

ANÁLISIS DE LA PINTURA MURAL DE UNA DOMUS EXCAVADA EN LA CIUDAD ROMANA DE LESERA (LA MOLETA DELS FRARES, FORCALL - CASTELLÓN)

ANALYSIS OF MURAL PAINTINGS FROM A ROMAN DOMUS OF LESERA (LA MOLETA DELS FRARES, FORCALL - CASTELLÓN)

Clodoaldo Roldán García(1) / Ferran Arasa Gil (2) / David Juanes (3)

(1) Instituto de Ciencia de los Materiales de la Universidad de Valencia (ICMUV)

(2) Dpto. de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Valencia

(3) Instituto Valenciano de Conservación y Restauración (IVCR)

RESUMEN: En este trabajo se aborda la caracterización de los materiales empleados en pigmentos, preparaciones, morteros y molduras de la decoración mural de una domus excavada en la ciudad romana de Lesera (Forcall, Castellón). Los análisis elementales mediante EDXRF muestran la utilización de compuestos de hierro y compuestos de plomo en los pigmentos rojos; compuestos de hierro en los amarillos; negros de origen vegetal y blancos a base de compuestos de calcio. Los difractogramas XRD revelan el uso de calcita y cuarzo en las preparaciones del muro y de calcita en las molduras. Las estratigrafías de las muestras analizadas mediante SEM-EDS revelan una estructura de capas compuesta por un mortero basal, un mortero intermedio y un mortero fino que hace las veces de preparación y sobre el que se aplica la capa pictórica, la cual, a su vez, se estructura en capas de pigmentos superpuestas que nos indican el proceso de ejecución. Finalmente, los análisis petrográficos de los morteros de cal nos han aportado información sobre la composición de áridos y ligantes

SUMMARY: Wall paintings, mortars and mouldings from a Roman domus of Lesera (Forcall, Castellón) were analyzed by EDXRF, XRD and SEM-EDS. The analyses shown the use of iron oxides and lead compounds for the red pigments, iron oxides for the yellow, charcoal for the black and calcium based white pigments. Quartz and calcite were the crystalline phases found in mortars and calcite was identified in mouldings. Stratigraphic samples of the mural paintings, analyzed by optical microscopy and SEM-EDS, shown a superposition of three layers of mortars, with decreasing grain sizes, under several pigment layers. Information about the binder/aggregate ratios in mortars was obtained by means of petrographic analyses.

PALABRAS CLAVE: Pintura mural romana, Análisis físico-químicos, EDXRF, SEM-EDS, XRD.

KEY WORDS: Roman wall painting, Physicochemical analysis, EDXRF, SEM-EDS, XRD.

I. INTRODUCCIÓN

Lesera es una ciudad romana situada a 2 km de la población de Forcall en la comarca de “Els Ports” (Castellón), zona de relleno abrupto orientada hidrográficamente hacia el valle del río Ebro. Su localización sobre la “Moleta dels Frares” y en la confluencia de tres ríos le confieren facilidades defensivas y de control visual y un carácter de nudo en las comunicaciones entre la costa y las tierras de Aragón. Estaba comunicada con la vía Augusta por un camino que sigue el trazado de la carretera actual N-232. Lesera es la única ciudad romana conocida en tierras de Castellón y, por tanto, un yacimiento arqueológico de gran importancia por su superficie y porque fue una aglomeración urbana

agrupada como un municipio. Se trata de una ciudad modesta, tanto por su monumentalidad como por sus edificios, si la comparamos con otros núcleos urbanos como *Saguntum*. El lugar está habitado desde la edad del Bronce y sus habitantes eran descendientes de los íberos que ocupaban este antiguo *oppidum* que manifiesta su origen prerromano en su topónimo.

Las excavaciones realizadas en la zona septentrional de la Moleta son representativas del estado de conservación de los niveles arqueológicos y de los periodos de ocupación, a la vez que revelan pruebas de una intensa ocupación. En las campañas de excavación de 2001 y 2004 (Arasa 2009) salieron a la luz restos de una casa romana del alto

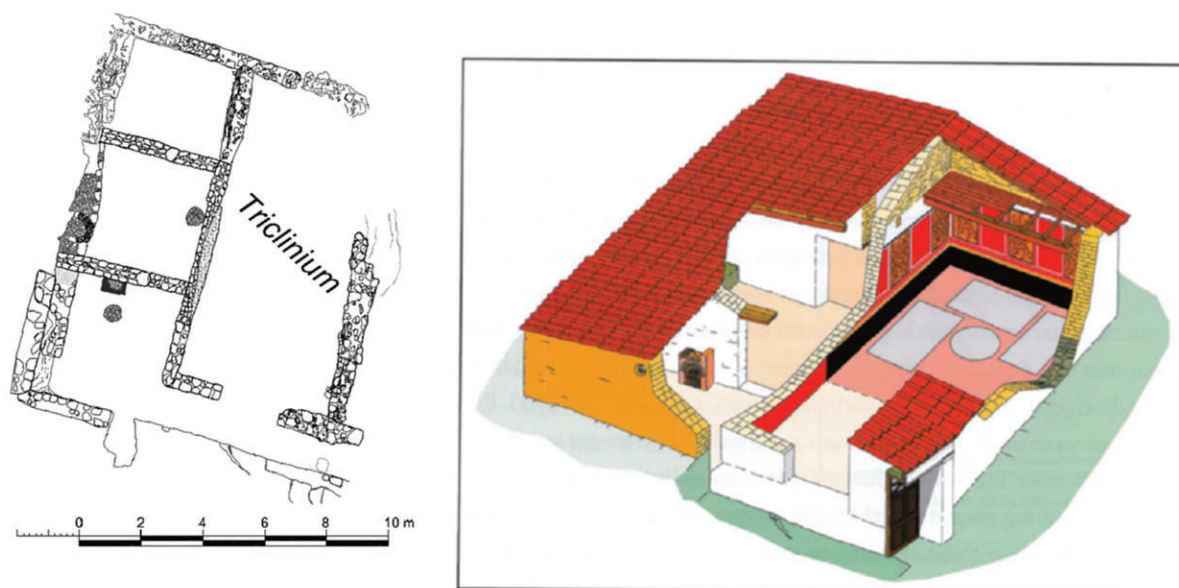


Fig. 1. Planta de la tercera fase de ejecución y recreación de la domus.

Imperio de planta rectangular y unos 120 m² de superficie (Figura 1). La elección de esta domus que, según los indicios arqueológicos ha resultado ser una modesta residencia, obedece a la voluntad de obtener información sobre la población y el espacio doméstico. Los resultados de las excavaciones han mostrado una secuencia de tres fases constructivas que pueden datarse a lo largo de 150 años. Durante la tercera y última fase, fechada entre finales del siglo I y principios del II d. C. se modifica la distribución de la vivienda dotándola de un amplio *triclinium* que se decora con pintura mural y molduras coloreadas. Esta fase es la mejor conservada y la que ha proporcionado mayor información; en ella pueden distinguirse elementos característicos de la arquitectura romana que permiten asimilarla a una domus.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El elemento más destacado de la domus es, sin duda, el *triclinium*, que hacía de comedor y sala de recepción y cuyas dimensiones destacan sobre las otras partes de la casa. El *triclinium* era la única que estaba decorada con pintura mural y molduras. La decoración pintada utiliza los colores rojo, negro, ocre, rosa, verde y blanco y está organizada en grandes paneles delimitados por bandas y filetes que se alzan sobre un zócalo. El motivo representado es una imitación de mármol (*crustae*). Las

molduras, situadas en el ángulo formado por las paredes y el techo, estaban decoradas con diferentes colores.

Los materiales analizados corresponden a la pintura mural de las paredes (incluyendo los morteros) y molduras (Figura 2) que fueron halladas como fragmentos recubiertos de polvo y escombros. Entre los fragmentos recuperados, los más completos presentan un fondo ocre con óvalos rojos ribeteados de negro y trazos negros que unen algunos óvalos, otros fragmentos presentan tintas planas de negro, rojo y ocre, mientras que fragmentos de molduras presentan rojos, verdes y bandas rosas y negras. En uno de los fragmentos de mayores dimensiones (Figura 2, F09), el panel está rodeado por una franja negra seguida de un filete blanco, una franja ocre, otro filete blanco y una zona de color rojo y extensión indeterminada; un estrecho filete rosa, situado a poca distancia de la franja negra atraviesa los trazos del *brocatel*.

El estudio analítico de los fragmentos de la pintura mural de la domus de Lesera comprende la caracterización de la capa pictórica integrada por el pigmento y el mortero sobre el que se aplica y que recubría el muro propiamente dicho. La estructura y composición de los morteros y capas pictóricas nos ofrecen información sobre los materiales y técnicas utilizados durante su realiza-

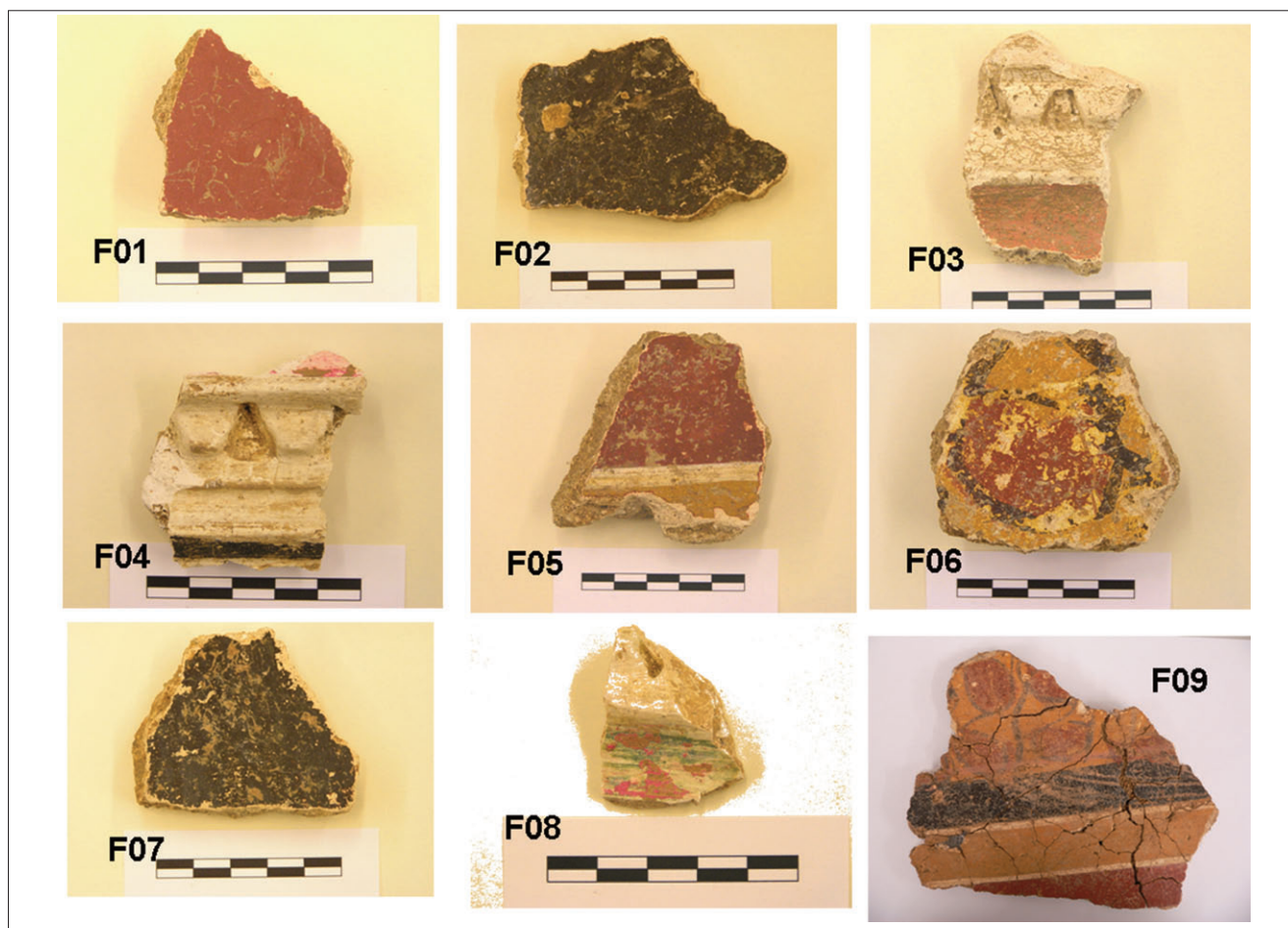


Fig. 2. Fragmentos de pintura mural analizados.

ción. Con este objetivo presentamos el estudio de varios fragmentos de pintura mural realizado mediante microscopía óptica (OM), microscopía electrónica de barrido con microanálisis (SEM-EDS) y difracción de rayos-X (XRD). También se han realizado análisis no destructivos mediante fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (EDXRF) con un espectrómetro portátil. Los resultados obtenidos con las técnicas descritas se complementan entre sí y permiten la identificación de la estructura, fases cristalinas y composición elemental de los pigmentos y materiales empleados.

Las técnicas que no requieren toma de muestra como la OM o la EDXRF se han aplicado directamente sobre el fragmento sin realizar ninguna agresión física al mismo. Las muestras necesarias para las otras técnicas (SEM, XRD) han sido tomadas de los fragmentos de pintura mural mediante bisturís estériles y han sido representativas de la variedad de colores y materiales utilizados.

Microscopía Óptica (OM)

Para la caracterización óptica de la superficie pictórica y de la composición estructural de los morteros, los fragmentos fueron observados con una lupa Nikon SMZ-1000 y un microscopio Olympus BH-2.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDS)

Las imágenes y microanálisis realizados sobre cortes estratigráficos fueron obtenidos mediante un microscopio electrónico de barrido ambiental PHILIPS XL 30 ESEM con microanálisis. Las imágenes fueron tomadas en condiciones de bajo vacío evitando, así, el recubrimiento de las mismas con un material de alta conductividad. El microanálisis EDS aporta información sobre la composición elemental de la muestra.

Difracción de rayos-X (XRD)

La XRD de muestras de polvo se ha usado para identificar las fases cristalinas presentes en pigmentos y morteros. Los análisis XRD se han realizado mediante un difractómetro Seifert XRD 3003 TT, siendo las condiciones de operación: $I = 40$ mA, $V = 40$ kV, $2\theta = 5-75^\circ$, $\Delta\theta = 0.08^\circ$. El haz primario de rayos-X atraviesa un monocromador y tras la difracción es detectado por un detector posicional MBraun PSD-500. La identificación de las fases cristalinas se llevó a cabo por comparación entre el espectro experimental y los espectros patrón de la base de datos JCPDS (www.icdd.com).

Fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (EDXRF)

La composición elemental de pigmentos, soportes y molduras se determinó directamente sobre los fragmentos mediante un espectrómetro portátil EDXRF desarrollado en el Instituto de Ciencia de los Materiales de la Universidad de Valencia –ICMUV (Roldán *et al.* 2005), integrado por: a) un tubo de rayos-X de reducidas dimensiones con ánodo de paladio operando a un potencial de 35 kV y a una intensidad de 0.3 mA; b) un detector SDD, refrigerado termoeléctricamente con una resolución de 160 eV (FWHM a 5.9 keV) y ventana de berilio de 8 μm ; c) un analizador multicanal. Se fijó un tiempo de adquisición de 200 s, suficientes para obtener una buena estadística en los espec-

tros. El análisis EDXRF de una zona con pigmento incluye, simultáneamente, información sobre la composición elemental de las capas de pigmento y de las capas del mortero. La identificación y discriminación de elementos de la capa pictórica y elementos de la preparación se realiza comparando espectros EDXRF de un área con pigmento sobre mortero y otro de un área de mortero sin la capa pictórica.

III. RESULTADOS Y DISCURSIÓN

Análisis de morteros

Se han analizado los morteros de tres fragmentos que tienen diferentes policromías en su superficie y que corresponden a las muestras F05, F06 y F07 indicadas en la Figura 2. Los morteros presentan características similares cuya descripción macroscópica revela un revestimiento pictórico superficial bajo el que se aprecian tres capas (Figura 3):

1. Mortero basal de cal, con un espesor superior a 2 cm, color beige y relativamente disgregable al tacto. El árido es esencialmente carbonatado, pudiendo distinguirse fragmentos de roca y restos fósiles. También es destacable la existencia de fragmentos de cal no homogeneizados con el resto del ligante (caliches), de color blanquecino y cuyo tamaño incluso puede alcanzar el centímetro.

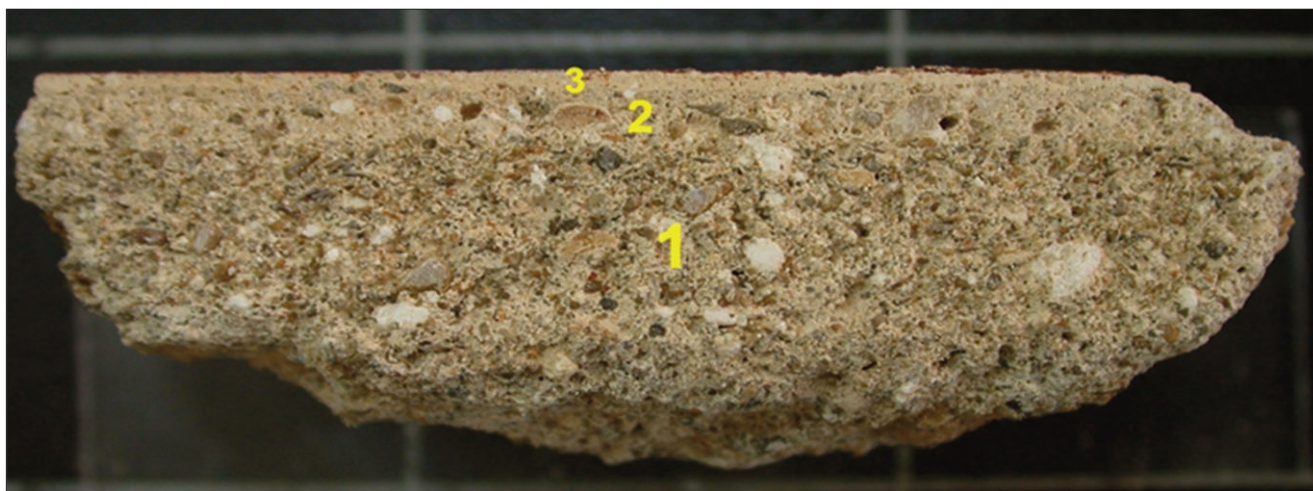


Fig. 3. Sección transversal del mortero donde se aprecia la superposición de tres capas.

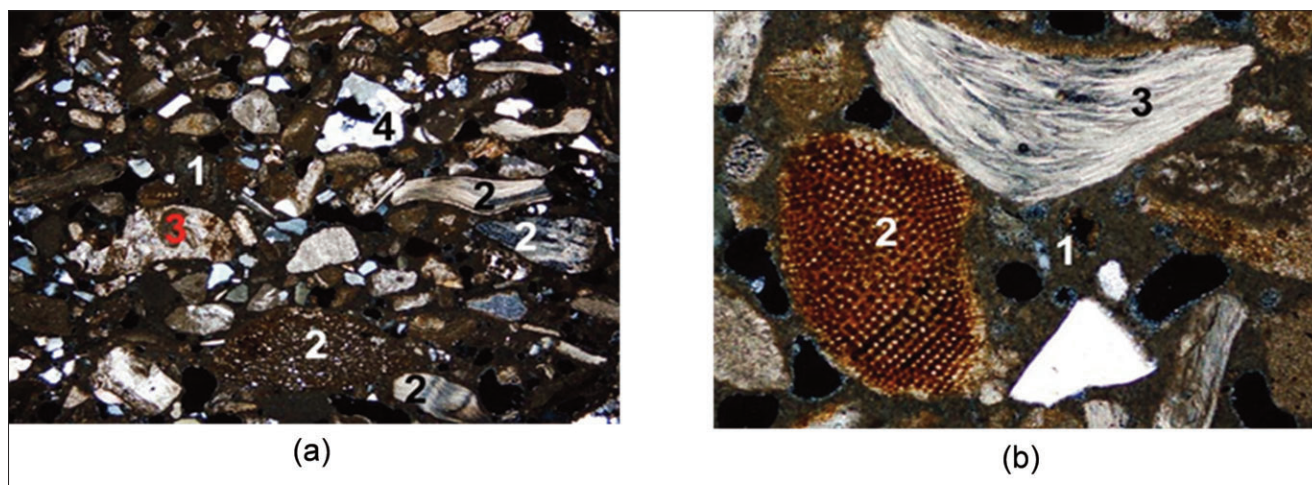


Fig. 4. (a) Mortero inferior con ligante calcáreo (1) que traba granos de distinta naturaleza: fragmentos de bioclastos (2), fragmentos de roca (3) y granos de cuarzo (4). (b) Detalle de la fotografía anterior donde destaca la presencia de un fragmento de foraminífero (1) y otro de braquiópodo (2).

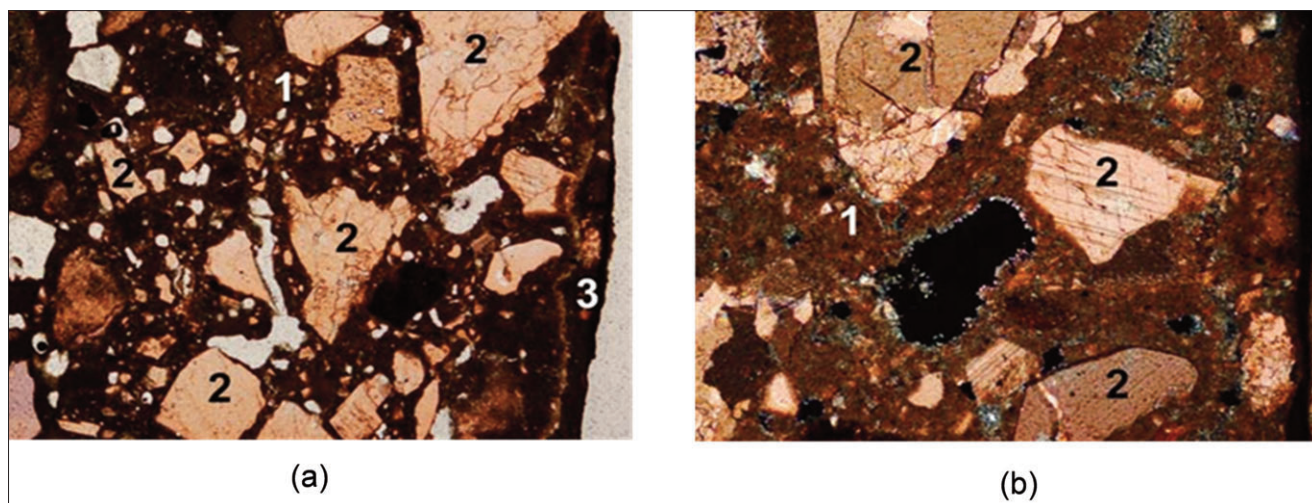


Fig. 5. (a) Lámina delgada. Mortero intermedio (1) con carga de calizas cristalinas angulosas (2), al que se superpone el mortero de acabado (3). (b) Detalle del mortero intermedio compuesto por ligante carbonatado (1) y granos angulosos de caliza cristalina (2).

2. Mortero intermedio de cal con una mayor cohesión que el anterior y con un árido texturalmente más homogéneo y de aspecto cristalino. El espesor de este mortero varía entre 2 y 3 mm.

3. Mortero de acabado fino, de escaso espesor (inferior a 1 mm), muy compacto y en muy buen estado de conservación.

El **mortero inferior**, de textura más grosera que el resto, es un mortero de cal donde el ligante, que representa el 30-40% del total de la muestra, está formado por partículas carbonatadas de tamaño micrítico (menor de 4 μm); este material

inter-esquelético es bastante homogéneo texturalmente, siendo las únicas heterogeneidades detectadas la presencia de caliches carbonatados y la existencia de poros de morfología más o menos redondeada (Figura 4). El árido es de naturaleza mixta silíceo-carbonatada, predominando la carga carbonatada en una proporción de 9 a 1. Los granos silíceos, de tamaño predominante arena media, corresponden a cuarzo monocristalino y en menor medida policristalino que en algún caso incluyen partículas micáceas; de manera accesoria se localizan granos de feldespato potásico. El árido carbonatado tiene una gran variabilidad, predominando los fragmentos de bioclastos de distinta

naturaleza: conchas de bivalvos con textura prismática o totalmente recrystalizados, conchas de braquiópodos con textura lamelar cruzada, foraminíferos y equinodermos (Figura 4). También se identifican fragmentos de roca, en general de mayor tamaño que los bioclastos, que pueden ser de diversos tipos: fragmentos de esparita policristalina, monocristales de esparita, micritas, biomicritas, esparitas con abundantes granos de cuarzo y bioesparitas arenosas. El tamaño dominante de los bioclastos es arena media (250-500 μm), mientras que el de los fragmentos de roca es arena gruesa (500 μm a 1 mm) o superior.

El ligante del mortero intermedio es carbonato cálcico de grano muy fino, con una gran homogeneidad textural y representa en torno al 50% de la superficie estudiada. El árido consiste en granos de caliza cristalina muy angulosos y con tamaños muy variados (desde 100 a 1500 μm), lo cual confiere al mortero un elevado grado de empaquetamiento (Figura 5).

Por último, entre el mortero anterior y la capa pictórica, se sitúa un mortero de acabado con un espesor entre 100 y 150 μm . Está constituido por carbonato de grano muy fino, en torno a 1-2 μm , que engloba escasos granos angulosos de calcita esparítica.

Adicionalmente, se ha analizado mediante XRD el material de la moldura (Figura 2, fragmento F08) que hace de base a la decoración pictórica de las mismas. La identificación del patrón de difracción de la calcita revela la utilización de carbonato cálcico.

Análisis de pigmentos mediante EDXRF

Se han analizado zonas de pigmento rojo, negro, ocre, rosado y blanco que decoran el muro (Figura 2, fragmentos F01, F02 y F09) y las molduras (Figura 2, fragmentos F03 y F04). Siguiendo la metodología propuesta en el apartado anterior se han comparado espectros EDXRF de zonas de pigmento con zonas libres de pigmento con objeto de identificar los elementos característicos del pigmento y de las preparaciones. Algunas consideraciones sobre los pigmentos detectados son:

-El calcio está presente en todos los espectros, siendo el elemento dominante en los blancos.

-El estroncio es detectado en todos los colores, con diferentes intensidades de la línea de fluorescencia $\text{K}\alpha$.

-El hierro se detecta en todos los puntos de medida siendo el elemento característico de los óxidos rojos y amarillos.

-El arsénico está presente como elemento minoritario o traza en varios pigmentos rojos analizados (Seccaroni y Moiola 2002).

-El plomo es particularmente evidente en varios pigmentos rojos (asociado a la utilización de minio) y rosados (mezcla de blancos de plomo con óxidos de hierro, y/o mezcla de minio, óxido de hierro y blanco de calcio).

Ocres y Rojos

Todos los ocres analizados presentan espectros de fluorescencia compatibles con el uso de óxidos de hierro, mientras que entre los rojos se detectan óxidos de hierro y minio.

Los espectros EDXRF del pigmento rojo del fragmento F01 corresponden a un óxido de hierro con impurezas de arsénico (Figura 6). La presencia de As como elemento traza en el rojo puede estar asociada a la génesis del mineral de hierro utilizado en el pigmento. En el sustrato se mezclan óxidos de hierro y compuestos de calcio. La intensidad de los picos de fluorescencia del hierro es mayor en el pigmento que en la preparación, lo cual implica que el color rojo está formando una capa superpuesta a la preparación. La igualdad de intensidad en los picos de calcio del pigmento y soporte puede ser un indicativo de la existencia de cargas de compuestos de calcio en el pigmento. La presencia de estroncio está asociada a los compuestos de calcio. Análisis complementarios mediante XRD revelan la presencia de cuarzo, calcita y hematita en el pigmento rojo de este fragmento.

La coloración roja del fragmento F03 presenta tonos anaranjados y los espectros EDXRF muestran intensidades de los picos de fluorescencia

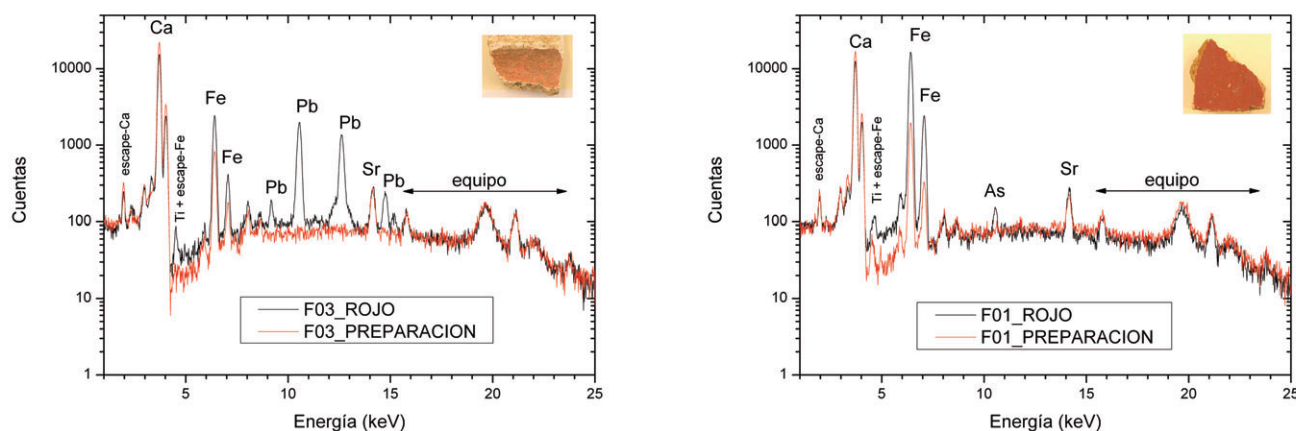


Fig. 6. Espectros XRF asociados a pigmentos rojos de óxidos de hierro con impurezas de arsénico (izquierda), y pigmento rojo con importantes señales de plomo que podrían estar relacionadas con el uso de minio (derecha).

cia de Fe y Pb mayores en el pigmento, lo cual induce a considerar un rojo obtenido por mezcla de óxido de hierro y un compuesto de plomo que probablemente sea minio (Figura 6).

Además se han analizado dos zonas rojas del fragmento F09, una banda ancha y el pigmento rojo que decora el interior de los óvalos. Los espectros EDXRF de estas dos zonas presentan características similares que inducen a considerar la utilización de óxidos de hierro y compuestos de calcio como cargas. Al igual que en el rojo del fragmento F01, en los rojos del fragmento F09 se detectan trazas de arsénico. Impurezas de arsénico en pigmentos rojos basados en óxidos de hierro han sido encontrados en pinturas murales de Villa Arianna en Castellammare de Stabia (Seccaroni y Moiola 2002) y en muestras de Verona (Agnoli *et al.* 2007).

Rosados

Se ha analizado la composición elemental de los pigmentos de los fragmentos F04 (moldura) y las líneas rosadas del fragmento F09. En el espectro EDXRF del pigmento rosa de la moldura (Figura 7) se diferencian claramente las líneas de fluorescencia de plomo (que no se observan en la capa de preparación) y del hierro, que presenta una señal mucho más intensa en el pigmento que en el soporte. La difracción de este pigmento no nos ha aportado información sobre estructuras

cristalinas, lo que nos induce a pensar en la utilización de una laca a la que se le han añadido óxidos de hierro y plomo sin que podamos precisar su naturaleza.

La línea rosa del fragmento F09, que aparece superpuesta a la superficie pictórica, presenta un intensidad de las líneas de fluorescencia del hierro y plomo (Figura 7) que es compatible con una mezcla de óxidos de hierro y un blanco basado en compuestos de plomo (carbonato básico de plomo, o carbonato de plomo), o de un rojo de minio y de óxidos de hierro mezclado con blancos de compuestos de calcio. En ambos casos el color resultante adquiere un tono rosáceo. Claramente, el plomo es un elemento ligado a la capa pictórica que no se detecta en las zonas carentes de pigmento. La presencia de plomo es raramente detectada en pintura mural antigua (Gettens y Scout 1966) debido a la incompatibilidad que presenta con el agua. No obstante, la banda rosa donde se detecta Pb está superpuesta sobre otras capas pictóricas por lo que no ha sido aplicada al fresco y cabe la posibilidad de haber utilizado otra técnica pictórica compatible con el uso de estos compuestos de plomo. Casos similares de presencia de blancos de plomo (cerusita o blanco de plomo) han sido referidos en bandas y líneas blancas y rosadas pintadas sobre fondos monocromáticos de pintura mural procedentes de Vincenza (Mazzocchin 2003).

En el caso de la banda rosada de la moldura,

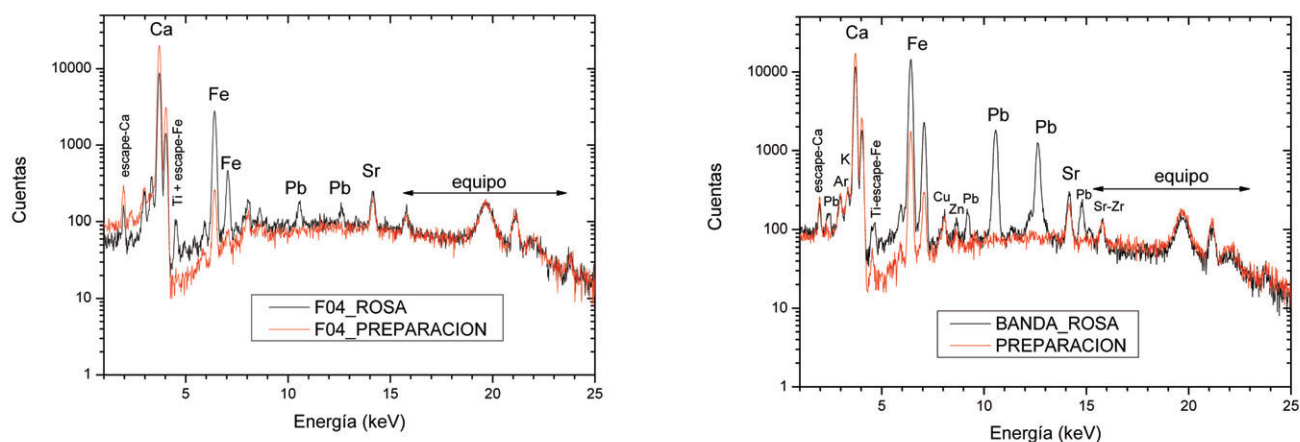


Fig. 7. Izquierda: espectro XRF de una banda rosa del fragmento F09. Derecha: espectro XRF de la banda rosa que decora el fragmento de moldura F04. En ambos espectros se observan líneas de fluorescencia de plomo.

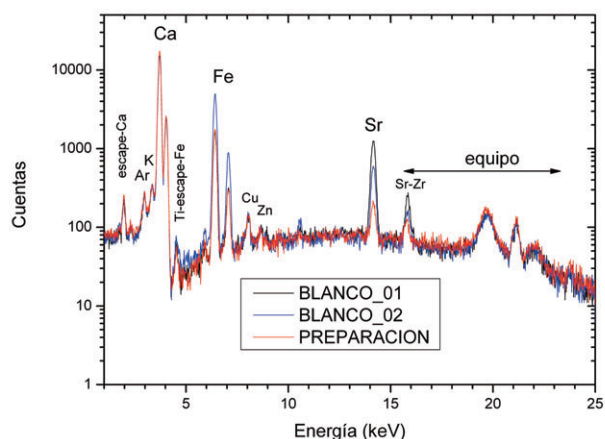


Fig. 8. Espectro XRF de líneas blancas del fragmento F09 que se asocian a un pigmento a base de calcio con impurezas de estroncio.

fragmento F08, no existen diferencias entre los espectros de fluorescencia de la preparación y del pigmento rosa, por lo que este último puede ser atribuido al uso de una laca.

Blancos

Los blancos analizados en el fragmento F09 revelan la utilización de compuestos de calcio con impurezas de estroncio. La detección de estroncio queda relegada a la capa de preparación y a la capa pictórica, por lo que procede de compuestos asociados a la materia prima utilizada (Paternóster *et al.* 2005). El estroncio, por sí, no caracteriza nin-

gún pigmento antiguo y, generalmente, está asociado a los compuestos de calcio, que en nuestro caso se pueden asociar a carbonatos de calcio ya que no se detecta la presencia de azufre (Figura 8).

Negro

Todos los negros analizados, ya sea en tintas planas como en decoraciones superpuestas, muestran espectros de fluorescencia compatibles con el uso de negro vegetal.

Análisis estratigráficos

Se han preparado secciones estratigráficas a partir de muestras de los fragmentos F02, F05, F06 y F08 que se han incluido en resina para estudiar la estructura y composición de la capa pictórica. La observación de los fragmentos mediante microscopía óptica ha permitido constatar un mal estado de conservación de la policromía. Existen sales de eflorescencia sobre la capa pictórica, que han llegado incluso a causar pérdidas de policromía por efecto de levantamiento de la capa. Por lo que respecta a las estratigrafías, se observa que existe una superposición de capas pictóricas en las que tintas planas se han aplicado directamente sobre el mortero fino, apreciándose una difusión de la cal en la capa pictórica, en lo que podría ser una aplicación al fresco. Sobre las tintas planas se aplican otras capas de pigmento que configuran la decoración de bandas y filetes (Figura 9).

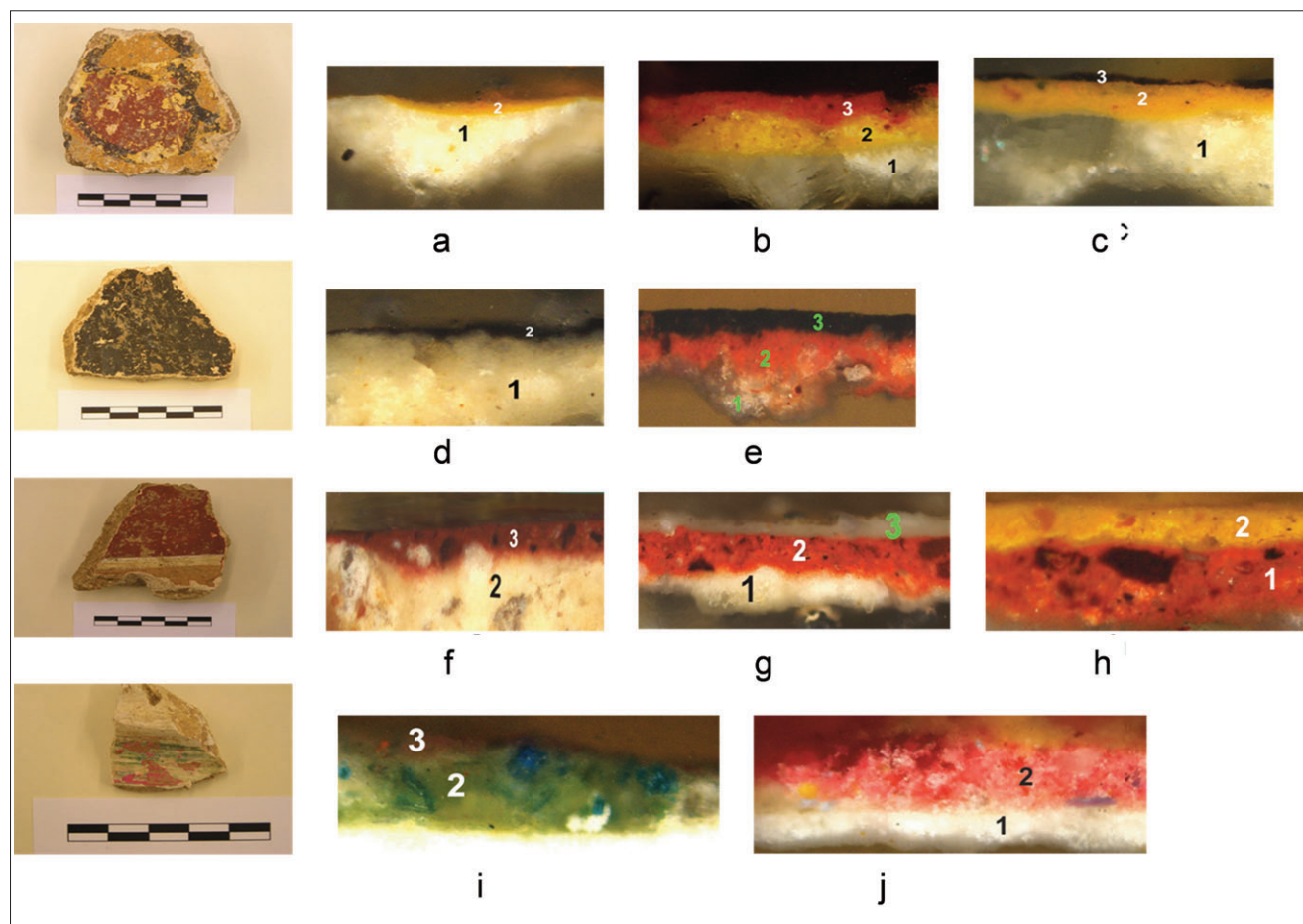


Fig. 9. Fragmentos analizados mediante SEM-EDS y disposición estratigráfica de las capas pictóricas.

En las capas rojas y ocre se aprecian pequeñas partículas negras de negro vegetal y, en esta últimas, también se observan partículas rojas de pigmentos tierra. En ambos casos, la finalidad de estas pequeñas partículas es modificar la tonalidad de la capa pictórica.

Los rojos y ocre analizados mediante SEM-EDS revelan una composición elemental a base de óxidos de hierro, carbonato de calcio y aluminosilicatos. Para los negros se ha utilizado materia prima procedente de carbón vegetal. En los blancos se detecta calcita. En ninguno de los fragmentos analizados mediante SEM-EDS (mostrados en la Figura 9) se han detectado compuestos de plomo asociados a pigmentos blancos o rojos.

La decoración de la moldura del fragmento F08 esta constituida por capas de un pigmento verde con partículas azules y, sobre éste, un pigmento rosa. En la capa verde se observa una ma-

triz ocre con partículas azules, el análisis mediante microsonda nos indica un ocre basado en óxidos de hierro, mientras que las partículas azules tienen la composición elemental característica del azul egipcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), siendo la tonalidad verde el resultado de una mezcla de ocre y azul. La capa roja superpuesta al verde muestra una fluorescencia rosada en la imagen ultravioleta, hecho que, junto a la alta presencia de aluminio en su composición, sugiere que se trata de una laca roja.

IV. CONCLUSIONES

Se han caracterizado los materiales empleados en pigmentos, preparaciones, morteros y molduras de la decoración mural de una *domus* romana de finales del s. I/principios del II (d. C.) excavada en el municipio de Lesera (Forcall, Castellón).

El mortero que recubre el muro es un mortero de cal que tiene tres capas: mortero basal (con árido

silíceo carbonatado), mortero intermedio (con árido de caliza cristalina) y un mortero fino de acabado (sin apenas árido) que recibe la capa pictórica.

Los análisis XRF de los fragmentos revelan la utilización de pigmentos rojos y ocre de óxidos de hierro, rojos que viran al naranja con compuestos de plomo que podrían asociarse a la utilización de minio, negros de carbón vegetal, blancos de calcita, y pigmentos rosados en las decoraciones superpuestas que podrían ser mezcla de óxidos de hierro y compuestos de plomo. Se ha detectado Sr en todos los análisis XRF y significativas señales de As en varios de los rojos analizados, estos elementos podrían estar relacionados con la procedencia de la materia prima utilizada.

Las estratigrafías y análisis mediante SEM-EDS nos indican blancos de calcita, negros de carbón vegetal y pigmentos rojos y ocre de óxidos de hierro. Todas las capas pictóricas se detectan aluminosilicatos y carbonato cálcico. En algunos rojos

y ocre se observan partículas de negro vegetal y en ciertos ocre, partículas rojas de óxidos de hierro, cuyo objeto es modificar la tonalidad. El pigmento verde de la moldura incorpora el azul egipcio como material de refracción (ocre + azul egipcio), mientras que el rosado de la moldura se asocia a la utilización de una laca rosa.

La técnica decorativa es depurada y los motivos decorativos de óvalos rojos ribeteados de negro se aplican sobre fondos de pigmentos rojos y ocre (óxidos de hierro) que cubren la última capa del mortero. El uso de pigmentos (*colores austeri*) no catalogados como “onerosos” coincide con la apreciación arqueológica de que se trata de una residencia modesta. Las tintas planas que constituyen los fondos se han aplicado mediante la técnica pictórica al fresco. La decoración de bandas y filetes consiste en la superposición de pigmentos de diferente color sobre los fondos. No se ha podido determinar la técnica utilizada en esta decoración que ha debido de utilizar algún agente ligante.

BIBLIOGRAFÍA

- AGNOLI, F.; CALLIARI, I. y MAZZOCCHIN, G. 2007: “Use of different spectroscopic techniques in the analysis of roman age wall paintings”. *Annali di Chimica* 97: 1-7.
- ARASA, F. 2009: *La ciutat romana de Lesera*. Ajuntament de Forcall. ISBN: 9788496331594. Vinaròs.
- GETTENS, R. y STOUT, G. 1996: *Painting materials: a short encyclopaedia*. Dover Publications Inc., New York.
- ICDD. International Centre for Diffraction Data. www.icdd.com.
- MAZZOCCHIN, G. 2003: “Analysis of pigments from Roman wall paintings found in Vicenza”. *Talanta* 61: 565-572.
- PATERNÓSTER, G. et al. 2005: “Study on the technique of the Roman age mural paintings by micro-XRF with Polycapillary Conic Collimator and micro-Raman analyses”. *Journal of Cultural Heritage* 6: 21-28.
- SECCARONI, C. y MOIOLI, P. 2002: *Fluorescenza X—Prontuario per l'analisi XRF applicata a superfici policrome*. NARDINI Editore, Firenze.
- ROLDÁN, C.; FERRERO, J.L.; PRIMO, V.; MATA, C. y BURRIEL, J. 2005: “Analysis of Iberian wall paintings from “Tos Pelat” (4th century B.C.). ART’05. *Proceedings 8th International Conference on “Non destructive Investigations and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage*: 216. ISBN 88-89758-00-7.