cuarzo.

Tabla 31. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE ENSAYOS HÍDRICOS – Obra real										
MUESTRA			Ab	Af	Ax	ρ_b	ρ_{sk}	S	Di	Po
1	ZEH	(III)	0,41	1,26	3,98	0,01	0,00	4,66	0,00	0,84
2	ZAF	(II)	0,37	0,44	0,27	0,00	0,02	0,08	0,00	0,65
	ZAM	(II)	0,54	0,07	2,42	0,01	0,01	0,56	0,00	0,04
3	MUSJ	(II)	0,16	0,18	1,36	0,00	0,00	1,79	0,00	0,11
	PdC2	(II)	0,03	0,67	2,56	0,01	0,02	1,94	0,00	0,77
4	JN	(II)	0,90	1,36	2,18	0,01	0,00	2,34	0,01	0,98

Legenda: **Ab**– absorción libre; **Af** – absorción forzada; **ρ_b** – densidad aparente; **ρ_{sk}** – densidad real; **S** – Coeficiente de saturación; **Di** – Índice de desorción; **Po** – porosidad abierta; **1** – artistas granadinos; **2** – talleres barristas granadinos; **3** – artistas externos; **4** – talleres barristas externos; **ZEH** – *Ecce-Homo* de La Zubia; **ZAF** – *Ánima Femenina*; **ZAM** – *Ánima Masculina*; **MUSJ** – *San José* de Duque-Cornejo; **PdC2** – *San José* de Priego de Córdoba; **JN** – *Nacimiento* de Jaén. Entre paréntesis se señala la cantidad de muestras que pudieron ser utilizadas para el ensayo; **II** – dos muestras; **III** – tres muestras. En rojo se indican las medidas de desviación estándar que han superado el límite de viabilidad de las medidas, establecidas por debajo de 1,50%

Respecto a la fiabilidad del ensayo, algunas de las piezas han permitido extraer dos o tres muestras de tamaño suficiente para llevar a cabo el ensayo hídrico y comparar los resultados obtenidos, por lo que se ha hecho el cálculo de la desviación estándar para comprobar la exactitud de los mismos. Casi todas las medidas se encuentran en un porcentaje de Desviación Estándar muy bajo, lo que valida los resultados. Las desviaciones más altas suelen concentrarse en las medidas de Coeficiente de saturación (S) e Interconexión de Poros (Ax).

¹⁷⁶ FARALDOS y GOBERNA (2011)

CONCLUSIONES

Las terracotas con mejor comportamiento hídrico son BNJ, CAM-EH, ZEH, ZAM y JM, ya que absorben menos cantidad de agua, eliminándola por completo con rapidez, mientras que BHE absorbe más cantidad pero también la elimina muy rápidamente. En el extremo contrario se encuentra JN que, aunque absorbe menor cantidad de agua, muestra mayor lentitud en el secado.

Los valores de JM son ligeramente anómalos por su alta interconexión de poros. Remitiéndonos a las imágenes obtenidas por POM y HRSEM (figs. 155 y 171); ésta era una de las muestras que presentaban una cohesión deficiente, por lo que esta buena interconexión de poros puede deberse a la formación de fisuras en el interior de la terracota. Este comportamiento se da también en BHE, aunque de forma menos acusada, siendo también ésta una muestra muy descohesionada.

El hecho de la escasa interconexión de poros de JN, con un elevado 12% en Ax, seguido por ZAM con un 7%, es otro indicativo de la formación de una porosidad de estructura celular tras su cocción a elevada temperatura que ya se observaba en HRSEM (figs. 176 y 170).

Respecto a la fiabilidad del ensayo, la mayor heterogeneidad en los resultados se concentra en las medidas de Ax y S, lo cual se debe muy probablemente a que estos valores se obtienen de manera secundaria a partir de las medidas de Ab, Af y Mt y Ms, por lo que acumulan las ligeras variaciones en los valores que se dan en éstos.

C.2.2.6. Porosimetría de Inyección de Mercurio

METODOLOGÍA

La determinación del tamaño de poro de las muestras extraídas de obra real se ha realizado mediante el mismo equipamiento y condiciones de trabajo descritos en el apartado C.1.5.6.

Esta técnica ha podido aplicarse a más muestras que en los ensayos hídricos, al ser el tamaño de muestra exigido para su análisis menor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

C.2.2.6.1. Artistas granadinos

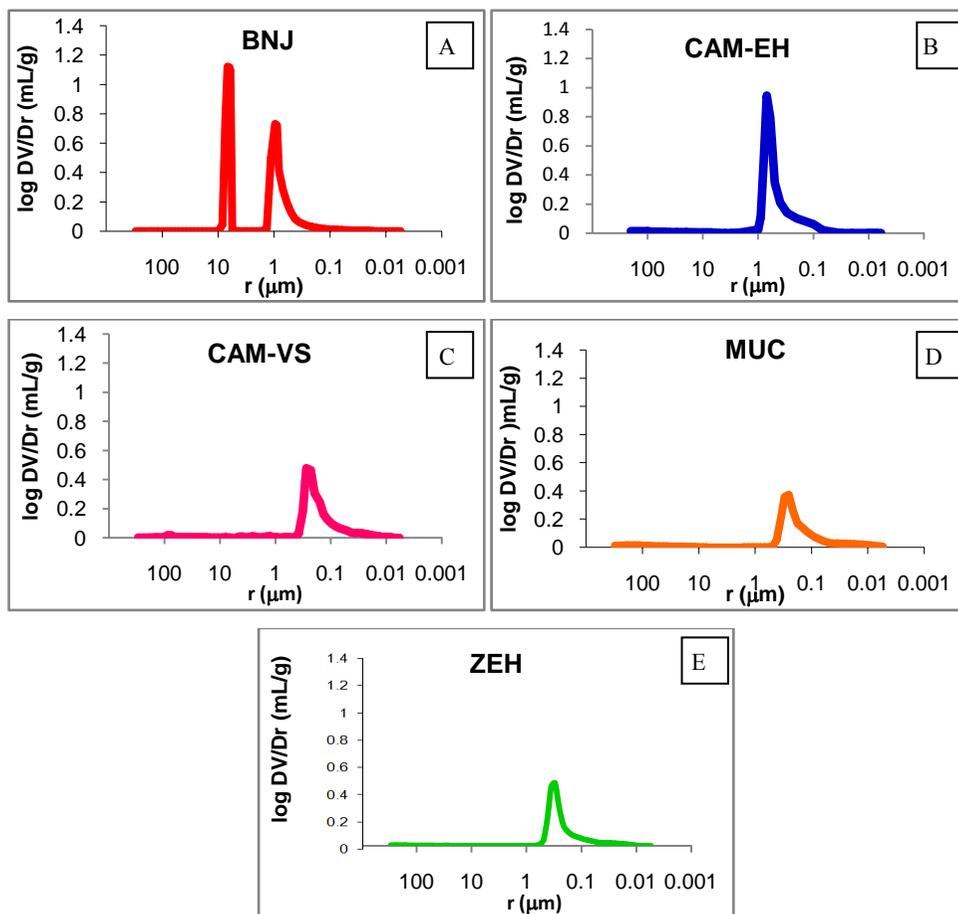


Figura 173. Curvas porométricas de las muestras de obra real creada por artistas granadinos. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm): **A** – *Niño Jesús* (BNJ); **B** – *Ecce-Homo* de Hermanos García (CAM-EH); **C** – *Virgen del Carmen con San Simón Stock* de Diego de Mora (CAM-VS); **D** – *Cristo Caído* de José de Mora (MUC); **E** – *Ecce-Homo* de la Zubia (ZEH)

C.2.2.6.2. Talleres barristas granadinos

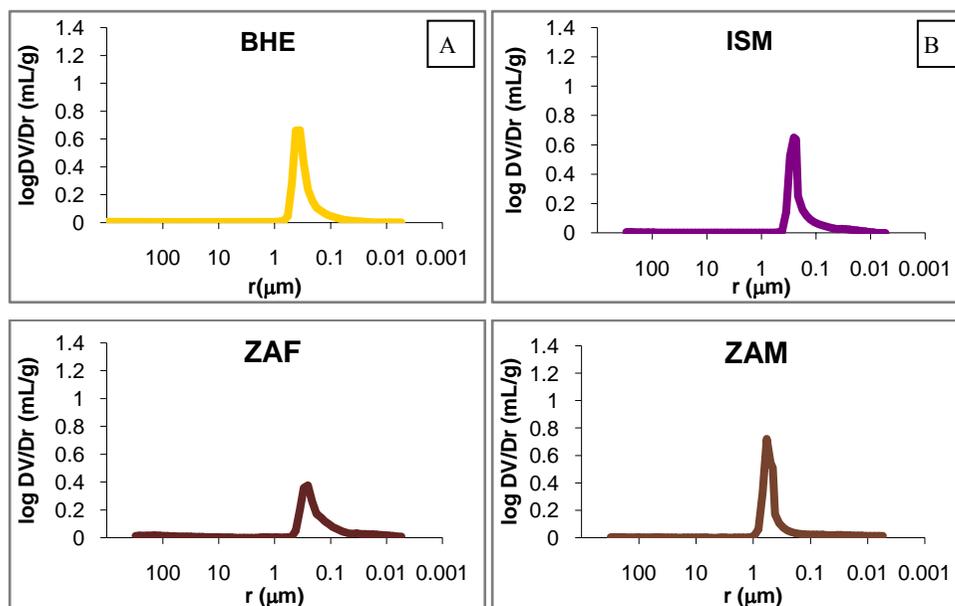


Figura 174. Curvas porométricas de las muestras de obra real creada portalleres barristas granadinos. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm): **A** – *Huída a Egipto* (BHE); **B** – *San Miguel* de Sotomayor (ISM); **C** – *Ánima Femenina* de La Zubia (ZAF); **D** – *Ánima Masculina* de La Zubia (ZAM)

C.2.2.6.3. Artistas externos

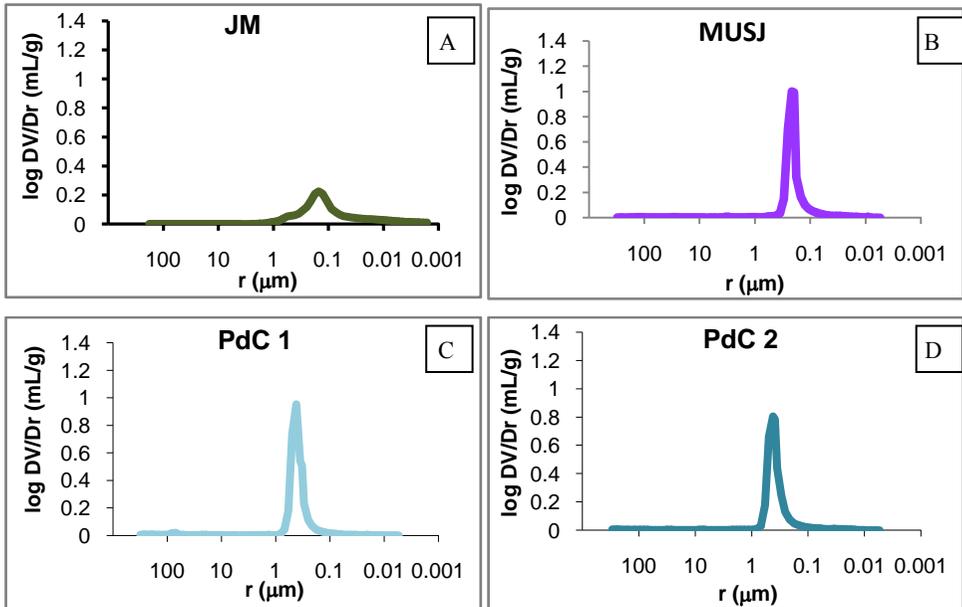


Figura 175. Curvas porométricas de las muestras de obra real creada por artistas externos a la provincia de Granada. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm): **A** – Relieve Mural de Francisco Baños (JM); **B** – San José de Duque Cornejo (MUSJ); **C** – Inmaculada de Priego de Córdoba (PdC1); **D** – San José de Priego de Córdoba (PdC2)

C.2.2.6.4. Talleres barristas externos

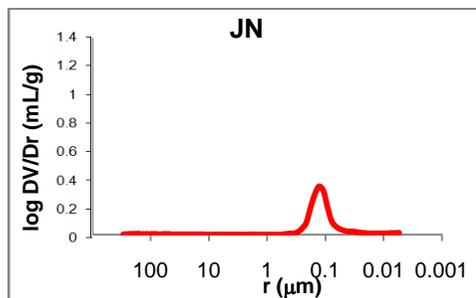


Figura 176. Curvas porométricas de las muestras de obra real creada por talleres barristas externos a la provincia de Granada. Log DV/Dr (en mL/g) versus radio de poro (en μm): Nacimiento de Jaén (JN)

Tabla 32. RESULTADOS DE POROSIMETRÍA DE INYECCIÓN DE MERCURIO							
MUESTRA		Área total de poro (m ² /g)	ρ_{sk} (g/mL)	ρ_b (g/mL)	Po (%)	STEM (%)	PESO (g)
1	BNJ	1,95	4,30	1,79	58,31	106*	1,28
	CAM-EH	3,10	2,55	1,47	42,31	50	1,02
	CAM-VS	6,88	2,52	1,67	33,84	48	0,99
	MUC	9,02	2,61	1,75	32,96	81	1,3
	ZEH	5,43	2,61	1,81	30,82	44	1,01
2	BHE	3,97	2,72	1,65	39,27	62	1,02
	ISM	6,49	2,70	1,80	33,54	46	0,96
	ZAF	9,03	2,62	1,75	32,96	54	1,12
	ZAM	6,70	2,94	1,90	35,38	46	0,97
3	JM	11,85	2,53	1,74	31,12	80	1,77
	MUSJ	7,94	1,63	2,53	35,81	53	0,95
	PdC1	3,10	2,79	1,69	39,23	65	1,10
	PdC2	3,45	2,79	1,75	37,44	63	1,16
4	JN	8,32	2,49	1,83	26,40	34	0,92

ρ_{sk} —densidad real; ρ_b —densidad aparente; **Po** – porosidad abierta; **STEM** – presión de vapor; **PESO**— peso de la muestra; **1** – artistas granadinos; **2** – talleres barristas granadinos; **3** – artistas externos; **4** – talleres barristas externos ; **BNJ** – *Niño Jesús*; **CAM-EH** – *Ecce-Homo* de Hermanos García; **CAM-VS** – *Virgendel Carmen con San Simón Stock* de Diego de Mora; **MUC** – *Cristo Caído* de José de Mora; **ZEH** – *Ecce-Homo* de La Zubia; **BHE** – *Huída a Egipto*; **ISM** – *San Miguel Arcángel*; **ZAF** – *Ánima Femenina*; **ZAM** – *Ánima Masculina*; **JM** – Mural de Francisco Baños; **MUSJ** – *San José de Duque-Cornejo*; **PdC1** – *Inmaculada* de Priego de Córdoba; **PdC2** – *San José de Priego de Córdoba*; **JN** – *Nacimiento* de Jaén; * En rojo se marcan aquellas muestras cuyo STEM ha superado los niveles establecidos como válidos en el propio manual del equipo

Tabla 33. RESULTADOS DE RANGO DE PORO (%)						
MUESTRA		>10 μm	10-1 μm	1-0,1 μm	0,1-0,01 μm	0,01-0,001 μm
1	BNJ	0,00	54,94	44,18	0,88	0,01
	CAM-EH	3,00	1,38	91,42	4,19	0,00
	CAM-VS	3,09	3,78	74,52	18,31	0,31
	MUC	1,57	0,45	75,80	20,17	2,01
	ZEH	2,37	0,18	84,26	13,09	0,10
2	BHE	7,78	0,12	87,53	4,57	0,00
	ISM	1,80	0,79	85,90	11,37	0,14
	ZAF	7,46	0,65	72,53	17,61	1,75
	ZAM	1,41	0,67	88,31	7,84	1,76
3	JM	1,18	1,70	62,53	26,84	7,75
	MUSJ	1,28	0,93	92,11	5,53	0,16
	PdC1	2,99	1,01	94,24	1,75	0,01
	PdC2	1,60	1,17	94,24	2,98	0,01
4	JN	3,24	0,52	68,62	25,21	2,40

1 - artistas granadinos; 2 - talleres barristas granadinos; 3 - artistas externos; 4 - talleres barristas externos; **BNJ** - Niño Jesús; **CAM-EH** - Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-VS** - Virgen del Carmen con San Simón Stock de Diego de Mora; **MUC** - Cristo Caído de José de Mora; **ZEH** - Ecce-Homo de La Zubia; **BHE** - Huída a Egipto; **ISM** - San Miguel Arcángel; **ZAF** - Ánima Femenina; **ZAM** - Ánima Masculina; **JM** - Mural de Francisco Baños; **MUSJ** - San José de Duque-Cornejo; **PdC1** - Inmaculada de Priego de Córdoba; **PdC2** - San José de Priego de Córdoba; **JN** - Nacimiento de Jaén

Tabla 34. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE POROS					
MUESTRA		RANGO ¹⁷⁷		MÁXIMO	
		Radio máx. (μm)	Radio mín. (μm)	Radio (μm)	Frecuencia (mL/g)
1	BNJ	10,00	0,15	6,3 0,88	1,12 0,72
	CAM-EH	1,00	0,06	0,70	0,95
	CAM-VS	0,38	0,01	0,23	0,48
	MUC	0,55	0,01	0,25	0,48
	ZEH	0,58	0,01	0,30	0,47
2	BHE	0,58	0,07	0,42-0,35	0,66
	ISM	0,42	0,03	0,23	0,64
	ZAF	0,42	0,05	0,26	0,37
	ZAM	1,12	0,12	0,58	0,72
3	JM	0,79	0,005	0,15	0,23
	MUSJ	0,35	0,05	0,19	0,99
	PdC1	0,69	0,10	0,42	0,95
	PdC2	0,69	0,12	0,38	0,79
4	JN	0,30	0,03	0,13	0,34

1 – artistas granadinos; 2 – talleres barristas granadinos; 3 – artistas externos; 4 – talleres barristas externos; **BNJ** – *Niño Jesús*; **CAM-EH** – *Ecce-Homo* de Hermanos García; **CAM-VS** – *Virgen del Carmen con San Simón Stock* de Diego de Mora; **MUC** – *Cristo Caído* de José de Mora; **ZEH** – *Ecce-Homo* de La Zubia; **BHE** – *Huída a Egipto*; **ISM** – *San Miguel Arcángel*; **ZAF** – *Ánima Femenina*; **ZAM** – *Ánima Masculina*; **JM** – Mural de Francisco Baños; **MUSJ** – *San José* de Duque-Cornejo; **PdC1** – *Inmaculada* de Priego de Córdoba; **PdC2** – *San José* de Priego de Córdoba; **JN** – *Nacimiento* de Jaén

Mediante los análisis MIP se completa la información sobre la porosidad, ya tratada en parte por medio de los ensayos hídricos; comparando los resultados de ambas técnicas (siempre salvando las diferencias que implican el uso de diferentes líquidos y presión de intrusión de los mismos), y añadiendo datos sobre la cantidad y tamaño de poro que da lugar a los diferentes comportamientos.

¹⁷⁷ *Los datos de rangos de poros (radio máximo y mínimo de poro) se han extraído de los intervalos que presentaban una frecuencia o cantidad por encima de 0,002 mL/g, y las medidas del pico máximo de poro en cada muestra representa el tamaño donde se concentra una mayor cantidad de porosidad

Atendiendo a los resultados reflejados en la tabla 32, las muestras con mayor porosidad abierta son (obviando los datos seguramente erróneos de BNJ) CAM-EH, BHE y PdC, tal y como nos informaban también los ensayos hídricos (tabla 30), y sigue siendo JN la muestra con menor porosidad abierta. Teniendo en cuenta que el grado de porosidad abierta y el tamaño de poro influye claramente en la circulación de agua dentro de las muestras, existe una clara relación entre las muestras que presentaban mayores niveles de absorción de agua (A_b y A_f), Coeficiente de saturación (S) e índice de secado (D_i) (tabla 30) con los que presentan un tamaño de poro también mayor y más abundante: BHE, MUSJ, PdC2, son las piezas que absorbían alrededor de un 26% de agua, y mientras que MUSJ, PdC1 y 2 tienen más del 92% de su porosidad en un diámetro entre 1 y 0,1 μm , además de un 3% con tamaños superiores, BHE tiene el 87% en el rango 1-0,1 μm y más del 8% con tamaños superiores. En el extremo contrario, los que absorbían menos agua eran JM y JN, que, efectivamente, tienen apenas un 60-68% de porosidad en el rango 1-0,1 μm , y casi un 30% en tamaños más pequeños.

La medición de poros es un poco diferente en la muestra de BHE, ya que registra un 7% por encima de los 10 μm de tamaño. Debe tenerse en cuenta que esta pieza se encontraba altamente descohesionada en origen, lo que no permitió elaborar correctamente la lámina delgado-pulida para POM y HRSEM. La existencia de fisuras parecía ser la causa de la excesiva interconexión de poros registrada en los HT, y del mismo modo puede ser la causa de la aparición de esta importante macroporosidad.

Si comparamos los datos de porosidad abierta (P_o), densidad real (ρ_{sk}) y densidad aparente (ρ_b) obtenidos tanto en ensayos hídricos como en MIP, los valores son muy similares, especialmente cuando se comparan las muestras con valores extremos más altos y más bajos. Las pequeñas diferencias que se observan se deben a las diferencias entre las dos técnicas analíticas. Esta similitud muestra que los datos obtenidos en ambos análisis son comparables.

Si analizamos las curvas porométricas (figs. 173 a 176), todas las muestras presentan una distribución de poros parecida, de tipo unimodal con la aparición de una segunda y más pequeña familia de poros hacia tamaños inferiores (figs. 173 a 176), a excepción de BNJ y JM (figs. 173.A y 175.A), presentando el primero un patrón bimodal y el segundo un patrón unimodal pero con la presencia de pequeñas familias de poros.

En la mayoría de muestras la mayor cantidad de poros (tablas 34 y 35) se concentra entre 1 y 0,1 μm , lo que representa el 80% (o incluso el 90% en PdC) de la porosidad total. En BNJ el rango de porosidad cubre un intervalo más amplio, de los 10 a los 0,1 μm (fig.173.A) y en JM el rango está comprendido entre 0,8 y 0,005 μm (fig. 175.A).

La menor cantidad de poros medida se encuentra en el rango 0,01-0,001 μm , donde tan sólo JN, MUC, ZAF y ZAM presentan un valor superior al 1%.

Respecto a los valores de BNJ, esta terracota presenta dos picos principales a 10-1 μm y 1-0,1 μm respectivamente, con proporciones cercanas al 50% en ambos casos. Sin embargo, las medidas obtenidas de esta muestra no son fiables, ya que el Stem usado en

el análisis supera el 90% recomendado, llegando hasta 106% (tabla 32), por lo que esta salvedad se debe a un error en la aplicación.

En general, el pico máximo de porosidad de las muestras (tabla 34) suele encontrarse alrededor de los 0,2-0,4 μm de tamaño, a excepción de las muestras con mayor cantidad de porosidad cerca de 1 μm (BNJ y CAM-EH), y las muestras cuyo pico máximo de poro se encuentra más cercano a 0,2 μm (JM, MUSJ y JN).

Las terracotas más porosas son BNJ, CAM-VS, MUSJ y PdC1 con más de 0,90 mL/g, seguidos por PdC2 y ZAM con alrededor de 70 mL/g, quedando el resto de muestras entre 0,5 y 0,3 mL/g, siendo JM la que menos porosidad contiene, con 0,23 mL/g.

CONCLUSIONES

Si se comparan los resultados de porosimetría obtenidos de las obras reales con los de las probetas de laboratorio, se encuentran bastantes similitudes, principalmente con el comportamiento del yacimiento de Víznar.

Las parejas de muestras CAM-EH/CAM-VS, y ZAF/ZAM comparten el patrón de evolución por el proceso de cocción de Víznar, siendo CAM-VS y ZAF más similares a V850 (figs. 173.C, 174.C y 119.F) y CAM-EH y ZAM más similares a V950 (figs. 173.B, 174.D y 119.F). Este hecho refuerza las similitudes texturales y composicionales que se encontraban entre las piezas de La Zubia (ZAF y ZAM) con el yacimiento de Víznar, ya remarcado en el apartado de HRSEM.

También la tercera pieza de La Zubia, el *Ecce-Homo* (ZEH) y JN son muy similares a V850.

Por otro lado, los diagramas y datos numéricos de PdC1 y PdC2 se parecen más a los extraídos del yacimiento M2, al seguir igualmente su evolución conforme aumenta la temperatura de cocción, siendo PdC 1 más parecido a M2 900 (figs. 175.C y 119.E) y PdC2 a M2 950 (figs. 175.D y 119.E). También similar a la de este yacimiento es la curva porométrica de BHE (fig. 174.A), aunque su composición mineralógica no sea la misma.

La muestra extraída de ISM parece compartir patrón con J900, tanto en la cantidad de porosidad como en la distribución de los poros con su pico máximo alrededor de 0,25 μm .

Es necesario hacer un apunte respecto a los datos de BNJ, que refuerza la afirmación que hacíamos en el apartado D.3.1.5.6. respecto a la cantidad de muestra recomendada para esta técnica analítica que está entre 0,9 y 1g, lo cual aporta, en muestras de densidad, porosidad, grado de cocción y estado de conservación muy diferentes, un porcentaje de Stem correcto entre el 30-50%.

C.2.2.7. Propagación de Ondas Ultrasónicas

METODOLOGÍA

La medición de la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas sobre obra real se ha realizado con el mismo equipamiento y condiciones descritas para las probetas en el apartado D.3.1.5.7.

Esta técnica de análisis no se ha podido llevar a cabo más que en tres de las terracotas estudiadas, debido sobre todo a las necesidades del equipo utilizado en este caso, que precisa de dos superficies paralelas y lisas, de 2,7 cm de diámetro para poder aplicar los transductores. No obstante, ante la existencia de transductores de menor superficie de contacto, y teniendo en cuenta la valiosa información que arroja esta técnica analítica sobre las propiedades físicas de las terracotas, se ha considerado apropiado mantenerla como parte del protocolo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 35. PROPAGACIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN OBRA REAL		
MUESTRA	ONDAS PRIMARIAS (m/s)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
JM	1785	3,56
ZAF	2330	2,13
ZAM	2736	1,12

JM – Mural de Francisco Baños; **ZAF** – *Ánima Femenina*; **ZAM** – *Ánima Masculina*;

Si comparamos las muestras entre sí, la que tiene una mayor compacidad es ZAM, que como hemos podido ir estudiando a lo largo de este capítulo de aplicación del protocolo a obra real, es de las tres la que está cocida a mayor temperatura. Su homogeneidad en resultados ha sido muy elevada, también, porque la formación de irregularidades internas (ya sean fisuras o diferencias de densidad en la masa) es escasa.

Cercana a su velocidad de propagación se encuentra ZAF, si bien ésta es un poco inferior porque posee una porosidad mayor y su grado de cocción es más bajo. También sus valores son más heterogéneos, lo cual sugiere la presencia de un mayor número de irregularidades respecto a la muestra anterior.

Esto mismo sucede con la pieza JM, la más heterogénea y menos compacta de las tres. Esta pieza ha sufrido el desarrollo de abundantes fisuraciones y una escasa cohesión entre los granos, como veíamos en los apartados de POM y HRSEM.

CONCLUSIONES

Pese a la escasa aplicación que ha tenido esta técnica analítica en el caso de las piezas de obra real, los resultados que arroja respecto al estado interno de las terracotas son válidos y útiles, correspondiéndose los datos obtenidos con los avanzados por otras técnicas de análisis.

Si comparamos los resultados de estas tres obras reales con los obtenidos en las probetas de laboratorio (apartado D.3.1.5.7.), los valores obtenidos en ZAF y ZAM se encuentran dentro las medidas obtenidas (entre 2300 y 2900 m/s), mientras que JM se encontraría en el grupo de menor velocidad de propagación (entre 1300 y 1800 m/s), y debido a sus valores de Desviación Estándar podemos indicar que el estado de cohesión interno de esta pieza es heterogéneo y poco estable.

C.2.2.8. Espectrofotometría

METODOLOGÍA

El estudio relativo al color de las terracotas se ha llevado a cabo utilizando las coordenadas $L^*a^*b^*$ con el mismo equipamiento y condiciones descritos para las probetas de laboratorio en el apartado C.1.5.8.

Es cierto que este análisis resulta de gran utilidad en el estudio de los materiales cerámicos, ya que solo el color puede aportarnos información importante respecto a sus características de composición y estructura¹⁷⁸: presencia de ciertos minerales y sustancias colorantes (cantidad de óxidos e hidróxidos de hierro, carbonatos o materia orgánica) y tamaño de grano y textura (que influye en la homogeneidad del color). En definitiva, sus características petrográficas.

No obstante, esta técnica de análisis por sí sola y sin el apoyo de otros análisis relativos a mineralogía o composición, aporta una información relativa y poco discriminante¹⁷⁹. En efecto, es un método de clasificación que no aporta información real respecto a composición, tipología de la arcilla de origen y muy limitada sobre el grado de cocción y tipo de atmósfera en el horno. En este sentido, el control del color superficial e interno de una pieza puede más bien guiarnos sobre posibles deterioros por la presencia de contaminantes atmosféricos, cristalización de sales, aplicación de

¹⁷⁸ALVAREZ y GONZÁLEZ (1994)

¹⁷⁹ HORCAJADA (2015)

estucos o morteros y tratamientos anteriores, campo para el que sí tiene aplicación, como presencia de consolidantes¹⁸⁰, capas de protección superficiales o aglutinantes, por supuesto,.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en este apartado se intentarán enlazar las características de color con los datos de mineralogía y propiedades físicas que se han ido determinando.

¹⁸⁰CERROETA y GIOVANNONE (1989)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las esculturas estudiadas, en muchos casos presentan variaciones de color a simple vista, tal como veíamos ya en el apartado de XRD (C.2.2.2.) donde se tomaron, incluso, muestras diferentes de zonas más grises o rojas de la terracota (en el caso de ZAF y BHE, por ejemplo). Es por esto que se han realizado las medidas de color para documentar esas diferencias y variaciones, en algunos casos muy evidentes y en otros sólo ligeras.

En la tabla 36 se identificará cada pieza con la sigla de cada obra analizada como se ha venido haciendo hasta ahora, acompañada de un número según la medida tomada: en las piezas BN, MUC, ZAF y ZAM la medida "I" se tomó en una altura media de la pieza, siendo éste su color habitual, y la medida "II" a nivel de la base, cuando ésta presentaba diferencias cromáticas. En el caso de BHE, los colores medidos se percibían a simple vista como vetas de color bastante diferenciadas por toda la pieza, tomándose de nuevo la medida "I" en el color más intenso y la medida "II" en el que se percibía más suave; la medida "III" se corresponde con una anomalía cromática encontrada en la pieza, localizada en una de las esquinas. En la muestra BS se han referenciado las medidas de color como "a", "b" y "c" porque cada una de ellas corresponde a una figura diferente del conjunto de los *Sacramentos*.

La reducida superficie de terracota con algunos de los colores medidos no ha permitido realizar repeticiones, por lo que no se ha podido calcular en este caso la desviación estándar.

Recordar que el color de la muestra que se presenta en la tabla puede variar de la realidad en función de las características y técnicas de impresión, tipo de papel,... etc, aunque sí destaca una clara diferencia entre muestras.

Tabla 36. RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESPECTOFOTOMETRÍA EN OBRA REAL								
MUESTRA			PROMEDIO SCI (D65)					COL
			L*	a*	b*	C*	Hº	
1	BN	I	66,99	13,11	21,86	25,48	59	
		II	51,72	21,29	25,86	33,50	50	
	BNJ		61,10	12,80	21,64	24,88	58	
	CAM-EH		59,57	16,28	22,20	27,53	53	
	CAM-VS		61,78	13,53	17,38	22,03	52	
	MUC	I	64,29	14,66	23,58	27,77	58	
		II	51,72	21,29	25,86	33,50	50	
	ZEH		59,57	16,28	22,20	27,53	54	
2	BHE	I	60,50	11,66	18,34	21,73	57	
		II	64,75	14,50	33,41	25,48	59	
		III	65,76	2,09	12,29	12,46	80	
	BS	a	61,81	7,03	18,33	19,63	69	
		b	58,45	16,18	23,72	28,72	56	
		c	56,46	17,88	22,11	28,44	51	
	ISM		61,30	11,10	17,90	21,73	57	
	ZAF	I	59,70	11,80	17,89	22,05	57	
		II	61,81	7,03	18,33	19,63	69	
	ZAM	I	60,50	11,40	18,8	21,73	57	
II		55,01	8,41	16,78	18,78	63		
3	JM		64,68	8,54	15,54	18,82	62	
	MUSJ		63,04	1,17	10,58	10,65	84	
	PdC2		64,67	6,80	19,47	20,62	70	
4	BO		67,56	12,46	18,71	22,48	56	
	JN		64,75	14,50	23,41	27,53	58	

L* - valores de luminosidad; a* y b* -cromaticidad; C* -croma; Hº -ángulo de matiz; COL - aspecto visual de la pieza. Medidos por espectrofotómetro con iluminante D65 en modo SCI (componente especular incluido); 1 - artistas granadinos; 2 - talleres barristas granadinos; 3 - artistas externos; 4 - talleres barristas externos. I - medida del color general de la pieza; II - medida en la base de la pieza; III - medida de anomalía cromática; a, b y c - medidas de color en diferentes piezas del grupo

Todas las muestras tienen una luminosidad (L^*) comprendida entre 54 y 67 (tabla 36), lo que indica que son bastante claras, saliéndose de este rango solamente MUC II, que llega a 51. Se pueden diferenciar, de todas formas, dos grupos principales: la mayoría de las muestras se encuentran entre 56 y 62, y BN, MUC, BHE III, JM, MUSJ, PdC, BO y JN tienen una luminosidad entre 64 y 67.

Esta mayor luminosidad se suele asociar a una mayor cantidad de carbonatos. Éste es el caso de la obra BO, que contenía, según XRD, un 60% de carbonatos (tabla 30), y PdC, JN y BN contenían también una gran cantidad de fases minerales neoformadas derivadas de estos carbonatos.

Es destacable que en las piezas BN y MUCIa la medida de color más clara es aquella que se tomó en sus zonas más altas, siendo las zonas más bajas más oscuras. Dicho patrón se repite en ZAF y ZAM. De hecho, la medida de las zonas más cercanas a la base en BN y ZAM son las muestras más oscuras registradas, con 55 y 51, de luminosidad.

más agrisada de todas BHE III. En el caso de BN II, muestra un tono de rojo más intenso, llegando a 21.

Las medidas de a^* son más homogéneas, encontrándose todas las piezas entre 15 y 25 a excepción JN y BHE II, con un elevado 33, y BHE III que es muy gris.

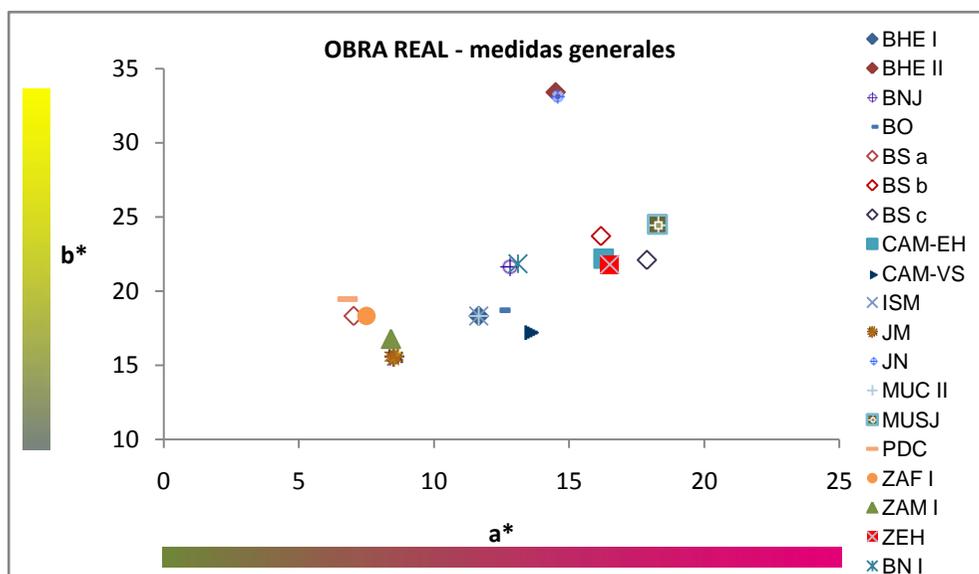


Figura 177. Valores de a^* versus b^* en las obras reales. Medidas generales

Eliminando las mediciones de color de las zonas anómalas en las esculturas (fig. 177), se pueden diferenciar cuatro grupos: más cerca del gris tanto en las medidas de a^* como de b^* se encuentran PdC, JN, ZAF I, ZAM I y BS c (alrededor de 7 en a^* y 18 en b^*), lo que indica un color general más amarillento que rojo, pero suave y apagado. En una tonalidad más equilibrada entre rojo y amarillo encontramos ISM, MUC II, CAM-VS y BO, (alrededor de 16 de b^* y 17-21 de a^*). El siguiente grupo tiene una intensidad mayor en ambos parámetros, alrededor de 18 de b^* y 17 de a^* , y son BS a, BS b, CAM-EH, MUSJ y ZEH. Por último nos encontramos tres muestras que se alejan

bastante de las demás, BHE II y JN, con un tono alto de amarillo (33 de b*) y BN I, cuyo color es de un rojo más intenso.

CONCLUSIONES

Es cierto que el color de la terracota depende tanto de la composición química y mineralógica de su arcilla de origen como de la temperatura de cocción y atmósfera del horno, además de la reactividad de la terracota a estos factores motivada por otras causas como su granulometría. No obstante, una clasificación hecha solamente por datos de color, sin otros estudios de tipo petrográfico, no es suficiente.

La diferenciación a simple vista de las terracotas cocidas a menor y mayor temperatura no es evidente. De hecho, las de mayor y menor temperatura se encuentran en grupos muy dispares. Tal vez en este caso las diferencias han sido menos acusadas debido a que todas las terracotas contienen carbonatos en abundancia, lo que las agrupa a todas prácticamente en el mismo rango de colores.

Algo más varía la luminosidad, donde sí se agrupan las terracotas cocidas a mayores temperaturas en valores de una luminosidad más alta.

Para lo que sí nos ha resultado útil esta técnica de análisis ha sido para dejar constancia de las diferencias cromáticas que se daban en las piezas, tanto si es por efecto de la cocción algo más elevada en las zonas bajas de la pieza (ZAM, ZAF, MUC, BN), como por una

mezcla no homogénea de componentes (BHE) o por la cocción diferente que han tenido distintas piezas de un mismo grupo (BS).

C.2.4. Discusiones generales

Gracias a los análisis de Fluorescencia de rayos X (XRF) se han podido diferenciar claramente las obras de Granada y Jaén de las que procedían de Sevilla y Córdoba, en las terracotas analizadas en esta Tesis. Este análisis químico ha aportando también indicios de elementos marcadores, como el Ni en Priego de Córdoba (PdC) y el Cl y el Sr en San José de Duque-Cornejo MUSJ).

La difracción de rayos X (XRD) ha ayudado a definir las temperaturas de cocción aproximadas de las piezas, informándonos también de particularidades como la coexistencia en la misma pieza de dolomita y dióxido, o la presencia de calcita a altas temperaturas, planteando algunas dudas respecto a la procedencia de ciertas fases minerales. También, ha ayudado a diferenciar de manera clara la tecnología de elaboración de las piezas entre talleres barristas y escultores, ya que las piezas elaboradas por artistas de primera fila como son *El Nacimiento* (BN) y el *Niño Jesús Dormido* (BNJ) del Monasterio de la Concepción, el *San José con el Niño* de Duque-Cornejo (MUSJ), el *Ecce-Homo* de Hermanos García (CAM-EH) y la *Inmaculada* y el *San José* de Priego de Córdoba (PdC) estaban cocidas a temperaturas más altas respecto a las pequeñas piezas de belenes o representaciones sacras procedentes de pequeños talleres como han sido el conjunto de la *Huída a Egipto* (BHE), los *Siete Sacramentos* (BS), *San Miguel Arcángel* (SM), *Belén* de Ortigas (BO) y, pese a ser de Diego de Mora, *La Virgen entregando el escapulario a San Simón Stock* (CAM-VS).

La microscopía óptica de polarización (POM) nos ha informado sobre la textura de las terracotas, permitiéndonos comprobar la granulometría, la distribución de las fases minerales en la muestra, la presencia de fisuras o falta de cohesión, y averiguar la presencia de calcita secundaria recristalizada en el interior de poros y fisuras, justificando su presencia junto con fases minerales típicas de altas temperaturas de cocción. Todo ello nos aporta datos sobre el método de elaboración de las esculturas, tanto por la diferencia entre las piezas de granulometría más fina y deszajeladas (CAM-EH, BN, CAM-VS, ISM, JN, MUSJ, PdC, y la *Ánimas* de la Zubia ZAF y ZAM) y las de textura y tratamiento más groseros (BHE, BO, BS, el *Jesús Caído* de Úbeda MUC, *El Ecce-Homo* de la Zubia ZEH y el Mural de *La Muerte de Manolete* de Jáen JM).

El estudio mediante microscopía electrónica de barrido con emisión de campo acoplado con el análisis de energía de dispersión de rayos X (HRSEM-EDX) ha completado la información previa, ayudando a diferenciar, aún más, entre la mineralogía y la textura de piezas que se parecían y documentar el grado de cohesión entre matriz y desgrasante: la presencia de microfisuras debidas a la contracción de las piezas, la separación de granos por el desarrollo de fisuras perimetrales, el grado de mayor o menor fusión de los filosilicatos según su tamaño, la aparición de fases de neoformación por reacciones similares a las que ocurren en el pirometamorfismo. También ha ayudado a aclarar el porqué de la coexistencia de fases minerales dispares en cuanto a temperaturas como el diópsido y la dolomita. La dolomita estaba presente junto al silicato silos granos eran de cierta envergadura lo que daba lugar a una migración diferencial de los iones de Ca y Mg hacia los bordes de

grano y generaba una curiosa estructura zonada. Esta microscopía ha permitido identificar también pequeños microfósiles cuando estaban presentes y que pueden ser marcadores de la procedencia de una pieza en una determinada zona geológico-geográfica, así como algunos minerales muy escasos en cuanto a tamaño y cantidad e imposibles de detectar con las técnicas analíticas anteriores, como el oro en CAM-EH, CAM-VS y el *Nacimiento* de Jaén (JN), y la cromita en PdC.

En este sentido, ha ayudado incluso a replantear el origen de JN como posible pieza granadina, e incluso aunar, por su textura fina y homogénea, las piezas JN y BN a principios del XIX por el tipo de tratamiento mecánico aplicado a la arcilla.

Los ensayos hídricos (HT) han ayudado a comprender la capacidad de las piezas de retener y eliminar agua, y de hecho han arrojado nuevos datos sobre el sistema poroso de las piezas. Entre aquellas obras que se encontraban más descohesionadas, tras las observaciones al microscopio mediante esta otra técnica se ha comprobado que JM y BHE sufrían una importante descohesión en el seno de las obras debido a la alta interconexión de poros que se ha medido. En el extremo contrario, es decir la difícil circulación del agua entre los poros, se han identificado aquellas piezas que habían desarrollado una estructura porosa de tipo celular, típica de una vitrificación más o menos intensa de la matriz.

Cabe indicar que en los ensayos hídricos se ha modificado parte de la metodología en lo que se refiere al tamaño de las muestras a ensayar, demostrando que el uso de probetas de pequeñas

dimensiones, con un peso inferior a 1,5 g, pueden aportar información fiable.

Mediante porosimetría de inyección de mercurio (MIP) se ha completado la información del sistema poroso de las terracotas, averiguando su distribución porométrica y enlazando los resultados de las obras reales con los de las probetas realizadas en laboratorio. Esto nos permite hacer ensayos destructivos, tales como los ensayos de envejecimiento o poder aplicar productos de conservación-restauración sobre las probetas de laboratorio que nos pueden servir para predecir la durabilidad de las obras reales y la eficacia de los tratamientos.

Aplicando esta técnica analítica se ha demostrado que el tamaño de muestra ideal a utilizar debe estar comprendido entre 0,8-0,9 g, lo cual es fundamental para la obtención de resultados fiables.

La medida de propagación de ondas ultrasónicas (UWP) ha sido utilizada en muy pocas muestras de obra real por las características específicas del equipamiento utilizado (transductores planos de 2,7 cm de diámetro); aunque se ha comprobado su potencialidad localizando las zonas de debilidad por la presencia importante de fisuras o disgregaciones sin la necesidad de dañarlas piezas al ser una técnica no destructiva. La alternativa tecnológica sería la de utilizar transductores cónicos que no necesitarían superficies planas para medir la velocidad de las ondas.

La espectrofotometría (SPF) ha permitido enlazar los datos de luminosidad y cromaticidad con zonas de defecto de las piezas como, por ejemplo, pliegues de acumulación de arcilla, vetas de

material diferenciado o golpes de calor que han oscurecido las superficies.

La comparación de las obras de arte real con las probetas de yacimientos de arcillas granadinas ha mostrado algunas similitudes en composición y comportamiento físico en muchas de ellas; aunque solo se han podido relacionar claramente tres piezas, ZAF, ZAM y ZEH, con el yacimiento de Víznar. Sin embargo, se ha creado una base de datos detallada de las características mineralógicas, texturales y físicas de los yacimientos arcillosos aflorantes alrededor de las ciudades de Granada y Guadix, muy útil a la hora de averiguar la procedencia de una pieza escultórica en terracota si ésta hubiese sido elaborada con una materia prima procedente de esas dos áreas geográficas.

Respecto al protocolo de aplicación de las técnicas de análisis, se ha utilizado con éxito y en la mayoría de los casos el esquema definido por las probetas en la tabla 26. No obstante, se ha optimizado el método de extracción de las muestras, realizando ésta durante el estudio organoléptico de las obras, y las primeras fases de su restauración.

OBTENCIÓN DE MUESTRA

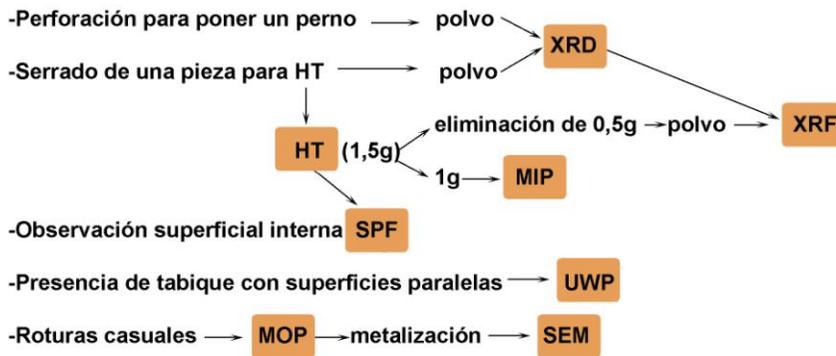


Gráfico 2. Representación esquemática de la optimización del método de obtención de muestra. Leyenda: **HT** – ensayos hídricos; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** – microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X

En general, muchas de las muestras utilizadas para XRD y POM y HRSEM-EDX, al ser de pequeñas dimensiones (0,3 g para XRD y lascas de 2-3 mm para POM y HRSEM), se han podido obtener de fragmentos desprendidos de la propia escultura, repitiéndose los análisis de distintas zonas utilizando el polvo desprendido durante la fase de restauración, como es el caso, por ejemplo, de realizar perforaciones para colocar un perno. Los análisis que han exigido una toma de muestra, siempre de la parte interna, no visible, de la pieza, ha sido HT. En este proceso, de nuevo, se generaba polvo y fragmentos que iban a ser utilizados para los análisis de MIP y XRF.

D. CONCLUSIONES

Mediante el estudio histórico y artístico del entorno de Granada se han podido localizar diversos yacimientos de tierras arcillosas tradicionalmente utilizadas para alfarería fina y escultura, de los cuales se han podido testar sólo algunos, apareciendo aún más yacimientos de interés durante el desarrollo de esta Tesis Doctoral.

De todos ellos, se ha podido comprobar la diversidad, principalmente en lo que concierne a textura y granulometría, ya que son de una composición mineralógica similar, apreciablemente variable en la cantidad de carbonatos y en la presencia de yeso en algunos de ellos. En general, todas las tierras estudiadas son bastante calcáreas a excepción de Guadix, siendo El Fargue la más calcárea, llegando a clasificarse como marga. La diversidad en la granulometría de las muestras es lo que ha dado lugar a un comportamiento diferente, debido a la mayor reactividad a la temperatura de cocción de las arcillas con tamaño de grano más fino.

Respecto a las terracotas escultóricas analizadas en esta Tesis Doctoral, la gran mayoría son de distintas procedencias, autorías y tecnologías de elaboración, y presentan patologías y comportamientos muy diferentes pese a estar conservadas en los mismos ambientes, en muchos casos.

Se ha podido efectuar una comparación entre los diferentes métodos de elaboración respecto a su origen (si se trata de una pieza escultórica de artista o una obra de taller barrista popular),

encontrando la mayoría de las diferencias en tipo de granulometría de la tierra arcillosa de origen y en la tecnología de elaboración.

En cuanto al tratamiento de la materia prima, se ha apreciado un deszajelado y en algunos casos también una molienda más efectiva en las piezas de escultor, lo cual da lugar a una granulometría más fina y, por tanto, una mayor reactividad de las fases minerales de la pieza durante la cocción, además de una mejor estabilidad por la mayor cantidad de fundido producido.

Destacan dos aspectos en la tecnología de elaboración de las piezas escultóricas como son el amasado de la masa arcillosa y la temperatura de cocción alcanzada. Se han encontrado varias piezas con un amasado deficiente que ha provocado la formación pliegues y grumos por acumulación de materia arcillosa, lo cual da lugar a diferencias en el grado de vitrificación en distintas zonas de la pieza y, en casos extremos, laminaciones y descamaciones. Por otro lado, una gran cantidad de piezas muestran un grado de cocción insuficiente y con una gran cantidad de carbonatos, lo que ha provocado en algunos casos la aparición de caliches y una descohesión general, visibles por microscopía óptica y electrónica.

Por otro lado, se ha podido constatar la diferente composición de las piezas granadinas, sevillanas y cordobesas, si bien las de Jaén son más similares a las de Granada, y las cordobesas más similares a las sevillanas. Esta diferenciación se apoya en la presencia de elementos químicos marcadores respecto a la naturaleza de las arcillas, tipos de microfósiles y fases minerales características, que permite, a *grosso modo*, una posible atribución geográfica. Ésta

atribución ha sido posible únicamente para las piezas de La Zubia con el yacimiento de Víznar. Será necesario seguir investigando la relación entre las esculturas de Diego de Mora y Hermanos García (CAM-EH y CAM-VS) con los yacimientos localizados pero no analizados de las Cuevas de Rabé y el Cerro de las Barreras. Es destacable el hecho de que la información extraída a partir de las técnicas analíticas ha llevado a dudar del origen giennense de la pieza del *Nacimiento* de Jaén (JN), por su similitud con CAM-EH y CAM-VS y la aparición en todas ellas de oro como mineral marcador.

Con los datos obtenidos se puede afirmar que se han alcanzado los objetivos de conocer tanto la tecnología de creación como el material de origen de una obra en terracota, enlazándolos y explicando su estado de conservación actual.

Comparando los resultados del estudio analítico de las piezas escultóricas con su estado actual de conservación, se han podido deducir las causas de toda una serie de deterioros que se resumen en la siguiente tabla 36.

Tabla 36. IDENTIFICACIÓN ANALÍTICA DE CARACTERÍSTICAS DE LA TERRACOTA

CAMPO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICA		CAUSA	PIEZAS AFECTADAS	MÉTODO DE ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN
MATERIAL DE ORIGEN	Contenido elevado en yeso		posible composición de Limos de Cenes-Jun	CAM-EH, MUC, BHE	XRF XRD POM SEM-EDX HT MIP SPF
	Contenido elevado en carbonatos		posible procedencia de Beiro, Jun, Víznar, o mezclas con Fargue	BO, ISM, BS, CAM-VS	
	Escasez de filosilicatos		posible procedencia de Beiro, Diezma gris o Jun	--	
	Escasez de desgrasante		posible procedencia de Diezma gris o Monachil	JN, BO, CAM-VS	
TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN	Granulometría	Gruesa	deszajelado escaso	JM, BO, BNJ, MUC, ZEH, BHE	POM SEM-EDX HT MIP UWP
		Fina	deszajelado	CAM-EH, CAM-VS, ISM, ZAM, ZAF, PdC	
		Muy homogénea	molturado	JN, BN	
	Presencia de carbonatos	Abundante	putrición de la arcilla escasa	BO, ISM, BS, MUC, CAM-VS, ZEH	XRF XRD POM SEM-EDX
		Escasa	putrición de la arcilla	ZAF, ZAM, BN, BNJ, JN, PdC	
	Presencia de grano grandes de anhidrita	Presencia	arcilla no meteorizada	CAM-EH, MUC, BHE, BO	SEM-EDX POM XRF
		Ausencia	arcilla meteorizada	--	
	Caliches	Presencia	no inmersión de la pieza en agua tras su cocción	BS, BN, JN	SEM-EDX XRF XRD
			putrición de la arcilla escasa		
		Ausencia (en arcilla calcárea)	putrición de la arcilla inmersión de la pieza en agua tras su cocción	BS, ISM, MUSJ	
	Grado de cocción	Suficiente	temperatura de cocción y tiempo de cocción adecuados	todas a excepción de:	XRD MOP SEM-EDX HT MIP UWP
		Insuficiente	temperatura de cocción y tiempo de cocción insuficientes	BHE, BO, BS, JM, MUC	

Legenda: **HT** – ensayos hídricos; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** –microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X; **BN** – Nacimiento; **BNJ** – Niño Jesús Dormido; **BO** – Belén Ortigas; **BS** – Siete Sacramentos; **CAM-EH** – Ecce-Homo de Hermanos García; **CAM-VS** – Virgen y San Simón Stock; **ISM** – San Miguel; **JN** – Nacimiento de Jaén; **JM** – Mural de Francisco Baños; **MUSJ** – San José de Duque-Cornejo; **PdC** – Inmaculada y San José de Priego de Córdoba; **BHE** – Huída a Egipto; **ZAF** – Ánima Femenina; **ZAM** – Ánima Masculina; **ZEH** – Ecce-Homo de La Zubia

CAMPO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICA	CAUSA INTRÍNSECA		PIEZAS AFECTADAS	MÉTODO DE ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN	
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Escasa resistencia mecánica	cocción escasa	falta de fundido	BS, BO, JM, ZEH, MUC, BS	HT UWP MIP	
		escasez de filosilicatos	falta de fundido			
	Disgregaciones	cocción muy escasa	falta de fundido	BS		
		escasez de filosilicatos de grano fino	falta de fundido			
	Eflorescencias salinas	retención de humedad	porosidad celular	JN, BN		SEM-EDX HT MIP
	Caliches	deszajelado escaso	granos grandes de CaCO ₃	BS		SEM-EDX XRF XRD
		putrición escasa				
		molturación		BN, JN		
	Laminaciones	escasez de amasado		BHE		POM SEM-EDX UWP
		diferenciación de materiales				
abrillantado superficial						
Comportamiento diferenciado	Vetas de distinto color	escasez de amasado	BHE	POM SEM-EDX UWP SPF		
		diferencias de composición				
	diferencias de cohesión	acumulación de materia fina localizada	MUC, MUSJ			
Fisuras y grietas por contracción	Aparición de un punto débil	escasez de desgrasante	JN, BN			
		exceso de filosilicatos				

Leyenda: **HT** – ensayos hídricos; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** –microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X; **BN** – *Nacimiento*; **BNJ** – *Niño Jesús Dormido*; **BO** – *Belén Ortigas*; **BS** – *Siete Sacramentos*; **CAM-EH** – *Ecce-Homo de Hermanos García*; **CAM-VS** – *Virgen y San Simón Stock*; **ISM** – *San Miguel*; **JN** – *Nacimiento de Jaén*; **JM** – *Mural de Francisco Baños*; **MUSJ** – *San José de Duque-Cornejo*; **PdC** – *Inmaculada y San José de Priego de Córdoba*; **BHE** – *Huída a Egipto*; **ZAF** – *Ánima Femenina*; **ZAM** – *Ánima Masculina*; **ZEH** – *Ecce-Homo de La Zubia*

De aquí que la información procedente del estudio analítico sea aplicable no sólo al conocimiento de la pieza, sino también con vistas a su conservación preventiva, como puede ser su reacción

frente a presencia de humedad, y para la toma de decisiones respecto a tratamientos de conservación y restauración, al poder medir el nivel de penetración de consolidantes, retención de disolventes, eliminación de sales, etc.

Por otro lado, se ha demostrado que es necesario llevar a cabo todo el protocolo, ya que cada análisis arroja información que se complementa y se completa con los demás, ejercicio sin el cual se pueden llegar a conclusiones parciales y muchas veces erróneas, Éste ha sido, por ejemplo, el caso de la presencia de calcita en terracotas cocidas a alta temperatura (identificada por XRD y debido a la cristalización de calcita secundaria observada al POM y HRSEM), la coexistencia de dióxido y dolomita (ambos identificados por XRD y debido a la presencia de grandes granos de dolomita, que reaccionaban con los silicatos únicamente en su porción más externa así como se ha visto en HRSEM); el aparente grado de cocción similar de varias piezas se comprobó que no era tal. CAM-EH, CAM-VS, ZAF y ZAM parecían similares mediante POM, pero mediante HRSEM y XRD se observó una clara diferencia en el grado de vitrificación.

Por supuesto, algunas técnicas se consideran más específicas para necesidades de información muy concretas, como la velocidad de propagación de ondas ultrasónicas (UWP) para investigar la densidad y compacidad interna de las piezas, o la termoluminiscencia con conteo de partículas α y β (TL-conteo α y β) para atribuir cronológicamente una obra. Esta última no ha sido aplicada a ninguna de las obras estudiadas en esta Tesis Doctoral por su elevado coste; sin embargo se considera positiva su utilidad al

aportar una atribución cronológica fiable y precisa de las piezas cerámicas, aunque se necesite un elevado coste para su realización y una cantidad de muestra considerable (2 g).

Respecto a la aplicabilidad del protocolo de estudio, se han llevado a cabo más análisis y extracción de muestras de las reflejadas en la presente memoria, lo que ha permitido elaborar una tabla y figura finales (tabla 37 y fig. 178), que refleja estadísticamente la utilidad de las distintas técnicas utilizadas en relación con la envergadura de la pieza a estudiar, principalmente.

De las 350 esculturas estudiadas y restauradas, se extrajeron muestras para su análisis a 50 de ellas. En verde se reflejan las piezas estudiadas en esta Tesis Doctoral.

Debe indicarse que se han tomado muestras de 50 piezas del amplio grupo de obras restauradas, no por la imposibilidad de extracción, sino porque en muchos casos no se consideró necesario, al tratarse de figuras del mismo conjunto o escena y, por tanto, el muestreo no estaba justificado. De este modo, en el estudio estadístico no se tiene en cuenta el número total de piezas restauradas (350), sino las que han sido estudiadas y reflejadas en esta Tesis (50).

Esta decisión respecto a la extracción de muestras ha estado muy influenciada por todo el trabajo de investigación previo a la restauración de las piezas, expresado en las fichas de catalogación y estado de conservación: mediante el estudio en profundidad de las características estilísticas y técnicas se pudieron agrupar o diferenciar las distintas obras de un mismo grupo o conjunto histórica

y artísticamente, estableciendo si su procedencia y características de elaboración podrían indicar la mano de un artista o de un taller barrista. A partir de esta primera premisa de diferenciación, el estado de conservación de cada una de las piezas, de nuevo reflejado en sus correspondientes fichas, indicó si el mismo grupo de piezas pertenecientes a un mismo conjunto (como en el caso de BN, BHE, BS, ZAF y ZAM, PdC, BO o JN) presentaban las mismas alteraciones o mostraban diferencias sustanciales de conservación. En el primer caso, solamente se analizaría una de las piezas, considerándola representativa del conjunto, y en el segundo se procuraría la extracción de muestra de varias de las piezas para comprobar la causa de tal diferencia de durabilidad. Éste fue el caso de los conjuntos BHE, BN, BS, ZA, PdC, BV, NSF, cuyo estudio estilístico y artístico era similar, si bien no así su estado de conservación. En el caso de JN, las diferencias eran principalmente estilísticas, por lo que se decidió investigar sus similitudes físicas, químicas y mineralógicas para comprobar si su procedencia era la misma.

Por otro lado, la elaboración de las fichas relativas a la extracción de muestra y a la aplicación de los análisis y ensayos sobre ellas, permite en primer lugar acceder a la información resumida de manera rápida y eficaz, aportando en un primer vistazo todos los datos disponibles e interpretaciones principales; y, en segundo lugar ayuda a justificar la causa y zona de extracción de las muestras, comprobando el grado de alteración provocado a la pieza mediante ésta (que siempre se procura que sea la menor posible) y la importancia o visibilidad de la zona de extracción. También se refleja el estado final de esa muestra (destruida, contaminada,

conservada) por si pudiera ser accesible para futuros análisis sin necesidad de volver a extraer material, o para poder conocer con la antelación suficiente el orden de realización de análisis y/o el aprovechamiento de una misma muestra.

Por todo ello, se puede comprobar que la base de datos creada a partir de la elaboración de fichas con la información de las obras de arte resulta eficaz, no solamente para el control histórico de dichas piezas, sino como parte muy necesaria del protocolo de estudio de las mismas, al suponer un punto de arranque necesario (en cuanto a las fichas técnicas y de estado de conservación) y un punto final concluyente (respecto a las fichas de métodos de análisis).

Tabla 37. APLICABILIDAD DEL PROTOCOLO DE ESTUDIO DE SOPORTE EN TERRACOTA									
ESCULTURA		XRF	XRD	POM	SEM-EDX	HT	MIP	UWP	SPF
REFERENCIA	ENVERGADURA								
BCC	26,5x12x9,5 cm		X	X	X				
BHE	1	10x10x2,5 cm	X	X	X	X	X		X
	A	7,5x5x6,5 cm		X					X
BI	24x8,5x7,5 cm		X	X	X	X			
BN	1	19x13,5x13 cm		X	X	X			X
	2	21x10,5x17 cm		X	X	X			X
BNJ	29x21x17 cm	X	X	X	X	X	X		X
BO	4	10,5x3x4 cm		X					X
	26	7,5x4x4,4 cm		X	X	X			
BS	1.1	13x3,5x3 cm		X	X	X			
	3.2	4x2x3 cm		X					X
	5.6	6x3,3x3 cm		X					
	7.2	8,5x2x2 cm		X					
	8.1	4x2x3 cm		X					
BSA	1	13x7,5x7 cm		X	X				
BSF	2	13,5x7x7 cm		X	X	X			
BSM	1	35x11x11 cm		X	X	X			
BV	4-1	12x5x6 cm		X					
	6-2	14x6x5,5 cm		X	X	X			
	7-6	10x5,5x5,5 cm		X					
	8-1	25x20x9 cm		X	X	X	X	X	X
CAM-EH	35x35x11 cm	X	X	X	X	X	X		X
CAM-SA	30x14x12 cm		X	X	X				

CAM-SS		13x4,7x4,7 cm		X						X
CAM-VS	1	23,5x16x12 cm	X	X	X	X		X		X
	2	27x29x18 cm		X						
CAP		20x15x5,5 cm		X	X	X				
CSFJ		25,5x16x8 cm		X	X	X				
Fm 0021		22,2x26x10,3 cm	X	X	X	X	X	X	X	
Fm 0031		20x26,3x16 cm	X	X	X	X	X	X	X	
Fm 0035		31x32,2x26,8 cm		X	X	X				
Fm 0025		25x23,4x11 cm	X	X	X	X	X	X	X	
Gr-I		20,5x13x13 cm		X	X	X				
ISFP		50x15x19 cm		X	X	X	X	X		
ISM		45x20x20 cm		X	X	X		X		X
JM		2,30x5,42 m		X	X	X	X	X	X	X
JN	2	12,5x4,5x7 cm		X	X	X	X	X		X
	5	6,5x2,5x3 cm		X	X	X				X
MUC		23x30x18,5 cm		X	X	X				X
MUSJ		52x30x30 cm	X	X	X	X	X	X		X
NS		10,6x5,5x3,5cm		X	X	X				
NSA		20x7,5x7,5 cm		X	X	X				
NSC		10x7x7 cm		X	X	X	X			
NSF	1	24x10x10 cm		X	X	X	X	X		
	3	6x3x3 cm		X						
PdC	1	35x20x20 cm	X	X	X	X	X	X		X
	2	35x20x20 cm		X	X	X	X	X		X
ZA	F	40x20x25 cm	X	X	X	X	X	X	X	X
	M	43x20x23 cm		X	X	X	X	X	X	X
ZEH		30x45x20 cm	X	X	X	X	X	X		X
TOTAL			11	50	39	39	18	19	6	22

Leyenda: **HT** – ensayos hídricos; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** –microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X

BCC – *Cristo atado a la Columna*-Sala de los barro, Monasterio de la Concepción

BHE – *Huída a Egipto*- Sala de los barro, Monasterio de la Concepción

BI – *Virgen Inmaculada*-Sala de los barro, Monasterio de la Concepción

BN – *Nacimiento*- Sala de los barro, Monasterio de la Concepción

BNJ – *Niño Jesús Dormido*- Sala de los barro, Monasterio de la Concepción

- BS** – *Siete Sacramentos*- Sala de los barros, Monasterio de la Concepción
- BSA** – *Santa Ana enseñando a leer a la Virgen*-Sala de los barros, Monasterio de la Concepción
- BSF** – *Sagrada Familia*-Sala de los barros, Monasterio de la Concepción
- BSM** – *San Miguel*-Sala de los barros, Monasterio de la Concepción
- BV** – *Escenas de la Vida de la Virgen*-Sala de los barros, Monasterio de la Concepción
- CAM-EH** – *Ecce-Homo*-Monasterio de la Encarnación.
- CAM-SA** – *San Alberto de Jerusalem*- Monasterio de la Encarnación.
- CAM-SS** – *San Sebastián*- Monasterio de la Encarnación.
- CAM-VS** – *Virgen Entregando el escapulario a San Simón Stock*- Monasterio de la Encarnación.
- CAP** – *San Antonio de Padua*-Clausura, Monasterio de la Concepción
- CSFJ** – *San Francisco Javier*-Clausura, Monasterio de la Concepción
- Fm 0021** – Modelo clínico 0021-Facultad de Medicina
- Fm 0031** – Modelo clínico 0031-Facultad de Medicina
- Fm 0035** – Modelo clínico 0035-Facultad de Medicina
- Fm 0025** – Modelo clínico 0025-Facultad de Medicina
- Gr-I** – *Inmaculada* de Fco. Collado-Particular de Granada
- ISFP** – *San Francisco de Paula*-Iglesia, Monasterio de la Concepción
- ISM** – *San Miguel Arcángel*-Iglesia. Monasterio de la Concepción
- JM** – Relieve mural de Francisco Baños- Ayuntamiento de Linares
- JN** – *Nacimiento* de Jaén-Domicilio particular, Jaén
- MUC** – *Jesús Caído*-Museo, Convento de San Juan de la Cruz
- MUSJ** – *San José con el Niño*- Museo, Convento de San Juan de la Cruz
- NS** – *Santiago*-Sala de los Niños, Monasterio de la Concepción
- NSA** – *San Antonio de Padua*- Sala de los Niños, Monasterio de la Concepción
- NSC** – *Sagrado Corazón Niño*-Sala de los Niños, Monasterio de la Concepción
- NSF** – *San Francisco de Asís*-Sala de los Niños, Monasterio de la Concepción
- PdC 1**– *Inmaculada*-Ermita, Ermita de Belén
- PdC 2** – *San José con el Niño*-Ermita, Ermita de Belén
- ZAF** – *Ánima Femenina*-Sacristía, Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción
- ZAM** – *Ánima Masculina*-Sacristía, Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción

ESTUDIO ESTADÍSTICO SOBRE LA APLICABILIDAD DEL PROTOCOLO DE ESTUDIO DE SOPORTE EN TERRACOTA

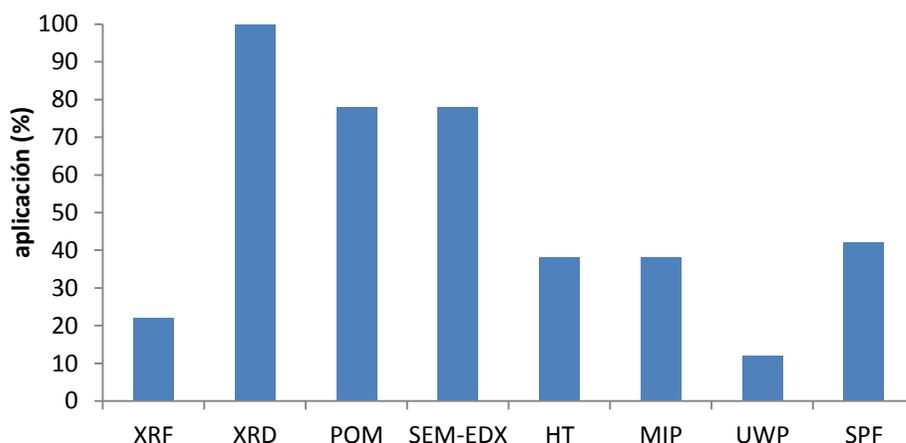


Figura 178. Diagrama de barras que expresa el porcentaje de aplicación de las distintas técnicas de análisis a las piezas de obra real. Leyenda: **HT** – ensayos hídricos; **MIP** – porosimetría de inyección de mercurio; **POM** – microscopía óptica de polarización; **SEM-EDX** –microscopía electrónica de barrido con microanálisis por energía de dispersión de rayos X; **SPF** – espectrofotometría; **UWP** – propagación de ondas ultrasónicas; **XRD** – difracción de rayos X; **XRF** – fluorescencia de rayos X

La difracción de rayos X ha sido efectuada sobre el 100% de las terracotas, gracias a la escasa cantidad de muestra precisada para el análisis. La elaboración de una lámina delgada para la observación de las fases minerales y la textura por microscopía óptica de polarización y electrónica de barrido se ha podido realizar a un 78% de las piezas muestreadas, también en este caso por la escasa cantidad de muestra que se necesita. Las siguientes técnicas de análisis más aplicadas han sido la espectrofotometría con un 42% de medidas y los ensayos hídricos y la porosimetría de inyección de mercurio, ambas con un 38%. La fluorescencia de rayos X ha sido realizada sobre el 22% de terracotas y finalmente los ultrasonidos

han podido ser medidos únicamente sobre el 12% del total de piezas.

A considerar que las piezas de mayores dimensiones tienen posibilidad de mayor superficie libre, además de permitir la extracción de una mayor cantidad de muestra, lo que deriva en poder realizar todo tipo de análisis. Por el contrario, las obras de pequeño tamaño sólo permiten la extracción de fragmentos para llevar a cabo el análisis mineralógico y en algunos casos el textural, y en todos los casos coincidiendo con la necesidad de restauración de la obra, ya que así se realizan menos extracciones al aprovechar, por ejemplo, la necesidad de practicar un orificio para insertar un perno, recogiendo el polvo resultante, o el desprendimiento de lascas de material al separarse fragmentos unidos con adhesivos no adecuados... y, siempre, realizando las extracciones y manipulando las obras un restaurador. El restaurador profesional será el más apropiado para manipular la obra, determinar la zona de extracción, extraer la muestra en porción o en polvo y, en caso de ser necesario, reforzar, consolidar o integrar la zona intervenida.

Aquellas técnicas de análisis que precisan una extracción de muestra de mayor tamaño como son ensayos hídricos, porosimetría de inyección de mercurio y fluorescencia de rayos X, han sido las menos utilizadas.

A partir de esta Tesis Doctoral se abren futuras líneas de investigación, entre las que se incluyen:

- Llevar a cabo una comparación exhaustiva entre las características químicas, mineralógicas y físicas de las tierras

arcillosas granadinas con las de otras provincias andaluzas, para establecer si su caracterización puede aportar la atribución geográfica del material de origen con el que se ha elaborado una escultura en terracota.

- Realizar una comparación más amplia de las características químicas, mineralógicas y físicas de las terracotas granadinas con las de otras provincias, para afianzar la premisa lanzada en la actual Tesis sobre la posibilidad de atribuir geográficamente las obras de arte en terracota.
- Seguir investigando los yacimientos arcillosos granadinos localizados mediante bibliografía, pero no analizados en la actual Tesis Doctoral
- Aplicar la datación por termoluminiscencia con conteo de partículas α y β sobre las esculturas atribuidas a autores de reconocido prestigio, para establecer su validez real como método de datación para escultura en terracota.
- Aportar información a otros campos sobre la tipología, composición y comportamiento de los yacimientos arcillosos de la provincia de Granada.
- Aportar un protocolo de actuación, no sólo para obra de arte escultórico, sino para otro tipo de piezas, como es el caso de las arqueológicas, e, incluso, aportar este protocolo para estudiar y caracterizar los yacimientos de otras provincias que no hayan sido aún llevadas a cabo o para ampliar las que ya se están realizando.
- Facilitar su difusión de toda esta base de datos a medios web para favorecer el acceso de la información al resto de la comunidad investigadora, de manera que sea más factible

su aprovechamiento, el acceso y el intercambio de información y su ampliación por otros usuarios.

E. BIBLIOGRAFÍA

ABEYRATNE, M., 1994 "TL dating of Sri-Lankan archaeological sites" in Quaternary Science Reviews, vol. 13, nº 5-7, pp. 585-588

ADAN-BAYEWITZ D.; ASARO F. & GIAUQUE, R.D., 1999 "Determining pottery provenance of a new high-precision x-ray fluorescence method and comparison with instrumental neutron activation analysis" in Archaeometry, vol.41, part 1, pp.1-24

ADARO, Empresa Nacional de Investigaciones Mineras S.A, 1982 "Investigación geológica y tecnológica de arcillas en Andalucía", vol. I-II-III, s/e

ADRIAENS, A.; DEGRIGNY, C. & CASSAR, J.A., (eds.) 2005, "Benefits of non-Destructive Analytical Techniques for Conservation". European Commission EUR 21636 EN. Brussels.

AITKEN, M.J., 1961 "Physics and Archaeology", ed. Interscience, New York

AITKEN, M.J., 1985 "Thermoluminescence Dating", Ed. Academic Press, London

ALESSANDRINI, G.; BOCCI, A. M.; ERCOLANI, G. & FABBRI, B., 1995a "Decorative Friezes in the Portinari Chapel of St. Eustorgio's Church in Milan: composition and conservation of terracotta" in The cultural Ceramic Heritage: 3th European Meeting on Ancient ceramic, Ed. Fabbri, Faenza

ALESSANDRINI, G.; BOCCI, A. M.; COLOMBO, C.; NEGROTTI, R.; ERCOLANI, G.; FABBRI, B. & PONTICELLI, S., 1995b "Composition and degradation of bricks and ornamental terracotta of Ca' Granada in Milan: part 1: the 17th century facing" in The cultural Ceramic Heritage: 3th European Meeting on Ancient ceramic, Ed. Fabbri, Faenza

ALIA, J.M.; EDWARDS, H.G.M.; GARCÍA-NAVARRO, F.J.; PARRAS-ARMENTEROS, J. & SANCHEZ-JIMÉNEZ, C.J., 1999 "Application of FT-Raman spectroscopy to quality control in brick clays firing process" in Talanta, vol. 50, nº 2, pp. 291-298

ALMAGRO GORBEA, M., 1980 "Corpus de las terracotas de Ibiza", Madrid, pp. 17-21

ALVAREZ, R.P.; VAN ESPEN, P.J.M.; PLA, R.R.; ROSSI, E.M.; DELGADO, R.A.; TORRES, P.P.G.; GONZALEZ, M.C., 2003 "Compositional classification of archaeological pottery based on INAA and SEM-EDX" in Journal of Trace and Microprobe techniques, vol.21, nº 4, pp.677-695

ALVAREZ DE BUERGO, B.M., 1997 "Caracterización, alteración medioambiental y restauración en paramentos del patrimonio arquitectónico", Ed. Cedex, Ministerio de Fomento, Madrid

ÁLVAREZ DE BUERGO BALLESTER, M. y GONZÁLEZ LIMÓN, T., 1994 "Restauración de edificios monumentales", en CEDES, p. 350

ÁLVAREZ DE MORALES, C, y ORIHUELA UZAL, A., 2013 "La Casa del Chapiz", Ed. CSIC.

AMORÓS, J. L., ORTS, M. J., 2001 "La cocción. La última etapa del proceso cerámico" en *Materias Primas y Métodos de Producción de Materiales Cerámicos*, pp.116-133

ANZANO, J.M.; VILLORIA, M.A.; GORNUSHKIN, I.B.; SMITH, B.W.; & WINEFORDNER, J.D., 2002 "Laser induced plasma spectroscopy for characterization of archaeological material" in *Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy*, vol.47, nº 5, pp.134-140

APARICIO FERNÁNDEZ, P.; HERRERA SAAVEDRA, A.; FLORES ALES, V. y GARCÍA, L., 2001 "Caracterización Arqueométrica de Azulejos Sevillanos" en *III Congreso Nacional de Arqueometría*, pp. 270-278

ARAS, A., 2004, "The change of phase composition in kaolinite- and illite-rich clay-based ceramic bodies" in *Applied Clay Science*, nº 24, pp. 257-269

ARENILLAS TORREJÓN, J.A. y MARTÍNEZ MONTIEL, L.F. (coord.) 2014 "Manual de documentación de patrimonio mueble", Ed. Junta de Andalucía

ARREDONDO, F. 1980 "Estudio de materiales", Ed. Instituto Eduardo Torroja

ARRIBAS, A., BAEZA, E., BERMÚDEZ, D., BLANCO, S., DURÁN, J.J., GARRIDO, G., GUMIEL, J.C., HERNÁNDEZ, R., SORIA, J.M. y VISERAS, C., 2004 "Nuevos registros paleontológicos de grandes mamíferos en la Cuenca de Guadix-Baza (Granada): aportaciones del Proyecto Fonelas al conocimiento sobre las faunas continentales del Plioceno-

Pleistoceno europeo" en Boletín Geológico y Minero, n 115, vol. 3, 567-581.

ARRIBAS, M.E.; FERNÁNDEZ, J. y GARCÍA AGUILAR, J.M., 1988 "Análisis sedimentológico de los materiales lacustres (Formación de Gorafe-Huélago) del sector central de la depresión de Guadix" en Estudios Geológicos, vol. 44, pp. 61-73

ASHURST, J., 1988 "Brick, terracotta and earth" Collection "Practical Building Conservation Series", vol. II

Asociación de Ceramología, 1995 "Rehabilitación de la azulejería en la arquitectura", Ed. Asociación de Ceramología, Alicante

Asociación de Ceramología, 1992 "Tecnología de la cocción cerámica desde la antigüedad a nuestros días", Ed. Asociación de Ceramología, Alicante

ASSAL, H.H.; HASSAN, H.S. & ABD EL-GHAFOUR, N.G., 1999 "Building bricks from calcareous clays" in Silicates Industries, vol. 64, nº 9-10, pp. 145-151

ASTM D 2845-08 2008. Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rocks. ASTM International Standards Worldwide, Pennsylvania

ATCHOLI, K.E.; PADAYODI, E.; PERREUX, D. & VANTOMME J., 2000 "Measurement of the porosity in clay matrixes cooked between 500 degrees C and 1060 degrees C by non-destructive control: Porosimetry to water" in Emerging Technologies in NDT, pp. 283-289

BAILIFF, I.K. & HOLLAND, N., 2000 "Dating bricks of the last two millennia from Newcastle upon Tyne: a preliminary study" in *Radiation Measurements*, vol. 32, nº 5-6, pp. 615-619

BAKRAJI, E.H.; TOMAN, I.; SARHIL, A. & AL-SOMEL, N. 2002 "Application of instrumental neutron activation analysis and multivariate statistical methods to archaeological Syrian ceramics" in *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, vol. 20, num.1, pp.57-68

BALLA, M.; KEOMLEY, G. & ROSNER, G. 1990 "Neutron-activation analysis for provenance studies of archaeological ceramics" in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry-articles*, vol.141, num.1, pp.7-16

BANCROFT, G.M.; MADDOCK, A.G. & BURNS, R.G., 1967 "Geochimica and Cosmochimica Acta, vol. 31

BANDERA BISTOLETTI, S & GALLONE GALASSI, A., 1986 "Conservation and scientific investigations on the terracotta polychrome sculptures by Agostino de' Fondulis in San Satiro, Milan (1482-1483)" *Contributions to the 7th IIC Congress*, pp. 116-121

BARAHONA, E., 1974 "Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada" Tesis doctoral Dpto. Mineralogía y Petrología defendida en la Universidad de Granada

BARBERO, M. P., 1997 "Informe de Restauración de tres Ecce Homo", Junta de Andalucía, s/e

BARBERO, M. P., 1998 "Memoria de Conservación y Restauración de tres Ecce Homo", Junta de Andalucía, s/e.

BARONE, G.; CRUPI, V.; GALLI, S.; MAJOLINO, D.; MIGLIARDO, P. & VENUTI, V. 2003 "Spectroscopic investigation of Greek ceramic artefacts" in *Journal of Molecular Structure*, vol. 651, n° 1, pp. 449-458

BAUDRY, M. T.; BOZO, D.; CHASTEL, A. et THIRION, J., 1978 "Principes d'analyse scientifique. La sculpture, methode et vocabulaire", Ed. Imprimerie Nationale, Paris

BAULUZ, B.; MAYAYO, M.J.; FERNÁNDEZ-NIETO, C.; CULTRONE, G. & LÓPEZ, J.M.G., 2003 "Assessment of technological properties of calcareous and non-calcareous clays used for the brick-making industry of Zaragoza (Spain)" in *Applied Clay Science*, vol. 24, n° 1-2, pp. 121-126

BEAL, J.W. & OLMEZ, I. 1997 "Provenance studies of pottery fragments from medieval Cairo, Egypt" in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol.221, n° 1-2, pp.9-17

BELHAMRI, A., 2003 "Characterization of the first falling rate period during drying of a porous material" in *Drying Technology*, vol. 27, n° 7, pp. 1235-1252

BENSI, P. 1996 "<<Alla vitta della terracotta era necessario il colore>>: appunti sulla policromia della statuaria fittile", en VACCARI (ed.) "La scultura in terracota. Tecniche e conservazione", OPD, Florencia, pp. 34-46

BERGER, T.; HAJEK, M.; PRIMERANO, W. & VANA, N., 2002 "Thermoluminescence dating of archaeological artefacts from the middle neolithic, Bronze Age and the Roman Empire period" in *Solid State Dosimetry*, vol. 1-2, Proceedings, pp.363-365

BERMÚDEZ MEDEL A., 1987 "Interés, problemática y metodología del estudio del material de construcción de tipo cerámico en la arquitectura romana de Tarraco", en Congreso Nacional de Arqueología (Islas Canarias, 1985) Zaragoza, pp. 923-932

BERMÚDEZ SÁNCHEZ, C.; CALABRIA SALVADORS, I.; MILLÁN RUIZ, P.J.; MORA GARCÍA, A.; RAMOS ONTIVEROS, E.; RUEDA QUERO, L. y SANTOS FERNÁNDEZ, A., 2011 "El uso del programa Access como sistema de base de datos para la gestión de la información en la conservación del patrimonio: el caso de las esculturas en terracota policromada del Monasterio-Museo de la Concepción de Granada", en Patrimonio y Expresión Gráfica, Universidad de Granada, pp. 365-384

BERMÚDEZ SÁNCHEZ, C. y RUEDA QUERO, L., 2015 "Métodos de análisis para el estudio de caracterización y deterioro de la obra de arte realizada en terracota policromada. Aplicación práctica", en Ciencia y Arte V, Ed. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp. 205-226

BERMÚDEZ SÁNCHEZ, C.; CULRONE, G. y RUEDA QUERO, L., 2011 "Caracterización de los yacimientos de arcilla en la provincia de Granada aplicada al conocimiento de los bienes de interés histórico-artístico", en El Patrimonio Cultural y Natural como motor de desarrollo: investigación e innovación, pp. 728-740

BERNAL DUEÑAS, A, 1978 "Arcillas cerámicas de Andalucía 12" artículo de revista "Cerámica y Vidrio", vol. 17, núm. 1 enero-febrero, pp.17-22, Madrid

BERSON, F., 1997 "Le Saint Sébastien de Jean Bérault en la Vierge à l'Enfant de Saint-Julien-l'Ars: le problème de la polychromie" en Conservation et Restauration du Patrimoine Culturel, n° 3, dossier "La statuaire en terre cuite" pp. 19-22

BERSON, F.; LABBÉ, L.; BAZELAIRE, H., 1997, "Statuaire de terre cuite polychrome de la région du Mans et d'Angers: une technique complexe" en Conservation et Restauration du Patrimoine Culturel, n° 3, dossier "La statuaire en terre cuite" pp. 14-18

BLANCA LOPEZ, L., 2011 "Estudio material, técnico y de conservación de la colección de terracotas etruscas del Museo Arqueológico y Etnológico de Granada. Su proyección en la Creación escultórica", tesis doctoral, Universidad de Granada, s/e

BLANCHET, A., 1983 "Les figurines en terre cuite de la Gualle romaine" cap. II

BLEININGER, A.V. & MOORE, J.K., 1908 "The influence of fluxes and non-fluxes upon the change in the porosity and the specific gravity of some clays", in University of Illinois Bulletin, vol. V, n° 39a

BORIES, C.; BORREDON, M-E.; VEDRENNE, E. & VILAREM, G., 2014, "Development Of eco-friendly porous fired clay bricks using pore-forming agents: a review", in Journal of Environmental Management

BOUCHER, B.; BRODRICK, A. & WOOD, N. 1996 "Techniques used in the manufacture of the naturalistically polychromed bust of Leo X: 1475-1521: pope 1514", In: Antologia di Belle Arti, 52-55, pp. 32-39

BRINDLEY, G.M. & BROWN, G., (eds.) 1980 "Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification", Ed. Mineralogical Society, London

BROTO, "Enciclopedia Broto de patologías de la Construcción", recurso web ***

BUENO, S y ÁLVAREZ DE DIEGO, J., 2008 "Estudio de caracterización, Tecnología de materias primas cerámica" Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Innovación, Ciencia y empresa, Jaén

BURST, F., 1991, "The application of clay minerals in ceramics" in Applied Clay Science, vol. 5, pp. 421-443

BURTON, G., 1955, "Vapour glycolation", in American Mineralogy, vol. 40, pp- 124-126

CALDERÓN y ARANA, S., 1901 "Apuntes sobre algunas arcillas y rocas arcillosas de Andalucía y Extremadura" en Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural, tomo I, pp.287-291

CALEY, E.R., 1947 "Results of a Chemical Examination of some specimens of Roman Glaze from Tarsus" in American Journal of Archaeology, vol. 51, pp. 389-ff

CALVAN GARCÍA, J .R Y CALVAN MARTÍNEZ. R, 1987 "Estudio mineralógico de cerámicas procedentes del Uanete de los moros (Montoro, Córdoba)", en Excavaciones Arqueológicas en España, nº 151, pp. 270- 278

CAMPANELLA, L.; BANDINI, G.; FLAMINI, P. & TOMASSETTI, M. 1994 "Characterization of a fictile statue of the 3th century B.C. by means of instrumental analysis" In: Science and Technology for Cultural Heritage, nº 3, pp. 169-173

CAPEL MARTÍNEZ, J., 1982, "Estudio mineralógico y geoquímico de sedimentos y cerámicas arqueológicas de algunos yacimientos de la Mancha". Tesis doctoral, Universidad de Granada.

CAPEL, J.; HUERTAS, F. y LINARES, J., 1984 "High temperature reactions and use of Bronzean pottery from la Mancha, Central Spain", Primer Congreso Italo-Español sobre el tema "Las arcillas y los minerales de la Arcilla" (Seiano di Vico Equense, Septiembre 1984)

CAPEL MARTÍNEZ, J.; LINARES GONZÁLEZ, J. y HUERTAS GARCÍA, F., 1979 "Métodos analíticos aplicados a cerámicas de la Edad del Bronce", Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada, vol. 4, pp. 345-360

CAPILLA, P.; ARTIGAS, J.M. y PUJOL, J., 2002 "Fundamentos de Colorimetría", Ed. Universitat de València

CARIATI, F.; FERMO, P.; GILARDONI, S.; GALLI, A. & MILAZZO, M. 2003 "A new approach for archaeological ceramics analysis using total reflection X-ray fluorescence spectrometry" in Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy, vol.58, nº 2-3, pp.177-184

CARRASCOSA MOLINER, B. 2005, "Investigación sobre tratamientos de conservación y restauración de piezas cerámicas y arqueológicas" tesis doctoral dirigida por Roig Picazo, P., Dpto. de Conservación y Restauración de B.C., UPV, Valencia

CARRETERO, M.I.; DONDI, M.; FABBRI, B. & RAIMONDO, M., 2002 "The influence of shaping and firing technology on ceramic properties of calcareous and non-calcareous illitic-chloritic clays" in Applied Clay Science, vol. 20, nº 6, pp. 301-306

CARROT, F.; DARDENE, C.; DESCAMPS, N.; LEHANIER, C. & REVEL, G., 1993 "Determination of optimum conditions for INAA of archaeological clay figurines" in Journal of radioanalytical and Nuclear chemistry, vol. 168, nº 2, pp. 287-297

CELLINI, B., 1989, "Tratados de orfebrería, escultura, dibujo y arquitectura", Ed. Akal

CERDEÑO DEL CASTILLO, J.; DÍAZ RUBIO, R.; OBIS SÁNCHEZ, J.; PÉREZ LORENZO, A. y VELASCO VÉLEZ, J., 2000, "Manual de patologías de las piezas cerámicas para la construcción" en AITEMIN, Toledo.

CERDEÑO DEL CASTILLO, J.; DÍAZ RUBIO, R.; OBIS, J.; PÉREZ LORENZO, A. & VELASCO VÉLEZ, J., 2000, "Manual de patologías de las piezas cerámicas para la construcción". Ed. AITEMIN-Centro Tecnológico de la Arcilla Cocida / patrocinio de la JCCLM y Fondo Social Europeo

CHAPDELAINE, C.; MILLAIRE, J.F. & KENNEDY, G. 2001 "Compositional analysis and provenance study of spindle whorls from the Moche site, North Coast of Peru" in Journal of Archaeological Science, vol.28, nº8, pp.795-806

CIRUJANO GUTIÉRREZ, C. y GÓMEZ GONZÁLEZ, M., 2011, "Experiencia de conservación de escultura en terracota policromada: Restauración del grupo escultórico *Lamentación sobre Cristo*

muerto. Capilla de Mondragón, catedral de Santiago de Compostela", en "III jornada técnica IAPH. Escultura en terracota policromada", s/e

CIRUJANO GUTIERREZ, C., 2010, "Aproximación técnica a las esculturas renacentistas en barro cocido de Miguel Perrin", Laboratorio de Arte, VOL. 22, PP. 33-50

COLL CONESA, J. y GARCÍA PORRAS, A., 2010 "Tipología, cronología y producción de los hornos cerámicos en al-Andalus", recurso web www.arqueologiamedieval.com/articulos/125 (consultado 13-08-2014)

COLOMBO, C; TONIOLO, L. & CASELLATO, U., 2000 "Polychrome terracotta statues of the seventeenth century: microscopic and spectroscopic characterization", in *Studies in Conservation*, vol. 45 (Supplement-2), p. 5

COMBARROS AGUADO, A., 1999 "Arcillas y materiales cerámicos", artículo de revista en *Boletín del Instituto Español de arquitectura*, pp. 143-164, Ed. Instituto Español de Arquitectura, Valladolid

CLARK, K., 1984 "Manual del alfarero" Ed. Blume, Madrid

CORBELLANI, C.E.; ALEJANDRO, G. & TOPOLEVSKY, R.B., 1997 "ESEM observation of thermal shock cracking" in *Microscopy Research and Technique*, vol. 38, nº 5, pp. 525-528

COROADO, J.; TRIÃES, R.; GIL, C. e ROCHA, F., 2012 "Projecto Taceo: estudos para a conservação das esculturas monumentais em terracota do Mosteiro de Alcobaça", in VASCONCELOS, G. e VIEIRA,

S. (ed.), *Actas do I Encontro Luso-Brasileiro de Conservação e Restauro*, Porto, pp. 25-39

COROADO, J., 2013 "Estudo para a conservação das esculturas monumentais em terracota do mosteiro de Alcobaça, Projecto Tacelo", in CARREIRAS, J. A. (ed) "Mosteiros Cistercienses: história, arte, espiritualidade e património, vol. 1, pp. 105-118

COSTELLO, S. D. & KLAUSMEYER, P., 2014 "a RE-UNITED PAIR: The conservatio, technica study, and ethical decisions involved in exhibind two terracotta orantes statues from Canosa", in *Studies in Conservation*, vol. 59, issue 6, pp. 377-390

CRIADO, E.; RECIO, P.; FARINAS, J.C. & PORTELA, D., 2002 "Preliminary archaeometric study on ancient pottery of Puente del Arzobispo (Toledo, Spain)" in *Euro Ceramics VII, PT 1-3 Key Engineering Materials*, vol. 206-2, pp. 917-920

CULTRONE, G., 2001, "Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del patrimonio histórico", tesis doctoral dirigida por Eduardo M. Sebastián Pardo y María José de la Torre López, defendida en la Universidad de Granada con la Universidad de Jaén

CULTRONE, G.; RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; SEBASTIAN PARDO, E.; CAZALLA, O.; DE LA TORRE, M. J., 2001, "Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing", *European Journal of Mineralogy*, vol. 13, nº 3, pp. 621-634

CULTRONE, G., 2004 "Ladrillos", revista PH, edición digital, pp.147-159. Ed. IAPH, Sevilla

CULTRONE, G.; SEBASTIÁN, E.M.; ELERT, K.; DE LA TORRE, M.J.; CAZALLA, O. & RODRÍGUEZ-NAVARRO C., 2004 "Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks" in Journal of The European Ceramic Society, vol. 24, nº 3, pp. 547-564

CULTRONE G., MOLINA E., GRIFA C., SEBASTIÁN E., 2011 "Iberian ceramic production from Basti (Baza, Spain): first geochemical, mineralogical and textural characterization" in Archaeometry, vol. 53, pp. 340-363

CULTRONE, G.; CAZALLA, O.; ET AL., 2005 "Técnicas no destructivas aplicadas a la conservación del patrimonio arquitectónico. Colorimetría", en PH, pp.6-10, Ed. IAPH, Sevilla

CUOMO DI CAPRIO, N., 1987 "La ceramica in archeologia" Ed. L'Erma, Firenze

CHÁVEZ, G. L.; JOHNS, W. D., 1995, "Mineralogical an ceramic properties of refractory clays from central Missouri (USA)" in Applied Clay Science, vol. 9, pp. 407-424

DABRIO, C.J.; MARTÍN, J.M. et MEGÍAS, A., 1982 "Signification sédimentaire des evaporites de la depresión de Granada (Espagne)" dans Bulletin de la Societé Géologique de France, vol. 24, pp. 705-710

DATE, A.R. & GRAY, A. L., 1985 "Determination of trace elements in geological samples by inductively coupled plasma source mass spectrometry" in Spectrochimica Acta, vol. 40B, nº 1-2, pp. 115-122

DAY, P.M.; KIRIATZI, E.; TSOLAKIDOU, A. & KILIKOGLU, V., 1999 "Group therapy in Crete: A comparison between analyses by NAA and thin section petrography of early Minoan pottery" in *Journal of Archaeological Science*, vol. 26, nº 8, pp.1025-1036

DE ANDRADE R.M.; ESPOSITO, E.; PAONE, N. & REVEL, G.M., 1999 "Non-destructive techniques for detection of delamination in ceramic tile: A laboratory comparison between IR thermal cameras and laser Doppler vibrometers. Nondestructive Evaluation of Aging Materials and Composites III", in *Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, vol. 3585, pp. 367-377

DE BENEDETTO, G.E.; LAVIANO, R.; SABBATINI, L. & ZAMBONIN, P.G. 2002 "Infrared spectroscopy in the mineralogical characterization of ancient pottery" in *Journal of Cultural Heritage*, vol.3, nº 3, pp.177-186

DE LA TORRE LÓPEZ, M.J., 2003 "Caracterización de las propiedades hídricas de los materiales lapídeos" en *Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de edificios históricos*, Ed. IAPH, pp. 104-111

DE ROSA B.; CULTRONE G. & RENDELI M., 2012 "Archaeometric reconstruction of Nuragic ceramics from Sant'Imbenia (Sardinia, Italy). Technological evolution of production process" in *Periodico di Mineralogia*, vol. 81, pp. 313-332

DE LA TORRE, M.J., 1995, "Estudio de los materiales de construcción en la Alhambra". *Monografía Arte y Arqueología*, Universidad de Granada- IAPH, vol. 28

DEL REY BUENO, F., 1996 "Porosimetría de Mercurio" en Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos, Ed. IAPH, pp. 46-50.

DESCANTES, C.; NEFF, H.; GLASCOCK, M.D. & DICKINSON, W.R. 2001 "Chemical characterization of Micronesian ceramics through instrumental neutron activation analysis: A preliminary provenance study" in Journal of Archaeological Science, vol.28, n°.11, pp.1185-1190

DIDEROT, D. et ALEMBERT, J. Le R. d', 1751, "Encyclopédie", recurso web <https://archive.org/details/encyclopdieoudi03alemgoog> (consultado 07-09-2015)

DI TOMASSO, 2000

DOEHNE, E.; SIMON, S.; MUELLER, U.; CARSON, D. & ORMSBEE, A., 2004 "Characterization of carved rhyolite tuff-the hieroglyphic stairway of Copán-Honduras" in 6th International Symposium On the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, pp. 243-247

DOMÉNECH CARBÓ, M.T. y YUSÁ MARCO, D., 2006 "Aproximación al análisis instrumental de pigmentos procedentes de obras de arte" Ed. Universidad Politécnica de Valencia

DONDI, M.; ERCOLANI, G.; GUARINI, G.; MARSIGLI, M. e VENTURI, I., 1995, "Evoluzione della microstruttura durante la cottura rápida di impasti per piastrelle porose", in Ceramurgia, n° 25, vol. 6, pp.310-314

DONDI, M.; MARSIGLI, M. & VENTURI, I., 1999 "Microstructure and mechanical properties of clay bricks: comparison between fast firing

and traditional firing" in *British Ceramic Transactions*, vol. 98, n° 1, pp. 12-18

DOUFURNIER, D., 2004 "Les carreaux de pavement faïcés du Préd'Auge (Calvados)" en *Techne*, "Terre cuites de la Renaissance", n° 20

DRUC, I.C.; BURGER, R.L.; ZAMOJSKA, R. & MAGNY, P. 2001 "Ancon and Garagay production at the time of Chavin de Huantar" in *Journal of Archaeological Science*, vol.28, n° 1, pp.29-43

DUMINUCO, P.; MESSIGA, B. & RICCARDI, M.P., 1998 "Firing process of natural clays: some microtextures and related phase compositions" in *Thermochimica Acta* n° 321, pp. 185-190

DUMINUCO, P.; RICCARDI, M.P.; MESSIGA, B. e SETTI, M., 1996 "Modificazioni tessiturali e mineralogiche come indicatori della dinamica del processo di cottura di manufatti ceramici" in *Ceramurgia*, n° 26, vol. 5, pp. 281-288

DUNHAM, A.C.; McKNIGHT, A.S. & WARREN, I., 2001 "Mineral assemblages formed in Oxford Clay fired under different time-temperature conditions with reference to brick manufacture" in *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, vol. 53, part 3, pp. 221-230

ELERT, K.; CULTRONE, G.; NAVARRO, C.R. & PARDO, E.S., 2003 "Durability of bricks used in the conservation of historic buildings-influence of composition and microstructure", in *Journal of Cultural Heritage*, vol. 4, n° 2, pp. 91-99

ELWAN, M. & EL-DIDAMONY, H., 1999 "Effect of mode of shaping on the physico-mechanical properties of clay bricks" in *Industrial Ceramics*, vol. 19, nº 1, pp. 1-6

EN 13755, 2008, "Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica". CNR-ICR, Rome, Italy

ESCARDINO BENLLOCH, A.; et al. 1977 "Arcillas cerámicas de la región valenciana. Estudio de algunas arcillas empleadas en la fabricación de azulejos en las provincias de Castellón y Valencia" en *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 16, nº 2, pp. *

ESCUADERO REMIREZ, C. 2009 "La Virgen del Oratorio (terracota), restauración y sistema de presentación de la información: articulación de los sedimentos antrópicos de carácter histórico que concurren en la obra", aportaciones al IV Congreso GEIC, Cáceres, pp. 183-194

FABBRI, B. & MALDERA, R., 1989, "Prehispanic potsherds from Gran Canaria (Spain) and their raw materials" *Applied Clay Science*, vol.4, pp.485-487

FABBRI, B., 1992 "About the clay used for the majolica altar of S. Cristina Church in Bolsena (Central Italy)" in *Mineralogy & Petrography Acta*, pp.161-170

FABBRI, B. (ed.) 1995 "The cultural ceramic heritage: 3rd european Meeting on ancient ceramic", Ed. Faenza editrice, Faenza

FABBRI, B. 1996 "Processi di lavorazione e rivestimenti ceramici", en VACCARI (ed.) "La scultura in terracota. Tecniche e conservazione", OPD, Florencia, pp. 25-33

FABBRI, B., 1998, "Characteristics, uses and behaviour of illitic-cloritic clays for the ceramics production", in Proceedings of the 2nd Mediterranean Clay Meeting, Aviro, pp- 34-46

FARALDOS, M. y GOBERNA, C., 2011 "Técnicas de Análisis y caracterización de materiales" Ed. Biblioteca de Ciencias y CSIC, Granada.

FEATHERS, J.K., 2003 "Use of luminescence dating in archaeology" in Measurement Science & Technology, vol. 14, nº 9, pp. 1493-1509

FELIBIEN, A., 1676, "Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture, et des autres arts qui en dépendent: avec un Dictionnaire des termes propres à chaucun des ces arts" (Ed. sur microfiche), recurso web <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k50597k> (consultado 07-09-2015)

FERNÁNDEZ LÓPEZ, S., 1991 "Sistemas tafonómicos: función y evolución" en Revista Española de Paleontología, nº extraordinario, pp. 21-34

FERNÁNDEZ, J. y SORIA, J., 1987 "Evolución sedimentaria en el borde norte de la Depresión de Granada a partir del Turolense terminal" en Acta Geológica Hispánica, nº 21-22, pp. 73-81

FERNÁNDEZ, J.; SORIA, J. & VISERAS, C. 1996a, "Stratigraphic architecture of the Neogene basins in the central sector of the Beltic Cordillera (Spain): tectonic control and base-level changes" in

FRIEND, P.F. & DABRIO, C.J. (ed.) "Tertiary Basin of Spain: The Stratigraphic Record of Crustal Kinematics", pp. 353-365

FERNÁNDEZ, J.; VISERAS, C. y SORIA, J., 1996b "Pliocene-Pleistocene continental infilling of the Granada and Guadix basins (Betic Cordillera, Spain): The influence of allocyclic and autocyclic processes on the resultant stratigraphic organization" in FRIEND, P.F. & DABRIO, J. (ed.) "Tertiary Basin of Spain: The Stratigraphic Record of Crustal Kinematics", pp. 366-371

FLORES ALÉS, V., 1996 "Estudio comparativo de los ladrillos cerámicos producidos durante la época Romana y los elaborados en la actualidad por métodos tradicionales en la provincia de Sevilla". Tesis doctoral (Universidad de Sevilla)

FLORES ALÉS, V., 1999 "Estudio, caracterización y restauración de materiales cerámicos", Ed. Universidad de Sevilla, Sevilla

FLORES ALÉS, V.; APARICIO FERNÁNDEZ, P. Y ALEJANDRE SANCHEZ, F.J., 2001a "Análisis Comparativo de Azulejos Originales y de Reposición en el Paseo de Catalina de Ribera y Jardines de Murillo (Sevilla)" en XVI Reunión de la Sociedad Española de Arcillas, nº 16, pp. 161-163

FLORES ALÉS, V. y APARICIO FERNÁNDEZ, P., 2001 "Análisis Comparativo de Azulejos Originales y de Reposición en el Paseo de Catalina de Ribera y Jardines de Murillo (Sevilla). Nuevas Tendencias en el Estudio de las Arcillas" en Sociedad Española de Arcillas, pp. 161-163

FLORES ALÉS, V.; HERRERA SAAVEDRA, A. y VÁZQUEZ MARTÍNEZ, A.I., 2001b "Propuestas de Conservación de Azulejos a Partir de su Caracterización Físico-Química" en PH, Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, vol. 9, nº 37, pp. 79-83

FLORES ALÉS, V.; ALEJANDRE SÁNCHEZ, F.J.; ENRÍQUEZ DÍAZ, C. y MARTÍN DEL RÍO, J.J., 2003 "Restauración de un Mosaico Romano. Caracterización y análisis constructivo, sus materiales y cimentación" en Avances en Arqueometría, vol. 1, pp. 260-264

FLORES ALÉS, V., GUIRAÚM PÉREZ, A. & BARRIOS SEVILLA, J., 1999 "Caracterización de ladrillería tradicional producida en la Vega del Guadalquivir, en zonas próximas a Sevilla" en Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 38, nº 1, pp. 29-34

FLORES ALÉS, V., 1998 "Estudio de una selección de ladrillos y téglulas de Urso" en Caesaraugusta, vol. 73, pp. 125-129

FORTI, R.; ALVAREZ DE BUERGO, M.; LÓPEZ DE AZCONA, M.C.; MINGARRO, F.; VARAS, M.J. y SORIANO, J., 2004 "Caracterización de la Fábrica de Ladrillo del Palacio del Infante Don Luis, Boadilla del Monte, Madrid" Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 43, nº 2, pp. 578-582

FREESTONE, I.C., 1982 "Applications and potential of electron probe microanalysis in technological and provenance investigations of ancient ceramics" in Archaeometry, vol. 24, nº 2, pp. 99-116

FORCONI, A. y LUCCHESI, F., 2008, "Problemas y defectos en la cerámica artística", Ed. Aedo, Monteluo Fiorentino

GALAN HUERTOS, 1999 "Estudio de elementos traza en Andalucía I", en recurso web www.sea.es/publicaciones

GALAN 2010 ****

MINERALES DE LA ARCILLA EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA.

Autor/es:

MARTIN VIVALDI J L
GALAN HUERTOS E
LOPEZ AGUAYO F

Edición:

1973

Título Revista:

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

Paginas:

0865-0878

GALLART MARTI, M.D., 1977, "Las cerámicas de Sagunto y su relación con la geología de la zona", en Saguntum, vol. 12, pp. 73- 83

GALLEGO Y BURÍN, 1925 "José de Mora", Anales de la Facultad de Letras

GANCEDO, J.R.; GRACIA, M.; HERNÁNDEZ-LAGUNA, A.; RUIZ-GARCÍA, C. y PALOMARES, J. 1985 "Mössbauer spectroscopic, chemical and mineralogical characterization of Iberian pottery" in Archaeometry, vol. 27, nº 1, pp.75-82

GARCÍA GUINEA, J. y MARTÍNEZ FRÍAS, J. (coord.), 1992, "Recursos minerales de España" Ed. CSIC, Madrid

GARCÍA-HERAS, M.; BLACKMAN, M.J.; FERNÁNDEZ-RUIZ, R. & BISHOP, R.L., 2001 "Assessing ceramic compositional data: A comparison of

total reflection x-ray fluorescence and instrumental neutron activation analysis on Late Iron Age Spanish Celtiberian ceramics" in *Archaeometry*, vol. 43, part 3, pp. 323-347

GARCÍA LÓPEZ, M., 1877 "Manual completo de artes cerámicas", tomos I-II, Ed. Establecimiento tipográfico E. Cuesta, Madrid

GARCÍA-PULIDO, L.J., 2013 "El territorio de la Alhambra: evolución de un paisaje cultural remarcable", Ed. Universidad de Granada

GARCÍA-PULIDO, L.J., 2011 "La dimensión territorial del entorno de la alhambra", Ed. Universidad de Sevilla, Secretariado de publicaciones.

GARCÍA-PULIDO, L.J., 2008 "Análisis evolutivo del territorio de la Alhambra. El Cerro del Sol en la Antigüedad Romana y en la Edad Media", <http://digibug.ugr.es/handle/10481/1864>

GARCÍA RAMOS, G., 1980 "Estudio fisicoquímico y mineralógico de dos muestras de barro cocido, procedentes de unas esculturas de Juan de Juni de la Iglesia de San Francisco de Medina de Rioseco", comunicación del IV Congreso de Conservación del Comité Español del ICOM, grupo 3, punto 3, Palma de Mallorca

GARCÍA RAMOS, G.; GONZÁLEZ GARCÍA, F.; PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L., 1971 "Arcillas cerámicas de Andalucía, IX", artículo de revista *Boletín de la Sociedad Española de la Cerámica*, vol. 10, nº 5, pp. 545-572

GARCÍA VALDECASAS, M., 1980a "13: Yacimientos terciarios de la margen derecha del Guadalquivir en la provincia de Jaén: estudio

tecnológico" en Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, nº 19

GARCÍA VALDECASAS, M., 1980b "14: Yacimientos del Trias en la margen derecha del Guadalquivir (Jaén): estudio tecnológico en Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, nº 19

GARCÍA VERDUCH, A., 2001 "Defectos en ladrillos", en en Materias Primas y Métodos de Producción de Materiales Cerámicos, pp.134-145

GARCÍA VERDUCH, A. y SANZ SOLANA, V., 1999. "Velos, florescencias y manchas en obras de ladrillo", Ed. Instituto de Tecnología Cerámica

GARCÍA VERDUCH, A, 1964 "Etapas iniciales de la reacción entre cristobalita y carbonato de calcio" en Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 3, nº 6

GARRIGOS, J.B.I; ONTIVEROS, M.A.C. & KILIKOGLU, V., 2003 "Chemical variability in clays and pottery from a traditional cooking pot production village: Testing assumptions in Pereruela" in Archaeometry, vol. 45, part 1, pp.1-17

GARZÓN CARDENETE, J.L., 2004, "Cerámica de Fajalauza", Ed. Garzón Cardenete, Granada

GAURICO, P., s. XVI, "Sobre la escultura", edición de CHASTEL, A. y KLEIN, R. (eds.), 2010, Ed. Akal

GIJÓN GABRIEL, E., 2004 "Las terracotas figuradas del Museo Nacional Romano de Mérida" en Cuadernos Emeritenses, nº 24, pp. 33-41

GLASCOCK, M.D. & NEFF, H. 2003 "Neutron activation analysis and provenance research in archaeology" in Measurement Science & Technology, vol.14, num.9, pp.1516-1526

GODFREY-SMITH, D.T. & CASEY, J.L., 2003 "Direct thermoluminescence chronology for Early Iron Age smelting technology on the Gambaga Escarpment, Ghana" in Journal of Archaeological Science, vol. 30, nº 8, pp.1037-1050

GÓMEZ MORÓN, M. A., 2011 "Investigación científica de la terracota *San Jerónimo Penitente*: proceso de alteración, causas y formas de degradación", en "III Jornada Técnica IAPH. Escultura en terracota policromada", s/e

GÓMEZ, M. P.; GAZULLA, M. F.; ZUMAQUERO, E. y ORDUÑA, M., 2007 "Utilización de técnicas acopladas de análisis térmico TG-DSC-QMSFTIR en la caracterización de arcillas y composiciones cerámicas utilizadas en la fabricación de baldosas cerámicas. Cuantificación de compuestos de carbono" Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 46, nº 5, pp. 259-266

GONZÁLEZ-GARCÍA, F.; ROMERO-ACOSTA, V.; GARCÍA-RAMOS, G. y GONZÁLEZ -RODRÍGUEZ, M., 1990 "Firing transformations of mixtures of clays containing illite, Kaolinite and calcium carbonate used by ornamental tile industries" in Applied Clay Science, nº 5, pp. 361-375

GONZÁLEZ GARCÍA, F. y SÁNCHEZ CAMAZANO, M., 1968, "Differentiation of kaolinite from clorite by treatment with dimethylsulfolxide", in Clay Minerals, vol. 7, pp- 447-450

GONZÁLEZ GARCÍA, S., 1960 "Análisis mineralógico de arcillas en suelos andaluces" en Anales de Edafología y Agrobiología, vol. 19, nº 4

GONZÁLEZ GARCÍA, F.; PÉREZ RODRÍGUEZ, J.L., 1970 "Constitución y propiedades físico-químicas de las arcillas de suelos del Valle Guadalquivir" en Anales de Edafología y Agrobiología, tomo XXIX, nº 11-12, pp. 791-838

GONZÁLEZ PENA, J.M. 1974 "Relación entre las características físicas del componente arcilloso y el comportamiento de las pastas cerámicas" en Estudios Geológicos, vol. 30, nº 4, 5 y 6

GONZÁLEZ, I., 1992, "Arcillas comunes" en Recursos minerales de España, Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 82-95

GREDMAYER, L.; BANKS, C.J. & PEARCE, R.B., 2011, "Calcium and sulphur distribution in fired clay bricks in the presence of a black reduction core using micro X-ray fluorescence mapping" in Construction Building Materials, vol.25, pp.4477–4486.

GRIFA C.; CULTRONE G.; LANGELLA A.; MERCURIO M., DE BONIS A.; SEBASTIÁN E. & MORRA V., 2009 "Ceramic replicas of archaeological artefacts in Benevento area (Italy): petrophysical changes induced by different proportions of clays and temper" in Applied Clay Science, vol. 46, pp. 231-240

GRIM, R.E., 1962, "Applied clay mineralogy", Ed. McGraw-Hill Book Company Inc., N. Y., Toronto, London

GUEDES TAVARES, S. P., 2013 "Conservação e restauro das esculturas em terracota policromada existentes no espaço de reserva do Mosteiro de Alcobaça. Retábulo da Sagração de S. Pedro", Ed. Instituto Politécnico de Tomar, Tomar

GUILLÉN VIÑAS, J. L., 2005, "Nuevas aplicaciones de recursos yesíferos: desarrollo, caracterización y reciclado". Tesis Doctoral, E.T.S.I. Minas (UPM)

GUIRAUM PÉREZ, A.; BARRIOS SEVILLA, J. y FLORES ALES, V., 1994 "Estudio de los Ladrillos Utilizados Durante la Época Romana en Carmona (Sevilla); Estudio Mineralógico, Térmico y Físico" en Revista de Edificación, pp. 37-42

GUYDADER, J. & DENIS, A., 1968 "Propagation des ondes dans les roches anisotropes sous contrainte évaluation de la qualité des schistes ardoisiers", en Bulletin Engineering Geology, vol. 33, pp. 49-55

HAJJAJI, M. & KACIM, S. 2004 "Clay-calcite mixes: sintering and phase formation" in British Ceramic Transactions, vol. 103, nº 1, pp. 29-32

HALL, M.; HONEYCHURCH, W.; WRIGHT, J.; BATSAIKHAN, Z. & BILEGT, L., 1999 "Chemical analyses of prehistoric Mongolian pottery" in Arctic Anthropology, vol. 36, nº 1-2, pp.133-150

HASBACH LUGO, B., 2005a "Propuesta técnica. Ecce Homo del Convento del Santo Ángel Custodio", Junta de Andalucía, s/e

HASBACH LUGO, B., 2005b "Memoria de intervención. Ecce Homo del Convento del Santo Ángel Custodio", Junta de Andalucía, s/e

HEIN, A.; DAY, P.M.; ONTIVEROS, M.A.C. & KILIKOGLU, V. 2004 "Red clays from Central and Eastern Crete: geochemical and mineralogical properties in view of provenance studies on ancient ceramics" in Applied Clay Science, vol.24, nº 3-4, pp.245-255

HEIN, A.; TSOLAKIDOU, A.; ILIOPOULOS, I.; MOMMSEN, H.; GARRIGOS, J.B.I.; MONTANA, G. & KILIKOGLU, V. 2002 "Standardization of elemental analytical techniques applied to provenance studies of archaeological ceramics: an Inter laboratory calibration study" in Analyst, vol.127, nº 4, pp.542-553

HENRIQUES BATATA, M. H., 2012 "A escultura barroca em terracota de Santarém", Facultad de Letras, Universidad de Lisboa

HERAS y MARTÍNEZ, C. M., 1992 "Glosario terminológico para el estudio de cerámicas arqueológicas" en Revista Española de Antropología Americana, nº22

HERRERA SAAVEDRA, A. y FLORES ALÉS, V., 1998 "Estudio de Revestimientos Cerámicos en Edificaciones" en Caesaraugusta, vol. 73, pp. 149-152

HOFFMANN, D. & NIESEL, K., 1996 "Relationship between mechanical characteristics and the pore structure of building materials" in Silicates Industries, vol. 61, nº 11-12, pp. 253-261

HOLMES, L.J.; ROBINSON, V.J.; MAKINSON, P.R. & LIVENS, F.R., 1995 "Multi-element determination in complex matrices by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS)" in Science of the Total Environment, vol. 173, nº 1-6, pp. 345-350

HORCAJADA CAMPOS, P., 2015 "Análisis y documentación de las figurillas cerámicas mayas de La Blanca (Petén, Guatemala)", en IV Jornadas de Jóvenes Investigadores, Instituto de Cerámica y Vidrio, Madrid

HUERTAS, J., HUERTAS, F., LINARES, J., 1991. "Evaluación de las fases no cristalinas en cerámicas arqueológicas por DRX", en Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, vol. 14, pp. 71-78

HUGHES, M.J.; MATTHEWS, K.J. & PORTAL, J. 1999 "Provenance studies of Korean celadons of the Koryo Period by neutron activation analysis" in Archaeometry, vol.41, part 2, pp. 287-310

IGEA, J.; DE LA PUENTE, P., SAIZ, M. E.; BURILLO, F.; BASTIDA, J. y PÉREZ-ARATEGUI, J., 2007 "Estudio arqueométrico de cerámicas procedentes de cinco alfares celtibéricos del sistema ibérico central" en Boletín de Cerámica y Vidrio, vol. 47, nº 1, págs. 44-55

IGME, 1977, "Estudio tecnológico sobre caolines y arcillas", Ed. IGME, Madrid

IGME, 1980 "Programa Nacional de investigación de Arcillas", Ed. IGME, Madrid

JENKINS, R., 1999, "X-ray Fluorescence Spectrometry" in Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and Its Applications, vol. 152

JENNER, G.A.; LONGERICH, H.P.; JACKSON, S.E. & FRYER, B.J., 1990 "ICP-MS – A powerful tool for high-precision trace-element analysis in Earth sciences: Evidence from analysis of selected U.S.G.S. reference samples" in Chemical Geology, nº 83, pp. 133-148

JORQUERA DE GUINDOS A.; ROLDAN GARCIA, F. J. y GOMEZ MORENO, G., 1990 "Estudio para el aprovechamiento industrial de las arcillas del Neógeno de la Depresión del Guadalquivir", Ed. ITGE, Madrid

Kenneth 2004

KENNETT, D.J.; SAKAI, S.; NEFF, H.; GOSSETT, R. & LARSON, D.O. 2002 "Compositional characterization of prehistoric ceramics: A new approach" in Journal of Archaeological Science, vol.29, nº 5, pp. 443-455

KENNETHS, G.; COOK, W. H.; PATTER, R. A. & PALMOUR, H., 1953 "Effect of TiO₂, Fe₂O₃ and alkali on mineralogical and physical properties of mullite-type and mullite forming Al₂O₃-SiO₂ mixtures (I)", Journal of American Ceramic Society, nº 36, pp. 349-356

KIEFER, C., 1956, "Propriétés dilatométriques des minéraux philliteux entre 0 y 1400°" en Bulletin de la Société Française de Céramique, vol. 35, pp. 95-114

KIRK-OTHMER, J., 2004, ""Encyclomedia of Chemical Technology", Ed. Wiley

KORNMANN, M., 2009 "Matériaux de terre cuite: Propriétés et produits" in Techniques de l'Ingénieur. Construction, vol. C11, n°C905v2.

LABBÉ, L., 1997, "La Vierge á l'Enfant de l'église Saint-Vénérand de Laval: une statuaire longement exposée aux intempéries", en Conservation et Restauration du Patrimoine Culturel, n° 3, dossier "La statuaire en terre cuite" pp. 23-25

LABRECQUE, J.J.; VAZ, J.E.; CRUXENT, J.M. & ROSALES, P.A., 1998. "A simple radioisotope X-ray fluorescence method for provenance studies of archaeological ceramics employing principal component analysis", in Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy, vol. 53, n°1, pp.95-100

LAGUNA PAÚL, T., 2006 "Miguel Perín en las portadas de la Catedral de Sevilla. Maestre Miguel o la fortuna crítica de un imaginero de barro", en *Archivos de la Iglesia de Sevilla. Homenaje al archivero D. Pedro Rubio Merino*, ed. ALVAREZ MÁRQUEZ, C. y ROMERO TALLAFIGO, M., Córdoba, pp. 723-751

LAIRD, R.T., WORCESTER, M., 1956. "The inhibiting of lime blowing" in Transactions of the British Ceramic Society, vol. 55, pp. 545-563

LARSON, J., 1988 "The treatment and examination of polychrome Chinese sculpture at the Victoria and Albert Museum", preprints of the contributions to the Kyoto Congress, Kyoto

LARSON, J., 1989a "The treatment and examination on painted surfaces on eighteenth century terracotta sculptures" in Burlington Magazine, London

LARSON, J., 1989b "A polychrome terracotta bust of a laughing child at Withsor Castle" in Burlington Magazine, London

LARSON, J., 1990 "The treatment and examination of painted surfaces on eighteenth-century terracotta sculptures", Contributions to the 9th IIC Congress, Brussels

LEE, W.G.; SOUZA, G.P.; McCONVILLE, C.J.; TARVOMPANICH, T. & IQBAL, Y., 2008 "Mullite formation in clays and clay-derived vitreous ceramics" in Journal of European Ceramic Society, nº 28, pp. 465-471

LEGUEY, S.; CARRETERO, M.I.; FABBRI, B. & GALÁN, E., 2001, "Caracterización mineralógica y química de los ladrillos de la Torre del Oro de Sevilla: una aproximación a la temperatura de cocción y origen de las materias primas" Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 40, nº 6, pp. 455-459

LINARES GONZÁLEZ, J.; HUERTAS, F. y CAPEL MARTÍNEZ, J., 1983, "La arcilla como material cerámico. Características y comportamiento", Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada, nº8, pp. 479-490

LITVAN, G.G., 1984 "Determination of the firing temperature of clay brick" in American Ceramic Society Bulletin, vol. 63, nº 4, pp. 617

LÓPEZ, A. J.; NICOLÁS, G.; MATEO, M. P.; PIÑÓN, V.; RAMIL, A.; YÁÑEZ, A., 2005 "Análisis de cerámicas romanas Terra Sigillata mediante

Espectroscopía de plasmas inducidos por láser (LIPS)" en Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 44, nº 6, pp. 373-378

LÓPEZ-ARCE MARTÍN, P., 2004 "Ladrillos de edificios históricos de Toledo: caracterización, origen de las materias primas y aplicaciones para su conservación y restauración", tesis doctoral dirigida por García Guinea y Lunar Hernández, Dpto. Geología y Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Universidad Complutense de Madrid

LUCAS, J., 1953, "Influence des divers facteurs sur la conduite de séchage des produits de terre cuite: Améliorations Possibles et éléments pour le choix d'une mode de séchage" en Silicatic Industries, nº 18, pp.173-180

LUPION ALVAREZ, J.J.; ARJONILLA ALVAREZ, M.; RUIZ-CONDE, A. y SANCHEZ-SOTO, P.J., 2006 "Frontal de altar y paneles cerámicos del siglo XVI en la Iglesia del Convento de Madre de Dios (Sevilla): estado de conservación y reconstrucción virtual" en Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 45, nº 5, pp. 305-313

MACKENZIE, R.C. (ed.), 1972, "Differential thermal analysis" Ed. Academic Press.

MAQUEDA, C.; PEREZ RODRIGUEZ, J.L. & JUSTO ERBEZ, A., 1979 "Contenidos de elementos traza en fracciones arcilla y limo de suelos andaluces", en Sociedad Española de Mineralogía, vol. extra, vol. 0, nº 2

MALMSTROM, M. y LUCHESSI, B., 1989 "Terracota: técnica de la escultura en arcilla", Ed. CEAC, Barcelona.

MANIATIS, I.; SIMOPOULOS, A. & KOSTIKAS, A. 1982 "The investigation of ancient ceramic technologies by Mössbauer spectroscopy" in *Archaeological ceramics*, pp. 97-108

MARIANO, S. C. A., 2014 "Estudo e intervenção de esculturas em terracota policromada da Casa-Museu José Régio, em Portalegre", Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar

MARITAN, L.; NODARI, L.; MAZZOLI, C.; MILANO, A. & RUSSO, U., 2006, "Influence of firing conditions on ceramic products: experimental study on clay rich in organic matter" in *Applied Clay Science*, vol. 31, pp. 1–15

MARRERO, M.; RAMÍREZ DE ARELLANO, A. y LUCAS RUIZ, R., 2006 "Distribución de tensiones en fachadas de azulejos sujetas a dilataciones térmicas" en *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 45, nº 4, pp. 259-264

MARTÍN 2003 ****

MARTÍN PENELA, A., 1987 "Los grandes mamíferos del yacimiento achelense de la Solana del Zamborio (Fonelas, Granada)" en *Antropología y Paleoecología Humana*, nº 5, pp. 29-188

MARTÍN VIVALDI, J.L.; GALAN HUERTOS, E. y LOPEZ AGUAYO, F., 1973, "Minerales de la arcilla en suelos de la provincia de Granada", en *Anales de Edafología y Agrobiología*, pp. 865-878

MARTÍN RAMOS, J.D., 2004." Using X Powder, a software package for powder X-ray diffraction analysis". Legal Deposit GR 1001/04.

MARTÍNEZ, M. L.; ELICHE, D.; CRUZ, N. & CORPAS, F., 2012 "Utilización de bagazo de la industria cervecera para la producción de ladrillos para la construcción", en *Materiales de Construcción*, vol. 62, pp. 199-212

McGOVERN, P.E. (ed.) 1995 "Science in Archaeology: a review" in *American Journal of Archaeology*, nº 99, vol. 1, pp. 79-142

MEGÍAS LÓPEZ, R. 1990 "Tradición y técnica de la Terracota en Andalucía" Tesis Doctoral defendida en el Departamento de Escultura de la Universidad de Granada, s/e

MEKKI, H.; ANDERSON, M.; BENZINA, M. & AMMAR, E., 2008 "Valorization of olive oil mil wastewater by its incorporation and building bricks" in *Journal of Hazardous Materials*, vol. 158, pp. 308-315

MELONI, S.; ODDONE, M.; GENOVA, N. & CAIRO, A. 2000 "The production of ceramic materials in Roman Pavia: An archaeometric NAA investigation of clay sources and archaeological artifacts" in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol.244, nº 3, pp. 553-558

MIDGLEY, B., 1895 "Escultura, modelado y cerámica" Ed. Hermann-Blume, Madrid

MINGARRO, M.F. 1996, "Degradación y conservación del patrimonio arquitectónico". Editorial Complutense. pp.493

MINISTERIO DE INDUSTRIA, 1977 "Investigación geológica y tecnológica de arcillas en Andalucía", Ed. Instituto Geológico y Minero de España

MOIOLI, P. & SECCARONI, C., 2000 "Análisis of art objects using a portable X-Ray fluorescence spectrometer", in X-Ray Spectrometry, vol. 29, nº1, pp. 48-52

MOMMSEN, H.; HEIN, A. & HAHNEL, E. 1997 "Classification of medieval ceramics in the Rhineland and neighbouring areas by neutro activation analysis" in Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, vol. 216, nº 2, pp.247-252

MONTOTO SAN MIGUEL, M., 1996 "Técnicas no destructivas aplicadas a la conservación del patrimonio histórico" en Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos, Ed. IAPH, pp. 85-94

MONTOYA HERRERA, J.; DURÁN-SUÁREZ, J.A.; PEREIRA-DA-SILVA, A. & PERALBO CANO, R., 2014, "Neoformados de Mullita (Mul) en Nuevos Materiales Cerámicos Diseñados a Partir de Residuos de Minería de Tungsteno", Macla nº19, pp. *

MOMMSEN, H., 2001 "Provenance determination of pottery by trace element analysis: Problems, solutions and applications" in Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, vol. 247, nº 3. pp. 657-662

MOORE, D.M. & REYNOLDS, R.C. 1989, "X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals", Oxford University Press

MORALES GÜETO, J., 2005 "Tecnología de los materiales cerámicos", Ed. Díaz de Santos, Madrid.

MORPOULOU, A.; CAKMAK, A.S. & POLIKRETI, K. 2002 "Provenance and technology investigation of Agia Sophia bricks, Istanbul, Turkey" in *Journal of the American Ceramic Society*. Vol. 85, No.2. pp.366-372

MUNITA, C.S.; PAIVA, R.P.; ALVES, M.A.; OLIVERA, P.M.S. & MOMOSE, E.F., 2000 "Contribution of neutron activation analysis to archaeological studies" in *Journal of Trace and Microprobe techniques*, vol.18, num.3, pp. 381-387

MUNITA, C.S.; PAIVA, R.P.; ALVES, M. A.; OLIVERA, P.M.S. & MOMOSE, E.F., 2001 "Major and trace element characterization of prehistoric ceramic from Rezende archaeological site" in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 2489, num.1, pp. 93-96

MUNITA, C.S.; PAIVA, R.P.; ALVES, M.A.; OLIVERA, P.M.S. & MOMOSE, E.F., 2003 "Provenance study of archaeological ceramic" in *Journal of Trace and Microprobe techniques*, vol.21, num.4, pp.697-706

MUNITA, C.S.; NASCIMENTO, A.; SCHREIBER, S.B.; LUNA, S. & OLIVERA, P.M.S. 2004 "Chemical study of some ceramics from Brazilian Northeast" in *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol.259, nº 2, pp.305-309

NAVARRO LIZANDRA, J.L., 2002 "Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas", Ed. Universidad Jaume I, Castellón de la Plana

NEFF, H. 2003 "Analysis of Mesoamerican Plumbate pottery surfaces by laser ablation inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS)" in *Journal of Archaeological Science* , vol. 30, nº 1, pp. 21-

NEFF, H. (ed.) 1992 "Chemical Characterization of Ceramic Pastes in Archaeology" in Prehistory Press, Monographs in World Archaeology 7

NICHOLLS, R., 1984 "La fabrication des terres cuites" dans Les dossiers d'Histoire en Archaeology, vol. 81, pp. 24-31

NOGUERA, J.M., AGOSTINI, S., STIVALETTA, N., BALIVA, A. y SANTED, L.M. (2001): "Antefijas arquitectónicas en Cartago Nova (Cartagena, España): Análisis arqueométrico y procedencia romana", *Anas*, 14, pp. 85-101.

Normal 29/88, 1988 Misura dell'indice di asciugamento (drying index). CNR-ICR, Rome, Italy.

NORRISH, K. & HUTTON, J.T., 1969, "An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples" in *Geochimica and Cosmochimica Acta*, vol. 33, pp. 431-453

OLIN, J.S & FRANKLIN, A.D., 1982 "Archaeological Ceramics", Ed. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

ONTIVEROS ORTEGA, E., 2006 "La ciencia de los materiales" en Programa de Normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles. PH Cuadernos, nº 19, pp. 16-91

ONTIVEROS ORTEGA, E. y VILLEGAS SÁNCHEZ, R., 1999 "Programa de Normalización de estudios previos y control de calidad de las intervenciones. Propiedades mecánicas. 1ª parte" en PH Boletín, nº 28, pp. 75-78

OROZCO DÍAZ, E., 1941 "La escultura en barro en Granada", en Cuadernos de Arte, vol. VI

OROZCO DÍAZ, E., 1936 "Los Hermanos García, escultores del Ecce-Homo", en Cuadernos de Arte, vol. 1,

OROZCO DÍAZ, E., 1956 "Los barros de Risueño y la estética granadina" en Revista de Arte Goya, nº14

ORTEGA HUERTAS, M. y DE LA TORRE, M.J., 1996 "La microscopía electrónica de barrido. Aplicaciones en el estudio y conservación del Patrimonio Histórico" en Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos, Cuadernos de Arte, nº 8, Ed. IAPH, pp. 34-42

ORUETA y DUARTE, 1914 "La vida y la obra de Pedro de Mena y Medrano", Ed. Junta para la ampliación del Estudio e Investigación Científicas, Madrid

OSCAR MAURICIO CASTELLANOS, A.; CARLOS ALBERTO RÍOS, R.; MIGUEL ANGEL RAMOS, G.; ERIC VINICIO PLAZA, P., 2012 "A Comparative Study Of Mineralogical Transformations In Fired Clays From The Laboyos Valley, Upper Magdalena Basin (Colombia)", Boletín de Geología, vol.34, no.1, pp.*

OTERO HUERTA, E., 1997 "Corrosión y degradación de materiales", Ed. Síntesis

PACHECO, F., 1649, "Arte de la pintura. Su antigüedad y grandezas", recurso

web

<https://play.google.com/books/reader?id=TBFPAAAcAAJ&printsec>

[=frontcover&output=reader&hl=es&pg=GBS.PP1](#) (consultado 07-09-2015)

PADOA, L., 1971 "Cottura dei prodotti ceramici" Ed. Faenza, Faenza

PAVÍA, S., 2006 "The determination of brick provenance and technology using analytical techniques from the physical sciences" in *Archaeometry*, vol. 48, pp. 201–218

PELOSI, C.; FODARA, D.; SFORZINI, L; FALCUCCI, C. e BARALDI, P., 2015, "The terracotta *modelli* of Palazzo Venezia in Rome: Investigation of the constituent materials for fundamental knowledge and to aid conservation decisions" in *Studies in Conservation*

PEÑA, J., 2003 "Geoquímica de formaciones arcillosas: estudio de la Arcilla Española de Referencia", Ed. Enresa Publicación Técnica, Madrid

PÉREZ, C. y ORTIZ, P., 2011 "Espectroscopía", vol 1, Ed. Universidad de la Habana, (e-book)

PEREZ-RODRIGUEZ, J.L.; MAQUEDA, C.; JUSTO, A.; MORILLO, E., JIMÉNEZ DE HARO, M.C., 1994 "Charaterization of decayed ceramic sculptures decorating the Pardon pórtico of Seville cathedral, Spain" in *Applied Clay Science*, vol. 9, pp- 221-223

PEREZ RODRIGUEZ, J.L.; MAQUEDA, C. & JUSTO, A., 1985 "A Scientific study of the terracotta sculptures from the porticos of Seville Cathedral" in *Studies in Conservation*, vol. 30, nº 1, pp. 31-38

PETERS, T. & ILBERG, R., 1978, "Mineralogical changes during firing of calcium-rich brick clays" in American Ceramic Society Bulletin, nº 57, vol. 5, pp. 503-509

PETRACHE, D., 2004 "Études de terre cuites de la Renaissance italienne par le méthode PIXE", artículo de revista Techne, núm. 20 "Terre cuites de la Renaissance", Ed. Centre de recherche et de Restauration des Musées du France, París

PICCOLPASSO, C., s. XVI., "li tre libri dell'arte del vasaio", recurso web <http://www.gianfrancobertagni.it/materiali/alchimia/piccolpasso.htm> (consultado 07-09-2015)

PILLAY, A.E.; PUNYADEERA, C.; JACOBSON, L. & ERIKSEN, J. 2000 "Analysis of ancient pottery and ceramic objects using x-ray fluorescence spectrometry" in X-Ray Spectrometry, vol. 29, nº 1, pp.53-62

PINGITORE, N.E.; LEACH, J.D.; VILLALOBOS, J.; PETERSON, J.A. & HILL, D. 1997 "Provenance determination from ICP-MS elemental and isotopic compositions of El Paso area ceramics" in Materials Issues in Art and Archaeology, V. Materials Research Society Symposium Proceedings, vol. 462. pp. 59-70

PIRES CÉSAR CENOTILHO, M.H., 2003 "Processos de cozedura em cerâmica", Ed. Instituto Politécnico de Bragança, vol. 60

PILLAY, A. E.; PUNYADEERA. C.; JACOBSON, L. & ERIKSEN, J. 2000, "Analysis of ancient pottery and ceramic objects using x-ray fluorescence spectrometry" in X-Ray Spectrometry. Vol.29; No.1. pp.53-62

PIVOUET, P.; MAGGETTI, M.; PIPONNIER, D. & SCHVOERER, M., 1999 "Cathodoluminescence spectroscopy of quartz grains as a tool for ceramic provenance" in *Journal of Archaeological Science*, vol.26, num.8. pp. 943-949.

PLINIO CECILIO SEGUNDO, G. (Plinio el Viejo), 77 "Naturalis Historia", Ed. Gredos (edición de 2010), Libros XXXV y XXXVI

PLOWMAN, J., 1995 "Enciclopedia de técnicas escultóricas", Ed. Acanto, Barcelona

POLVORINOS DEL RÍO, A.J.; FLORES, V.; TABALES, M.A. y HÉRNANDEZ, M.J., 2003 "Caracterización y tecnología de materiales cerámicos romanos de los ss. I a III d.C. procedentes del Hospital de las Cinco Llagas de Sevilla" in *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 42, nº 2, pp.93-99

POLLARD, A.M. & HERON, C., 1996 "Archaeological Chemistry", ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge

PRACK, E.R., 1993 "An Introduction to process visualization capabilities and considerations in the Environmental scanning electron microscope (ESEM)", in *Microscopy Research and Technique*, vol. 25, nº 5-6, pp. 487-492

RABEISEN, E. y VERTET, H., 1986 "Les figurines galloromaines en terre cuite d'Alesia", in *Burdeos*, pp. 11-18

RAIMONDO, M.; COCCHI, M.; DIRCETTI, G.; DONDI, M.; ULRICI, A. & ZANNINI, P., 2003 "Plasticity of brick clays: comparison of several

empirical tests and correlation with mineralogical composition and particle size distribution" in *A Clay Odissey*, pp. 301-307

RAMOS ONTIVEROS, E., 2009 "Consideraciones previas a la restauración de un relieve mural en terracota policromada: métodos de examen, análisis y estudios previos aplicación de las nuevas tecnologías como recursos previos a la restauración (o métodos alternativos a su intervención)", *

RAMOS SAINZ, M.L., 1999, "Terracotas y elementos de coroplastia", en "Cerámicas Hispanorromanas. Un estado de la Cuestión", pp. 775-785

RAMOS SAINZ, M.L., 1998 "Arqueología experimental: la manufactura de terracotas en época romana", en *BAR International Series*, nº 736

RAMOS SAINZ, M.L., VIGIL, R. y GARCÍA, R., 1990 "Empleo de la técnica de difracción de Rayos X en el estudio de terracotas arquitectónicas romanas de Ampurias y Tarraco", en *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 17, pp. 121- 136

RASMUSSEN, K.L. 2001, "Provenance of ceramics revealed by magnetic susceptibility and thermoluminescence" in *Journal of Archaeological Science*, vol. 28, nº 5. pp. 451-456

RAVAGLIOLI, A. & KRAJEWSKI, A., 1989 "Chimica fisica tecnica e scienza dei materiali antichi ceramici e vetrosi" Ed. Museo Internazionale delle ceramiche, Faenza

REES-JONES & STEPHEN G., "A fifteenth century Florentine terracotta relief. Technology, conservation, interpretation" in Studies in conservation, vol. 23, pp. 95-113

REIS RAMOS, J.M., 2013, "Estudo, diagnóstico e conservação das esculturas em terracota do rei, D. Duarte e da Sala do Capítulo do Mosteiro de Alcobaça - Relatório de Estágio", Ed. Instituto Politécnico de Tomar

REVENTÓS, M.M.; CLAUSELL, J.V.; ESTEVE, V.; DELGADO, J.M.; OCHANDO, L.E.; RIUS, J.; MARTÍ, F. y AMIGÓ, J.M., 2002 "Caracterización mineralógica de materias primas cerámicas por métodos cuantitativos de Difracción de Rayos X", artículo de revista Boletín Cerámica y Vidrio, vol. 41, núm. 6, pp. 506-512, Ed. SECV, Madrid

RILEM, 1980 "Recommended test to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods". Mater. Struct., vol. 13, pp. 175-253

ROBERTSON, J.D.; NEFF, H. & HIGGINS, B., 2002 "Microanalysis of ceramics with PIXE and LA-ICP-MS" in Nuclear Instruments & Methods in Physics Research section B-Beam Interactions with Materials and Atoms, vol.189, pp. 378-381

RODRIGUEZ GALLEGO, M., 1960 "Estudio mineralógico de la fracción arcilla de los suelos de la Vega de Granada" ***

RODRÍGUEZ NAVARRO, C., 1996 "Técnicas de análisis del sistema poroso de un material pétreo ornamental" EN Técnicas de Diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de

construcción en los edificios históricos, Cuadernos Técnicos, nº2, Ed. IAPH, pp. 66-71

RODRÍGUEZ NAVARRO, C., 2003 "Análisis porosimétrico de rocas ornamentales" en Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos, Cuadernos Técnicos, nº 8, Ed. IAPH, pp. 134-153

RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; CULTRONE, G.; SANCHEZ-NAVAS, A.; SEBASTIAN PARDO, E., 2003, "TEM study of mullite growth after muscovite breakdown", in American Mineralogist, nº 88, (5-6),pp. 713-724

RODRIGUEZ NAVARRO, C.; RUIZ AGUDO, E.; LUQUE, A.; RODRIGUEZ NAVARRO, A.B. & ORTEGA HUERTAS, M., 2009 "Thermal decomposition of calcite: mechanisms of formation and textural evolution of CaO nanocrystals" American Mineralogist, nº94, pp. 578-593.

RODRÍGUEZ NAVARRO, C.; KUDLACZ, K. & RUIZ AGUDO, E., 2012 "The mechanism of thermal decomposition of dolomite: new insights from 2D-XRD and TEM analyses", American Mineralogist, nº97, pp.38-51

RUIZ BUSTOS, A; FERNÁNDEZ, J.; MORALES, J.; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J. y VERA, J.A. 1990, "Los materiales Plio-Pleistocenos del borde norte de la depresión de Granada" en Estudios Geológicos, nº 46, pp. 270-290

ROSENTHAL, E., 1958, "Alfarería y cerámica", Ed. Reverte, Barcelona

ROSSI MANARESI, R.; GRILLINI, G.C. & TUCCI, A., 1995 "Terracota ornaments of 13th-15th buildings in Bologna" Ed. Fabbri, Faenza

RUDEL, J. 1980 "Técnica de la escultura" Breviarios, Ed. Fondo de Cultura Económica, México D.F.

RYON, R.W. 2001: "The transistor and energy-dispersive X-Ray spectrometry: roots and milestones in X-ray analysis" in X-Ray Spectrometry, vol. 30, pp. 361-372

SAIAH, R.; PERRIN, B. & RIGAL, L., 2010 "Improvement of thermal properties of fired clays by introduction of vegetable matter" in Journal of Building Physics, vol. 34, pp. 124-142

SALTRON, F.; BOUQUILLON, A. & GUIREC, Q., 1992 "Terracotas around Clodion: chemical and mineralogical studies and termoluminescence analysis" in 3rd Symposium of Materials Issues in art and archaeology, vol. 267, pp. 621-626

SÁNCHEZ, C. J., 2001 "El Procesado Cerámico" en Materias Primas y Métodos de Producción de Materiales Cerámicos, pp.96-115

SÁNCHEZ-MESA, D., 1971 "Técnica de la escultura policromada granadina", Ed. Universidad de Granada

SCEMLA, C.; COLINART, S., 1997 "Engobes, patines et peintures sur quelques sculptures françaises: problème d'identification et de traitement" en Conservation et Restauration du Patrimoine Culturel, n° 3, dossier "La statuaire en terre cuite" pp. 34-38

SCOTT, L., 1954 "A history of Technology" in Pottery, vol. I, pp. 376-412

SCHERER, G.W., 1990, "Theory of drying", Journal of the American Ceramic Society, vol. 73, pp. 3-14

SEBASTIÁN PARDO, E. M y MARTÍN M., (coord.), 1996 "Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos", en Cuadernos Técnicos, nº 2, Junta de Andalucía, IAPH, Ed. Comares, Sevilla

SEBASTIÁN PARDO, E.; RODRÍGUEZ GALLEGO, M. y LÓPEZ AGUAYO, F. 1980, "Mineralogía de los materiales plioceno-pleistocenos de la depresión de Guadix-Baza. Formaciones de Guadix y lacustre" en Estudios Geológicos, nº 36, pp. 209-219

SETTI M.; LANFRANCHI A.; CULTRONE G. y MARINONI L., 2012 "Estudio arqueométrico y evaluación del deterioro de los materiales cerámicos de la fachada de la iglesia de Santa Maria del Carmine (Pavía, Italia)" en Materiales de Construcción, vol. 62, pp. 79-98

SKOOG, D. A.; VEST, D. M. & HOLLER, F. J., 1997 "Fundamentos de química analítica. Volumen 2", Ed. Reverté, S.A. Barcelona

GOKSU, H.Y. & SCHWENK, P., 2000 "Thermoluminescence dating of terrazzo from the monastery church of Tegernsee (Bavaria, Germany) using the 210 degrees C TL peak of quartz" in Radiation and Environmental Biophysics, vol. 39, nº 4, pp. 301-308

SEBASTIÁN PARDO, E., 2003 "La difracción de Rayos X en la conservación del Patrimonio Arquitectónico" en Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de edificios históricos, Ed. IAPH, pp. 96-103

SEBASTIÁN PARDO, E. M.; MARTÍN M., (coord.) 1996, "Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos", Cuadernos Técnicos núm. 2, Junta de Andalucía, IAPH, Ed. Comares, Sevilla

SHRINER, C. & DORAIS, M.J., 1999 "A comparative electron microprobe study of Lerna II and IV ceramics and local clay-rich sediments (Greece)" in *Archaeometry*, vol. 41, part 1, pp. 25-49

SIEMCALSA, 2011, "Caracterización de arcillas para cerámica estructural en castilla y León", Ed. SIEMCALSA

SINGER, F. & SINGER, S.S., 1963. "Industrial Ceramics", Ed. Chapman & Hall Ltd., London

SLANE, K.W.; ELAM, J.M.; GLASCOCK, M.D. & NEFF, H., 1994 "Compositional analysis of eastern sigillata-a and related wares from Tel-Anafa (Israel)" in *Journal of Archaeological Science*, vol.21, nº 1, pp. 51-64

SORIA, J.M. y VISERAS, C. 2008 "La Cuenca de Guadix. Rasgos geológicos generales", en ARRIBAS, A. (ed.) "Vertebrados del Plioceno superior terminal en el suroeste de Europa: Fonelas P-1 y el Proyecto Fonelas. Cuadernos del Museo Geominero, nº 10, pp. 3-19

SORIA, J.M.; VISERAS, C. & FERNÁNDEZ, J., 1998 "Late Miocene-Pleistocene tectono-sedimentary evolution and subsidence history of the central Betic Cordillera (Spain): a case study in the Guadix intramontane basin" in *Geological Magazine*, nº 6, pp. 319-342

TITE, M.S., 2008, "Ceramic production, provenance and use. A review" in *Archaeometry*, vol. 50, pp. 216–231

TITE, M.S., 1972 "Methods of Physical Examination in Archaeology", Seminar Press, London

TODOLÍ PÉREZ DE LEÓN, X., 2002 "La fábrica de cerámica del Conde de Aranda en Alcora. Historia documentada: 1727-1858", Ed. Asociación de Ceramología, Valencia

TSOLAKIDOU, A. & KILIKOGLU, V. 2002 "Comparative analysis of ancient ceramics by neutron activation analysis, inductively coupled plasma-optical-emission spectrometry, inductively coupled plasma-mass spectrometry, and X-ray fluorescent" in *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 374, nº 3, pp. 566-572

VADILLO, J.M. & LASERNA, J.J., 2004 "Laser-induced plasma spectrometry: truly a surface analytical tool" in *Spectrochimica Acta, Part B*, 59, pp. 147-161

VAZ, J.E.; LABRECQUE, J.J. & CRUXENT, J.M. 1997 "Determination of the provenance of majolica ceramics from Europe by thermoluminescence employing principal components" in *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, vol.358, nº 4. pp. 529-532

VÁZQUEZ, M. y JIMÉNEZ-MILLÁN, J., 2009 "Aplicabilidad de las margas de la Cordillera Bética (sur de la provincia de Jaén) para la fabricación de baldosas cerámicas prensadas" en *Materiales de Construcción*, vol. 59, nº 249, pp. 97-112

VAQUERIZO GIL, D., 2002 "Dos antiguos hallazgos de terracotas figuradas en ambientes funerarios de *Corduba*: revisión historiográfica, análisis iconográfico y nueva propuesta de interpretación", en *Anales de Arqueología Cordobesa*, nº 13-14, pp. 311-353

VALLE C.A., 2001 "Durability of compressed soil-cement bricks", in *Materiales de Construcción*, vol. 51, nº 262, pp. 15-21

VÁZQUEZ, M.; JIMÉNEZ-MILLÁN, J., 2009, "Aplicabilidad de las margas de la Cordillera Bética (sur de la provincia de Jaén) para la fabricación de baldosas cerámicas prensadas", artículo de revista "Materiales de Construcción" vol. 59, núm. 249, pp. 97-112

VAZQUEZ, A.I.; POBADOR, L.; GARCÍA, J. y MARTÍNEZ, A., 1993 "Materiales de construcción, Apuntes 1", pp. 219-304

VELILLA SÁNCHEZ, N., 2003 "Caracterización petrográfica de rocas ornamentales y de construcción de uso en los edificios históricos" en *Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos*, Cuadernos de Arte, nº 8, Ed. IAPH, pp. 22-35

VELILLA SÁNCHEZ, N., 1996 "Los materiales de construcción en los edificios históricos. Caracterización petrográfica: métodos ópticos" en *Técnicas de diagnóstico aplicadas a la conservación de los materiales de construcción en los edificios históricos*, Cuadernos de Arte, nº 2, Ed. IAPH, pp. 25-33

VELASCO VÉLEZ, J., 2005 "Patologías de las piezas cerámicas para la construcción", Ed. Asociación para la Investigación y desarrollo Industrial de los Recursos Naturales

VENIALE, E., 1990 "Modern techniques of analysis applied to ancient ceramics. Advanced Workshop. Analytical Methodologies for the investigation of Damaged stones", Pavia

VERA, J.A. (ed) 2004 "Geología de España", Ed. Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Educación y Ciencia

VERA, J.A. y RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J., 1988 "Una modificación del modelo genético para la formación Molicias (Tortonense Superior, depresión de Guadix, S de España)" en Geogaceta, nº 5, pp.26-29

VIGIL, R., RAMOS SAINZ, M.L., y GARCÍA, R., 1992 "Estudio arqueométrico de algunos materiales cerámicos de construcción (tejas y antefijas) de la Hispania romana", Boletín de la Sociedad Española de cerámica y vidrio, nº 17, pp. 435-439

VIGIL, R., RAMOS SAINZ, M.L., y GARCÍA, R., 1993 "Estudio mineralógico y químico de terracotas arquitectónicas de época romana de la tarraconense", en Congreso Internacional de Arqueología Clásica, vol. II, pp. 325-326

VILLANUEVA RICO, M.C., 1961 "Habices de las mezquitas de la ciudad de Granada y sus alquerías", Madrid, pp.37-38

VILLEGAS SÁNCHEZ, R.; SEBASTIÁN PARDO, E. M. (coord.) 2003 "Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la

conservación de los edificios históricos”, Cuadernos Técnicos núm. 8, Junta de Andalucía, IAPH, Ed. Comares, Sevilla

VISERAS, C., SORIA, J.M., DURÁN, J.J. Y ARRIBAS, A., 2004. “Condicionantes geológicos para la génesis de un yacimiento de grandes mamíferos: Fonelas P-1 (límite Plio-Pleistoceno, Cuenca de Guadix-Baza, Cordillera Bética)” en Boletín Geológico y Minero, n 115, vol. 3, pp. 551-565

WAHL, F. M. 1965 “High-temperature phases of tree-layer clay minerals and their interactions with common ceramic materials”, American Ceramic Society Bulletin, nº 44, pp. 676-681

WENG, C.-H.; LIN, D.-F. & CHIANG, P.-C., 2003, “Utilization of sludge as brick materials”, in Advances in Environmental Research, vol.7, pp. 679-685

WINKLER, H. 1974 “Petrogenesis of metamorphic rocks”, ed. Springer-Verlag, New York

XU, A.W.; WANG, C.S.; CHI, J.Q.; LI, M.C.; ZHANG, M.S.; HOLMES, L.; HARBOTTLE, G.; KOSHIMIZU, S.; MANABU, K. & KOICHI, K., 2001 “Preliminary provenance research on Chinese Neolithic pottery: Huating (Xinyi County) and three Yellow River Valley sites”, in Archaeometry, vol.43, part 1, pp.35-47

ZAMOJSKA R. & ZAMOJSKA R. 2000 “Characterization of archaeological ceramics from the Andes by energy dispersion X-ray fluorescence” in Journal de Physique IV, vol. 10, part 10, pp.323-331

ZEEZA, 1996, "Las rocas en el patrimonio arquitectónico: normas y referencias para la investigación con técnicas no destructivas sobre el comportamiento físico-mecánico"

ZHENG, Y.F. & HSIA Y.F. 1991 "Studies of archaeological problems by mossbauer spectroscopy" in *Hyperfine Interactions*, vol. 68, nº 1-4. pp. 131-142

ZINK, A.; CASTAING., J. et PORTO, E., 2004 "Terres cuites de la Renaissance et datation par luminescence", artículo de revista *Techne*, núm. 20 "Terre cuites de la Renaissance", Ed. Centre de recherche et de Restauration des Musées du France, París.

VISERAS ET ALII 2004A

VISERAS ET ALII 2004C

VISERAS ET ALII 2005